

# Determinação de Volumes e Pressões de Balonetes de Tubos Traqueais Insuflados com Ar Ambiente ou Óxido Nitroso \*

## Volume and Pressure of Tracheal Tube Cuffs Filled with Air or Nitrous Oxide

Ernesto Leonardo Cárprio Peña<sup>1</sup>; Waldemar Montoya de Gregori<sup>2</sup>; Luiz Piccinini Filho<sup>3</sup>; Joaquim Edson Vieira, TSA<sup>4</sup>; Lígia Andrade da Silva Telles Mathias, TSA<sup>5</sup>

### RESUMO

Peña ELC, Gregori WM, Piccinini Filho L, Vieira JE, Mathias LAST - Determinação de Volumes e Pressões de Balonetes de Tubos Traqueais Insuflados com Ar Ambiente ou Óxido Nitroso

**JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS:** A pressão exercida pelo balonete do tubo traqueal contra a parede da traquéia deve permitir fluxo capilar adequado e prevenir escapes de ar ou aspiração pulmonar. Esta pesquisa procurou determinar as variações de pressão do balonete insuflado com ar ambiente ou com óxido nitroso a 100%.

**MÉTODO:** Trinta pacientes foram selecionados para receber anestesia geral balanceada com intubação orotraqueal. O balonete foi insuflado conforme critérios clínicos. As medidas de base foram realizadas após 15 minutos do início da anestesia com um manômetro aneróide calibrado em cm de H<sub>2</sub>O e forneceram os valores iniciais de pressão e volume. Os pacientes foram divididos em dois grupos: balonete reinsuflado com ar ambiente, grupo A, ou com óxido nitroso, grupo B. As medidas de pressão foram obtidas em intervalos até a primeira hora e os resultados comparados.

**RESULTADOS:** Os grupos mostraram-se comparáveis para idade e sexo. Em ambos os grupos os valores basais médios para pressão foram próximos de 40 cmH<sub>2</sub>O com 8 ml de volume. No grupo com ar ambiente, as pressões aumentaram até 36 cmH<sub>2</sub>O em uma hora. No grupo de balonete insuflado com N<sub>2</sub>O, as pressões diminuíram abaixo de 20 cmH<sub>2</sub>O entre 20 e 30 minutos de anestesia.

**CONCLUSÕES:** O uso de N<sub>2</sub>O a 100% para insuflação do balonete de sonda traqueal não constitui método seguro, acarretando progressiva perda da capacidade de vedação. O uso de ar ambiente promove aumento de volume e de pressão no balonete, aumentando possibilidade de lesão da mucosa traqueal.

**Unitermos:** ANESTÉSICOS, Gasoso: óxido nitroso; EQUIPAMENTOS: tubo traqueal; INTUBAÇÃO TRAQUEAL; TÉCNICAS DE MEDIÇÃO: pressão no balonete.

### SUMMARY

Peña ELC, Gregori WM, Piccinini Filho L, Vieira JE, Mathias LAST - Volume and Pressure of Tracheal Tube Cuffs Filled with Air or Nitrous Oxide

**BACKGROUND AND OBJECTIVES:** Tracheal tube cuff pressure against tracheal wall should to prevent air leaked or pulmonary aspiration, allowing adequate capillary blood flow. This study aimed at determining pressure variations of tracheal tube cuffs filled with air or 100% nitrous oxide.

**METHODS:** Participated in this study 30 patients submitted to balanced general anesthesia with tracheal intubation. Cuff was inflated according to clinical criteria. The intracuff pressure measurements were undertaken after 15 minutes of anesthesia by means of an aneroid manometer gaged in cm of H<sub>2</sub>O and have provided initial pressure and volume values. The patients was allocated in two groups: cuff inflated with air, group A, and with nitrous oxide, group B. Measurements were recorded during one hour and results were compared. Groups were homogeneous in gender and age.

**RESULTS:** Both groups have shown baseline pressure values close to 40 cmH<sub>2</sub>O with 8 ml of volume. Group filled with air had pressures increased up to 36 cmH<sub>2</sub>O in one hour. Group filled with nitrous oxide had pressures decreased below 20 cmH<sub>2</sub>O after 20 to 30 minutes of anesthesia.

**CONCLUSIONS:** 100% nitrous oxide to fill tracheal tube cuffs is not a safe method resulting in progressive air leakage. The cuff air promotes volume and pressure increase, with higher chances for tracheal mucosa injury.

**Key Words:** ANESTHETICS, Gaseous: nitrous oxide; EQUIPMENTS: tracheal tube; MEASUREMENT TECHNIQUES: cuff pressure; TRACHEAL INTUBATION

\* Recebido do (Received from) CET/SBA do Serviço de Anestesiologia da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (ISCMSP)

1. ME<sub>3</sub> (2002) do CET/SBA da ISCMSP

2. Assistente do Serviço de Anestesiologia da ISCMSP

3. Chefe do Serviço de Anestesia, Hospital Santa Isabel, São Paulo

4. Coordenador do Centro para Desenvolvimento da Educação Médica - CEDEM da FMUSP

5. Diretora do Serviço e Disciplina de Anestesiologia da ISCMSP e Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo; Responsável pelo CET/SBA da ISCMSP

Apresentado (Submitted) em 12 de maio de 2003

Aceito (Accepted) para publicação em 18 de agosto de 2003

Endereço para correspondência (Correspondence to)

Prof<sup>a</sup>. Dra. Lígia Andrade da Silva Telles Mathias

Alameda Campinas, 139/41

01404-000 São Paulo, SP

E-mail: rtimao@uol.com.br

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2004

### INTRODUÇÃO

A anestesia geral pressupõe a necessidade de controle das vias aéreas e, na maioria das vezes, a intubação traqueal é o método mais eficaz. Os tubos traqueais podem ter ou não balonete, o qual é utilizado mais freqüentemente em adultos. Os balonetes têm como função precípua vedar a traquéia, facilitando a ventilação por pressão positiva e prevenindo a aspiração de conteúdo gástrico para os pulmões<sup>1</sup>.

A morbidade associada à intubação traqueal é atribuída a fatores como o tamanho do tubo, lesão da mucosa traqueal, movimentação do tubo e extubação acidental. No caso de uso de tubos com balonetes, a lesão da mucosa traqueal, diretamente relacionada à presença do balonete, é influenciada

da pela duração da intubação e pela pressão na parede lateral da traquéia, sendo esta última o fator mais importante<sup>2,4</sup>. A pressão de perfusão da mucosa traqueal situa-se entre 30 a 40 mmHg<sup>5,6</sup> e pressões superiores a estas causadas pelo balonete aumentam a incidência de lesão traqueal. Pressões menores minimizam tal dano traqueal por redução da pressão sobre a parede lateral da traquéia, mas podem resultar em aspiração, vazamento e mudança na posição do tubo. Por conseguinte, a pressão exercida pelo balonete do tubo traqueal contra a parede lateral da traquéia deve ser baixa o suficiente para permitir fluxo sanguíneo capilar adequado e alta o suficiente para prevenir escapes de ar e aspiração do conteúdo gástrico.

É recomendado que a pressão do balonete situe-se entre 25 e 34 cmH<sub>2</sub>O. Pressão maior que 25 cmH<sub>2</sub>O evita a aspiração gástrica com segurança, considerando-se 20 cmH<sub>2</sub>O como limite mínimo, abaixo do qual poderia ocorrer broncoaspiração e pressão maior que 34 cmH<sub>2</sub>O já comprometeria a perfusão da mucosa traqueal<sup>5-8</sup>. Vários fatores influenciam a pressão do balonete, entre eles o tipo e o tamanho do tubo traqueal, o volume injetado no balonete e a mistura de gases administrada ao paciente. O uso de N<sub>2</sub>O na mistura inalada leva à difusão do mesmo para dentro do balonete (principalmente quando este está insuflado com ar), provocando aumento da pressão do balonete diretamente proporcional ao tempo de administração da mistura e inversamente proporcional à espessura do balonete<sup>2,7</sup>.

O objetivo desta pesquisa foi determinar as variações de pressão do balonete em diferentes momentos cirúrgicos quando este é insuflado com ar ambiente e com óxido nítrico a 100%.

## MÉTODO

Após aprovação da Comissão de Ética Médica e Pesquisa do Hospital Central da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, foram selecionados 30 pacientes de ambos os sexos, com idades entre 20 e 50 anos, estado físico ASA I e II, submetidos a diversos tipos de cirurgias eletivas, em jejum prévio adequado, com índice de massa corpórea não maior que 25.

Todos os pacientes receberam anestesia geral balanceada (mistura O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O 50%:50%, isoflurano, pancurônio e fentanil) com intubação orotraqueal (tubo traqueal adequado para o paciente com balonete de alto volume e baixa pressão). A escolha do tubo traqueal foi realizada segundo critérios subjetivos, após visualização da glote por laringoscopia direta. O balonete foi insuflado com volumes aleatórios conforme critérios clínicos para vedação da via aérea pelo anestesiológico responsável pelo paciente. As medidas foram realizadas após 15 minutos do início do procedimento anestésico. Inicialmente realizou-se aspiração de secreções da cavidade oral, faringe e estômago, e posteriormente conectou-se uma torneira de 3 vias ao balão do tubo piloto do balonete a

uma seringa de vidro de 10 ml e a um manômetro aneróide (Marshalltown MPN Inc. Iowa USA) calibrado em cmH<sub>2</sub>O. Foi realizada a primeira medição de base (P<sub>B</sub>) do balonete insuflado com ar ambiente e, aspirando com seringa de vidro suavemente, determinou-se o volume (V<sub>B</sub>) necessário para atingir essa medição (P<sub>B</sub>). Essa primeira medida forneceu os valores de pressão e volume obtidos pela insuflação com parâmetros clínicos. A partir desse momento, os pacientes foram divididos em dois grupos.

No grupo A, o balonete foi reinsuflado com ar ambiente, com uma quantidade de ar suficiente para atingir aproximadamente 30 cmH<sub>2</sub>O (V<sub>0</sub>, P<sub>0</sub>), determinando-se o momento zero (M<sub>0</sub>). Posteriormente realizaram-se medidas da pressão do balonete aos 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos (M<sub>5</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub>, M<sub>30</sub>, M<sub>40</sub>, M<sub>50</sub>, M<sub>60</sub>). No grupo B, o balonete foi reinsuflado com óxido nítrico em quantidade suficiente para atingir 30 cmH<sub>2</sub>O de pressão e realizaram-se medidas de pressão nos mesmos momentos que o grupo A.

O óxido nítrico foi colhido diretamente de um aparelho antigo de anestesia, KT 675, que não possuía válvula de segurança para administração de baixas concentrações de O<sub>2</sub> e inutilizado para anestesia clínica. O sistema respiratório foi lavado com óxido nítrico 100% durante 2 minutos, para depois permitir aspiração de óxido nítrico em uma seringa de 10 ml através de um sistema em série de torneiras, que evitava o escape de gás e ao mesmo tempo permitia insuflar os balonetes.

Em ambos os grupos, as pressões não poderiam superar os 35 cmH<sub>2</sub>O, nem serem inferiores a 20 cmH<sub>2</sub>O. Para tanto, se necessário, os balonetes deveriam ser desinsuflados ou reinsuflados, para manter sua capacidade de vedação. No momento desta intervenção, o experimento seria interrompido.

Foi realizado tratamento estatístico dos dados, sendo utilizado teste *t* Não Pareado e Análise de Variância (ANOVA), considerando-se significativo *p* < 0,05.

## RESULTADOS

As características antropométricas dos pacientes do grupo A (Ar) e do grupo B (N<sub>2</sub>O) foram comparáveis (Tabela I). Em ambos os grupos utilizaram-se tubos traqueais de 7,5 - 8 mm (diâmetro interno) para os pacientes do sexo feminino e tubo traqueal de 8 - 9 mm nos pacientes de sexo masculino.

Os volumes (V<sub>B</sub>) bem como as pressões (P<sub>B</sub>) decorrentes da primeira insuflação (Base) não se mostraram diferentes entre os grupos A e B, porém algumas pressões atingiram 50 cmH<sub>2</sub>O (Tabela II). Os volumes dos balonetes necessários para atingir a pressão inicial (M<sub>0</sub>) de 30 ± 1 cmH<sub>2</sub>O são mostrados na tabela III, para o grupo com balonete insuflado com ar, e na tabela IV, balonete com óxido nítrico. Também podem ser observadas as pressões medidas durante uma hora.

DETERMINAÇÃO DE VOLUMES E PRESSÕES DE BALONETES DE TUBOS TRAQUEAIS  
INSUFLADOS COM AR AMBIENTE OU ÓXIDO NITROSO

Tabela I - Características Antropométricas, Estado Físico, Sexo e Número dos Tubos Utilizados

Variáveis	Grupo A	Grupo B
Idade (anos) *	33,1 ± 7,1	34,8 ± 8,6
Peso (kg) *	70,5 ± 8,2	68,9 ± 5,9
Altura (cm) *	174,5 ± 8,1	171,7 ± 6,7
IMC *	23,08 ± 1,24	23,26 ± 1,35
Estado Físico		
ASA I	9	10
ASA II	6	5
Número do tubo	5 (7-7,5) / 10 (8-8,5)	5 (7-7,5) / 10 (8-8,5)
Sexo		
Masculino	10	11
Feminino	5	4

\*Valores expressos pela Média ± DP

No grupo A (ar), o estudo da variação das pressões do balonete no intervalo de tempo de uma hora mostrou diferença significativa entre os momentos ( $p < 0,0001$ , ANOVA), com aumento progressivo da pressão do balonete (Tabela III). No grupo B ( $N_2O$ ), pode-se observar que houve uma redução progressiva das pressões do balonete em todos os casos, chegando a valores próximos de 20  $cmH_2O$ , notadamente nos momentos entre 20 e 30 minutos. Conforme estabelecido no protocolo, assim que as pressões dos balonetes atingiram valores menores que 20  $cmH_2O$ , o experimento foi interrompido. ANOVA mostrou diferença significativa entre os diferentes momentos ( $p < 0,0001$ ), com redução progressiva da pressão do balonete no período estudado.

Tabela II - Medidas de Pressões (P) e Volumes (V) Encontradas após Insuflação dos Balonetes em Condições de Anestesia Clínica. Média ± DP na linha final

	Grupo A		Grupo B	
	$P_A$ ( $cmH_2O$ )	$V_A$ (ml)	$P_B$ ( $cmH_2O$ )	$V_B$ (ml)
37		8	39	7
43		9	30	7
37		7	55	10
39		7	39	10
31		6	50	9
50		10	35	10
45		10	53	10
31		6	37	7
35		6	35	9
29		6	44	10
40		8	32	10
45		10	45	8
60		11	38	10
39		8	42	8
32		6	40	9
<b>39,5 ± 8,2</b>	<b>7,9 ± 1,8</b>	<b>40,9 ± 7,3</b>	<b>8,9 ± 1,2</b>	

Tabela III - Medidas de Volumes Encontrados para Atingir Pressão Inicial de 30  $cmH_2O$  ( $V_0$ ). Medidas de Pressões no Balonete no Momento Zero ( $M_0$ ) e Durante Intervalos Determinados de Momentos para o Grupo A (ar ambiente). Média ± DP na linha final

$V_0$	$M_0$	$M_5$	$M_{10}$	$M_{20}$	$M_{30}$	$M_{40}$	$M_{50}$	$M_{60}$
6	29	29	29	31	33	33	35	37*
5	30	30	31	31	33	33	33	34
6	31	31	31	32	32	33	35	36*
5	30	30	30	31	33	33	35	36*
6	31	31	32	33	33	33	36*	-
7	31	31	31	32	34	34	36*	-
7	31	31	32	32	32	33	33	34
6	30	30	31	32	32	33	33	34
5	31	32	32	34	35	35	35	36*
6	29	29	31	32	32	32	34	34
6	29	29	29	30	30	32	33	34
7	31	31	31	32	32	34	36*	-
7	30	30	30	31	32	32	34	34
7	28	29	29	29	31	31	33	34
6	32	32	32	33	34	35	35	36*
<b>6,1 ± 0,7</b>	<b>30,2 ± 1,1</b>	<b>30,3 ± 1</b>	<b>30,7 ± 1,1</b>	<b>31,7 ± 1,2</b>	<b>32,5 ± 1,2</b>	<b>33,1 ± 1,1</b>	<b>34,4 ± 1,2</b>	<b>34,9 ± 1,2</b>

Os momentos assinalados com asterisco (\*) determinam desinsuflação do balonete por pressão superior a 35  $cmH_2O$  e interrupção do experimento

Tabela IV - Medidas de Volumes Encontrados para Atingir Pressão Inicial de 30 cmH<sub>2</sub>O (V<sub>0</sub>). Medidas de Pressões no Balonete no Momento Zero (M<sub>0</sub>) e durante Intervalos Determinados de Momentos para o Grupo B (óxido nitroso). Média ± DP na linha final

V <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>20</sub>	M <sub>30</sub>	M <sub>40</sub>	M <sub>50</sub>	M <sub>60</sub>
6	29	26	21	18*	-	-	-	-
7	30	26	22	198	-	-	-	-
7	31	28	23	20	19*	-	-	-
7	31	26	23	19*	-	-	-	-
6	29	25	22	20	18*	-	-	-
7	31	30	26	22	18*	-	-	-
6	30	25	22	17*	-	-	-	-
6	31	30	25	21	16*	-	-	-
8	31	27	23	18*	-	-	-	-
7	31	27	24	20	18*	-	-	-
7	31	27	21	20	19*	-	-	-
6	31	28	25	22	18*	-	-	-
7	31	27	22	18*	-	-	-	-
7	31	26	21	20	20	19*	-	-
6	30	25	21	19*	-	-	-	-
6,7 ± 0,6	30,5 ± 0,7	26,9 ± 1,6	22,7 ± 1,5	19,5 ± 1,5	18,2 ± 1,2	-	-	-

Os momentos assinalados com asterisco (\*) determinam reinsuflação do balonete por pressão inferior a 20 cmH<sub>2</sub>O e interrupção do experimento

## DISCUSSÃO

Os resultados encontrados sugerem que o uso de N<sub>2</sub>O a 100% para insuflação do balonete do tubo traqueal pode determinar perda da capacidade de vedação. O uso de ar ambiente, por outro lado, promove aumento de volume e pressão no balonete.

As complicações mais graves da intubação orotraqueal (IOT) incluem ulceração, traqueomalácia ou estenose traqueal, todas relacionadas com intubação prolongada e pressões elevadas dos balonetes. O uso de tubos traqueais com balonete sob pressão numa faixa de 26 a 35 cmH<sub>2</sub>O permite a perfusão traqueal além de vedar a via aérea de modo eficaz, diminuindo as possibilidades destas complicações<sup>7,8</sup>. Além disso, a pressão deve situar-se acima de 20 cmH<sub>2</sub>O para que o risco de aspiração seja menor<sup>5-8</sup>.

Neste estudo, encontramos pressões e volumes inicialmente altos (Tabela II). Tal fato pode ser explicado pela prática clínica dos anestesiológicos no manuseio dos balonetes e possivelmente decorrente da ausência de dispositivos capazes de medir as pressões nos balonetes. Essa prática tem promovido a insuflação do balonete seguindo critérios clínicos, tentando assegurar a vedação das vias aéreas. No entanto, os valores de pressão podem situar-se acima dos limites seguros de perfusão da mucosa traqueal.

A insuflação dos balonetes com ar ambiente, atingindo um valor médio de 6,1 ml, foi suficiente para atingir a pressão desejada de até 30 cmH<sub>2</sub>O. Porém, com o passar do tempo e a difusão de N<sub>2</sub>O da mistura inalada, a pressão se elevou e atingiu o limite máximo em aproximadamente 40 ou 50 minu-

tos, tempo que pode ser recomendado como ideal para desinsuflar parcialmente o balonete. A retirada de aproximadamente 1 ml pode reduzir as pressões aos valores iniciais<sup>3,5</sup>. A insuflação do balonete com ar mostrou-se como uma prática de risco, além de obrigar o anestesiológico a medir a pressão do balonete constantemente durante o ato anestésico. A desinsuflação pode não ter precisão, mas, por outro lado, a manutenção de volumes elevados pode provocar complicações, notadamente lesão da mucosa traqueal. A difusão do óxido nitroso para o balonete do tubo de intubação orotraqueal já foi documentada<sup>9</sup>. O controle da pressão decorrente dessa difusão é sugerido como fator de redução dos riscos de elevada pressão e conseqüente lesão traqueal<sup>10</sup>. Os tubos com balonete de baixa pressão parecem seguros para pacientes com intubação prolongada, como o tubo de Lanz ou o de Brandt, que contêm dispositivos que permitem a auto-regulação do volume e da pressão intra-balonete<sup>11-13</sup>.

O aumento do volume do balonete durante anestesia geral pode ser reduzido com o uso da própria mistura de gases administrada ao paciente para preencher o volume do balonete<sup>14</sup>. O uso clínico de óxido nitroso, quando estabelecido em 67% da mistura inalada, pode ter difusão reduzida para o balonete quando este é preenchido com mistura de 40% ou 50% em ar ambiente<sup>15,16</sup>. Além dos riscos de reduzir a pressão de perfusão da mucosa traqueal, a pressão do balonete pode facilitar o aparecimento de angina. O uso de solução fisiológica pode eliminar a difusão de gás da mistura reduzindo a incidência dessa complicação<sup>17</sup>. Por outro lado, o uso de lidocaína como solução para preenchimento do balonete, pode ser

relatado como possível fator para menor incidência de angina<sup>18</sup>.

O uso de óxido nitroso a 100% para insuflação do balonete mostrou um comportamento declinante para as pressões iniciais, quando a anestesia geral foi mantida com mistura de gases, oxigênio e óxido nitroso a 50%. Houve uma rápida diminuição, aproximadamente em 10 minutos, atingindo valores até menores que 20 cmH<sub>2</sub>O no período entre 20 e 30 minutos. O uso de óxido nitroso para insuflação dos balonetes parece ser um assunto ainda controverso e sua utilização a 100% pode não ser um método prático para uso rotineiro em anestesia, necessitando, em nosso meio, fonte especial para fornecimento desse gás a 100%.

Os resultados encontrados sugerem que o uso de N<sub>2</sub>O a 100% para insuflação do balonete de tubo traqueal não constitui método seguro dada sua progressiva perda da capacidade de vedação. O uso de ar ambiente, por outro lado, promove aumento de volume e de pressão no balonete, aumentando a possibilidade de baixa perfusão da mucosa traqueal. Ambos os resultados foram obtidos para anestesia com uso de mistura de gases a 50% de oxigênio e óxido nitroso.

### **Volume and Pressure of Tracheal Tube Cuffs Filled with Air or Nitrous Oxide**

Ernesto Leonardo Cárpio Peña, M.D.; Waldemar Montoya de Gregori, M.D.; Luiz Piccinini Filho, M.D.; Joaquim Edson Vieira, TSA, M.D.; Lúgia Andrade da Silva Telles Mathias, TSA, M.D.

#### **INTRODUCTION**

General anesthesia presupposes airway control and very often tracheal intubation is the most effective method. Tracheal tubes may or may not have cuffs, which are more frequently used in adults. Specific cuff function is to seal trachea, helping positive pressure ventilation and preventing gastric content aspiration<sup>1</sup>.

Tracheal intubation-associated morbidity is attributed to factors such as tube size, tracheal mucosa injury, tube movement and accidental extubation. Tracheal mucosa injury directly related to the cuff is influenced by intubation duration and lateral tracheal wall pressure, being the latter the most important factor<sup>2,4</sup>. Tracheal mucosa perfusion pressure is 30 to 40 mmHg<sup>5,6</sup> and higher cuff induced pressures increase the incidence of tracheal injury. Lower pressures minimize tracheal damage by decreasing lateral tracheal wall pressure, but may result in aspiration, leakage and tube displacement. So, tracheal tube cuff pressure against lateral tracheal wall should be low enough to allow adequate capillary blood flow, and high enough to prevent air leakage and gastric content aspiration.

It is recommended that cuff pressure remain between 25 and 34 cmH<sub>2</sub>O. Pressures above 25 cmH<sub>2</sub>O safely prevent gas-

tric content aspiration and 20 cmH<sub>2</sub>O is the lowest limit below which there may be broncho-aspiration. Pressures above 34 cmH<sub>2</sub>O would impair tracheal mucosa perfusion<sup>5-8</sup>. Several factors affect cuff pressure, among them tracheal tube type and size, cuff volume and the mixture of gases administered to patients. N<sub>2</sub>O in the inhaled mixture leads to its diffusion to inside the cuff (especially when it is inflated with air), causing cuff pressure increase which is directly proportional to mixture administration time and inversely proportional to cuff thickness<sup>2,7</sup>.

This study aimed at evaluating cuff pressure variations in different surgical times, when it is inflated with air or 100% nitrous oxide.

#### **METHODS**

After the Medical Ethics and Research Committee, Hospital Central, Irmandade da Santa Casa de Misericórdia, São Paulo approval, participated in this study 30 patients of both genders, aged 20 to 50 years, physical status ASA I and II, to be submitted to different elective surgeries after adequate fast and with body mass index not exceeding 25.

All patients were submitted to balanced general anesthesia (O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O 50%:50%, isoflurane, pancuronium and fentanyl) with tracheal intubation (adequate tracheal tube with high volume and low pressure cuff). Tracheal tube was chosen according to subjective criteria after glottis visualization by direct laryngoscopy. Cuffs were inflated by the anesthesiologist with randomized volumes according to clinical criteria to seal airways. Measurements were undertaken after 15 minutes of anesthesia. First, oral cavity, pharynx and stomach secretions were sucked and then a 3-way tap was connected to pilot tube cuff, to a 10 ml glass syringe and to an aneroid manometer (Marshalltown MPN Inc, Iowa, USA) gagged in cmH<sub>2</sub>O.

A first baseline measurement (P<sub>B</sub>) of the air-inflated cuff was undertaken and, smoothly sucking with the glass syringe, the necessary volume (V<sub>B</sub>) to reach this measurement (P<sub>B</sub>) was determined. This first measurement has provided pressure and volume values obtained by inflation according to clinical parameters. As from this moment, patients were divided in two groups.

In Group A, cuff was re-inflated with enough air to reach approximately 30 cmH<sub>2</sub>O (V<sub>0</sub>, P<sub>0</sub>) and moment zero (T<sub>0</sub>) was determined. Then cuff pressure was measured at 5, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes (M<sub>5</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub>, M<sub>30</sub>, M<sub>40</sub>, M<sub>50</sub>, M<sub>60</sub>). In group B, cuff was re-inflated with enough nitrous oxide to reach 30 cmH<sub>2</sub>O and pressures were measured in the same moments.

Nitrous oxide was directly collected from an old KT 675 anesthesia machine without safety valve for low O<sub>2</sub> concentrations administration and no longer used for clinical anesthesia. Respiratory system was washed with 100% nitrous oxide for 2 minutes to then allow nitrous oxide aspiration in a 10 ml syringe through a tap series system, which prevented gas leakage and at the same time allowed cuffs inflation.

In both groups, pressures could not exceed 35 cmH<sub>2</sub>O or be lower than 20 cmH<sub>2</sub>O. For such, cuffs should be deflated or re-inflated as needed to maintain their sealing ability. At this intervention, the experiment was interrupted.

Non-Paired t test and Analysis of Variance (ANOVA) were used for statistical analysis considering significant p < 0.05.

**RESULTS**

Demographics data were similar for both groups (Table I). For both groups 7.5 - 8 mm (internal diameter) tracheal tubes were used for females and 8 - 9 mm tubes were used for males.

Table I - Demographics Data, Physical Status, Gender and Tube Number

Variables	Group A	Group B
Age (years) *	33.1 ± 7.1	34.8 ± 8.6
Weight (Kg) *	70.5 ± 8.2	68.9 ± 5.9
Height (cm) *	174.5 ± 8.1	171.7 ± 6.7
BMI *	23.08 ± 1.24	23.26 ± 1.35
Physical status		
ASA I	9	10
ASA II	6	5
Tube number	5 (7-7.5) / 10 (8-8.5)	5 (7-7.5) / 10 (8-8.5)
Gender		
Male	10	11
Female	5	4

\*Values expressed in Mean ± SD

First inflation (baseline) volumes (V<sub>B</sub>) and pressures (P<sub>B</sub>) were similar between groups, however some pressures have reached 50 cmH<sub>2</sub>O (Table II). Cuff volumes needed to reach 30 ± 1 cmH<sub>2</sub>O baseline pressure (T<sub>0</sub>) are shown in table III for the air inflated cuff group, and in table IV for nitrous oxide inflated cuff group. Pressures measured during one hour can also be observed.

Table II - Pressure (P) and Volume (V) Measurements after Cuff Inflation in Clinical Anesthesia Conditions. Mean ± SD in last line

Group A		Group B	
P <sub>A</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	V <sub>A</sub> (mL)	P <sub>B</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	V <sub>B</sub> (mL)
37	8	39	7
43	9	30	7
37	7	55	10
39	7	39	10
31	6	50	9
50	10	35	10
45	10	53	10
31	6	37	7
35	6	35	9
29	6	44	10
40	8	32	10
45	10	45	8
60	11	38	10
39	8	42	8
32	6	40	9

Table III - Measurements of Volumes to Reach 30 cmH<sub>2</sub>O Initial Pressure (V<sub>0</sub>). Measurements of Cuff Pressures at Moment Zero (M<sub>0</sub>) and during Established Moments Intervals for Group A (Air). Mean ± SD on last line

V <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>20</sub>	M <sub>30</sub>	M <sub>40</sub>	M <sub>50</sub>	M <sub>60</sub>
6	29	29	29	31	33	33	35	37*
5	30	30	31	31	33	33	33	34
6	31	31	31	32	32	33	35	36*
5	30	30	30	31	33	33	35	36*
6	31	31	32	33	33	33	36*	-
7	31	31	31	32	34	34	36*	-
7	31	31	32	32	32	33	33	34
6	30	30	31	32	32	33	33	34
5	31	32	32	34	35	35	35	36*
6	29	29	31	32	32	32	34	34
6	29	29	29	30	30	32	33	34
7	31	31	31	32	32	34	36*	-
7	30	30	30	31	32	32	34	34
7	28	29	29	29	31	31	33	34
6	32	32	32	33	34	35	35	36*
6.1 ± 0.7	30.2 ± 1.1	30.3 ± 1	30.7 ± 1.1	31.7 ± 1.2	32.5 ± 1.2	33.1 ± 1.1	34.4 ± 1.2	34.9 ± 1.2

Moments marked with a star (\*) determine cuff deflation due to pressure above 35 cmH<sub>2</sub>O and experiment interruption

VOLUME AND PRESSURE OF TRACHEAL TUBE CUFFS  
FILLED WITH AIR OR NITROUS OXIDE

Table IV - Measurements of Volumes to Reach 30 cmH<sub>2</sub>O Initial Pressure (V<sub>0</sub>), Measurements of Cuff Pressures at Moment Zero (M<sub>0</sub>) and during Established Moments Intervals for Group B (nitrous oxide). Mean ± SD on last line

V <sub>0</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>20</sub>	M <sub>30</sub>	M <sub>40</sub>	M <sub>50</sub>	M <sub>60</sub>
6	29	26	21	18*	-	-	-	-
7	30	26	22	198	-	-	-	-
7	31	28	23	20	19*	-	-	-
7	31	26	23	19*	-	-	-	-
6	29	25	22	20	18*	-	-	-
7	31	30	26	22	18*	-	-	-
6	30	25	22	17*	-	-	-	-
6	31	30	25	21	16*	-	-	-
8	31	27	23	18*	-	-	-	-
7	31	27	24	20	18*	-	-	-
7	31	27	21	20	19*	-	-	-
6	31	28	25	22	18*	-	-	-
7	31	27	22	18*	-	-	-	-
7	31	26	21	20	20	19*	-	-
6	30	25	21	19*	-	-	-	-
6.7 ± 0.6	30.5 ± 0.7	26.9 ± 1.6	22.7 ± 1.5	19.5 ± 1.5	18.2 ± 1.2	-	-	-

Moments marked with a star (\*) determine cuff re-inflation due to pressure below 20 cmH<sub>2</sub>O and experiment interruption

In Group A (Air), there have been significant cuff pressure differences ( $p < 0.0001$ , ANOVA) with progressive cuff pressure increase (Table III). In Group B (N<sub>2</sub>O) there has been progressive cuff pressure decrease in all cases, reaching values close to 20 cmH<sub>2</sub>O, especially in moments between 20 and 30 minutes. As established by the protocol, as soon as pressures reached values below 20 cmH<sub>2</sub>O, the experiment was interrupted. ANOVA has shown significant differences among different times ( $p < 0.0001$ ), with progressive cuff pressure decrease during the study period.

## DISCUSSION

Results suggest that 100% N<sub>2</sub>O for tracheal tube cuff inflation may determine loss of sealing ability; otherwise, the air promotes cuff pressure and volume increase.

Most severe tracheal intubation (TI) complications include ulceration, tracheomalacia or tracheal stenosis, all related to prolonged intubation and high cuff pressures. Tracheal tubes with pressure in the range of 26 to 35 cmH<sub>2</sub>O allow tracheal perfusion in addition to effective sealing airways, thus decreasing the incidence of such complications<sup>7,8</sup>. In addition, pressure should remain above 20 cmH<sub>2</sub>O to decrease aspiration risks<sup>5-8</sup>.

Our study has found initial high pressures and volumes (Table II). This could be explained by anesthesiologists' clinical practice in handling cuffs and possibly by the lack of devices able to measure cuff pressures. This practice has promoted cuff inflation according to clinical criteria, trying to assure airway sealing. However, pressure values could remain above safe tracheal mucosa perfusion limits.

Cuff inflation with mean 6.1 ml air has been enough to reach the desired pressure of up to 30 cmH<sub>2</sub>O. However with time and N<sub>2</sub>O diffusion in the inhaled mixture, pressure has increased and has reached maximum limit in approximately 40 or 50 minutes, time that could be recommended as optimal for partial cuff deflation. The removal of approximately 1 ml may decrease pressure to baseline values<sup>3,5</sup>. Cuff inflation with air has shown to be a risk practice, in addition to forcing the anesthesiologist to continuously measure cuff pressure during anesthesia. Deflation may be not so accurate, but on the other hand the maintenance of high levels may lead to complications, especially tracheal mucosa injury.

Nitrous oxide diffusion to inside the cuff has already been documented<sup>9</sup>. Pressure control as a consequence of this diffusion is suggested as a factor to decrease high pressure risks and, as a consequence, tracheal injury<sup>10</sup>. Low pressure cuffs, such as Lanz' or Brandt's tubes, which have devices for intra-cuff volume and pressure auto-controlled, seem to be safe for prolonged intubation<sup>11-13</sup>.

Increased cuff volume during general anesthesia may be minimized by using the same gases mixture administered to patients to fill cuff volume<sup>14</sup>. Clinical nitrous oxide use, when established in 67% of the inhaled mixture, may have its diffusion to the cuff decreased when it is filled with 40% to 50% mixture in air<sup>15,16</sup>. In addition to the risks of decreasing tracheal mucosa perfusion pressure, cuff pressure may favour the development of angina. Saline solution may eliminate mixture gas diffusion, thus decreasing the incidence of such complication<sup>17</sup>. On the other hand, lidocaine as solution to fill the cuff may be reported as possible factor for lower incidence of angina<sup>18</sup>.

Cuff inflation with 100% nitrous oxide showed a decreasing behavior for initial pressures when general anesthesia was maintained with 50% mixture of oxygen and nitrous oxide. There has been fast decrease in approximately 10 minutes, reaching values even lower than 20 cmH<sub>2</sub>O in the period 20 to 30 minutes. Nitrous oxide to inflate cuffs seems to be still a controversial subject and its use at 100% may not be a practical method for routine use in anesthesia because in our practice, a special source is needed for 100% nitrous oxide supply.

Our results suggest that 100% N<sub>2</sub>O for tracheal tube cuff inflation is not a safe method due to its progressive loss of sealing ability. Air, on the other hand, promotes cuff volume and pressure increase, increasing the chances for low tracheal mucosa perfusion. Both results were obtained for anesthesia using 50% oxygen and nitrous oxide.

### REFERÊNCIAS - REFERENCES

01. Willis BA, Latto IP, Dyson A - Tracheal tube cuff pressure. Clinical use of the cardiff cuff controller. *Anesthesia* 1988;43:312-314.
02. Bernhard WN, Yost L, Turndorf H et al - Cuffed tracheal tubes - physical and behavioral characteristics. *Anesth Analg*, 1982;61:36-41.
03. Nordin U - The trachea and cuff-induced tracheal injury. An experimental study on causative factors and prevention. *Acta Otolaryngol*, 1977;345:(Suppl):1-7.
04. Knowlson GTG, Bassett HGM - The pressures exerted on the trachea by endotracheal inflatable cuffs. *Br J Anaesth*, 1970;42:834.
05. Mendes FF, Hintz L, Bredemeier Neto F - Volume e pressão do balonete do tubo traqueal para oclusão da traquéia. *Rev Bras Anesthesiol*, 1996;46:103-106.
06. Dobrin P, Canfield T - Cuffed endotracheal tubes: mucosal pressures and tracheal wall blood flow. *Am J Surg*, 1977;133:562-568.
07. Reader JC, Borchgrevink PC, Silevold OM - Tracheal tube cuff pressures. *Anesthesia*, 1985;40:444-447.
08. Seegobin RD, Hasselt GL - Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four volume cuffs. *Br Med J*, 1984;288:965-968.
09. Stanley TH, Kawamura R, Graves C - Effects of nitrous oxide on volume and pressure of endotracheal tube cuffs. *Anesthesiology*, 1974;41:256-262.
10. Bernhard WN, Yost LC, Turndorf H et al - Physical characteristics of and rates of nitrous oxide diffusion into tracheal tube cuffs. *Anesthesiology*, 1978;48:413-417.
11. Honeybourne D, Costello JC, Barham C - Tracheal damage after endotracheal intubation: comparison of two types of endotracheal tubes. *Thorax*, 1982;37:500-502.
12. Mandoe H, Nikolajsen L, Lintrup U et al - Sore throat after endotracheal intubation. *Anesth Analg*, 1992;74:897-900.
13. Navarro LHC, Braz JRC, Pletsch AK et al - Estudo comparativo das pressões dos balonetes de tubos traqueais contendo ou não válvula reguladora de pressão de Lanz<sup>®</sup>. *Rev Bras Anesthesiol*, 2001;51:17-27.
14. Revenas B, Lindholm CE - Pressure and volume changes in tracheal tube cuffs during anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1976;20:321-326.
15. Tu HN, Saidi N, Leiutaud T et al - Nitrous oxide increases endotracheal cuff pressure and the incidence of tracheal lesions in anesthetized patients. *Anesth Analg*, 1999;89:187-190.
16. Karasawa F, Ohshima T, Takamatsu I et al - The effect on intracuff pressure of various nitrous oxide concentrations used for inflating an endotracheal tube cuff. *Anesth Analg*, 2000;91:708-713.
17. Combes X, Schaulvliege F, Peyrouset O et al - Intracuff pressure and tracheal morbidity: influence of filling with saline during nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology*, 2001;95:1120-1124.
18. Fagan C, Frizelle HP, Laffey J et al - The effects of intracuff lidocaine on endotracheal-tube-induced emergence phenomena after general anesthesia. *Anesth Analg*, 2000;91:201-205.

### RESUMEN

Peña ELC, Gregori WM, Piccinini Filho L, Vieira JE, Mathias LAST - Determinación de Volúmenes y Presiones de Balones de Tubos Traqueales Insuflados con Aire Ambiente u Óxido Nitroso

**JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS:** La presión ejercida por el balón del tubo traqueal contra la pared de la traquea debe permitir flujo capilar adecuado y prevenir escapes de aire o aspiración pulmonar. Esta pesquisa buscó determinar las variaciones de presión del balón insuflado con aire ambiente o con óxido nitroso a 100%.

**MÉTODO:** Treinta pacientes fueron seleccionados para recibir anestesia general balanceada con entubación orotraqueal. El balón fue insuflado conforme criterios clínicos. Las medidas de base fueron realizadas después de 15 minutos del inicio de la anestesia con un manómetro aneróide calibrado en cm de H<sub>2</sub>O y dieron los valores iniciales de presión y volumen. Los pacientes fueron divididos en dos grupos: balón reinsuflado con aire ambiente, grupo A, o con óxido nitroso, grupo B. Las medidas de presión fueron obtenidas en intervalos hasta la primera hora y los resultados comparados.

**RESULTADOS:** Los grupos se mostraron comparables para edad y sexo. En ambos grupos los valores basales medios para presión fueron próximos de 40 cmH<sub>2</sub>O con 8 ml de volumen. En el grupo con aire ambiente, las presiones aumentaron hasta 36 cmH<sub>2</sub>O en una hora. En el grupo de balón insuflado con N<sub>2</sub>O, las presiones cayeron abajo de 20 cmH<sub>2</sub>O entre 20 y 30 minutos de anestesia.

**CONCLUSIONES:** El uso de N<sub>2</sub>O a 100% para insuflación del balón de sonda traqueal no constituye método seguro, acarreado progresiva pérdida de la capacidad de vedación. El uso de aire ambiente promueve aumento de volumen y de presión en el balón, aumentando la posibilidad de lesión de la mucosa traqueal.