

Resistência ao Fluxo de Gases em Cânulas de Intubação Traqueal com Comprimento Padrão Diminuído *

Airflow Resistance of Shortened Tracheal Tubes

Fernando José Gonçalves do Prado¹; Joaquim Edson Vieira, TSA²; Fábio Ely Martins Benseñor³

RESUMO

Prado FJG, Vieira JE, Benseñor FEM - Resistência ao Fluxo de Gases em Cânulas de Intubação Traqueal com Comprimento Padrão Diminuído

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS: O comprimento da porção da cânula de intubação traqueal após o balonete de segurança pode ser reduzido, provavelmente sem influência deletéria na resistência ao fluxo de gases. O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos dessa redução sob diferentes regimes de fluxo inspiratório.

MÉTODO: Foram realizadas medidas de resistência fluxo de gases em cânulas com diâmetros internos de 7; 7,5; 8; 8,5; 9 e 9,5 mm. As medidas foram realizadas em cânulas com o comprimento padrão e com comprimento diminuído na altura do balonete de segurança. Os fluxos foram situados a 0,07 litros por segundo ($L \cdot s^{-1}$), 0,1; 0,2; 0,33; 0,5 e 1 $L \cdot s^{-1}$.

RESULTADOS: As resistências obtidas são progressivamente menores para maiores diâmetros internos, mas maiores para um mesmo diâmetro submetido a fluxo mais intenso, em cânulas com comprimentos padrão ou reduzidos. As cânulas com comprimentos reduzidos têm menor ou igual resistência ao fluxo testado em cânula com igual diâmetro interno.

CONCLUSÕES: As resistências se mostraram menores ou comparáveis nas cânulas de intubação traqueal com comprimento reduzido em relação ao tamanho padrão.

Unitermos: EQUIPAMENTOS: tubo traqueal; INTUBAÇÃO TRAQUEAL; TÉCNICAS DE MEDIÇÃO: resistência do tubo traqueal

SUMMARY

Prado FJG, Vieira JE, Benseñor FEM - Airflow Resistance of Shortened Tracheal Tubes

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Tracheal tube length may be shortened just after the cuff probably without noxious influence on airflow resistance. This study aimed at determining the effects of such shortening under different inspiratory flows.

METHODS: Flow resistance was measured in tubes with internal diameters of 7; 7.5; 8; 8.5; 9 and 9.5 millimeters. Measurements were undertaken on standard tubes and on those shortened just after the cuff level. Flows were 0.07 liters per second ($L \cdot s^{-1}$), 0.1; 0.2; 0.33; 0.5 and 1 $L \cdot s^{-1}$.

RESULTS: Resistances were progressively lower for larger internal diameters, but were higher for a same diameter under higher flow, both, in standard and shortened tubes. Shortened tubes showed lower or equal flow resistance as compared to standard tubes with the same diameter.

CONCLUSIONS: Resistance has been lower or comparable on shortened tubes as compared to standard tubes.

Key Words: EQUIPMENTS: tracheal tube; MEASUREMENT TECHNIQUES: tracheal tube resistance; TRACHEAL INTUBATION

INTRODUÇÃO

A intubação orotraqueal não é um procedimento inócua prática da anestesia. Permite ventilação controlada para as mais diversas finalidades e pode ser utilizada em anestesia geral e no tratamento de insuficiência respiratória. A sua instalação leva a alterações da mecânica ventilatória que também afetam os sistemas cardiovascular, renal e nervoso central¹⁻⁵.

Estudos que levam em consideração especificamente a resistência ao fluxo de gases durante sua passagem pelas cânulas de intubação orotraqueal e sua quantificação encontram relação direta com diâmetro e comprimento⁶⁻⁸. A resistência ao fluxo inspiratório das cânulas de intubação orotraqueal é determinada pela Lei de Poiseuille e os fatores que a regem são seu diâmetro interno, seu comprimento e a pressão do fluxo de gases⁹. Por outro lado, o comprimento da porção da cânula de intubação traqueal após seu balonete de segurança pode variar de 6 a 8 cm de comprimento em sondas transparentes (Rusch Uruguay Ltda.). A diminuição no comprimento dessa porção pode não ter influência deletéria na resistência ao fluxo de gases, podendo reduzir os riscos de intubação seletiva.

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos da redução do comprimento das cânulas de intubação na porção após o balonete de segurança, utilizadas com maior frequência em anestesia, sob diferentes regimes de fluxo inspiratório.

* Recebido do (Received from) Centro de Ensino e Treinamento em Anestesiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

1. ME₂ (2002), do CET/SBA do HC da FMUSP

2. Assistente da Divisão de Anestesiologia; Professor Colaborador da Disciplina de Clínica Geral da FMUSP

3. Assistente da Divisão de Anestesiologia, Supervisor, Unidade de Apoio Cirúrgico (UAC), HC - FMUSP

Apresentado (Submitted) em 12 de maio de 2003

Aceito (Accepted) para publicação em 30 de julho de 2003.

Endereço para correspondência (Correspondence to)

Dr. Joaquim Edson Vieira
Av. Dr. Arnaldo, 455 - Sala 2354
01246-903 São Paulo, SP
E-mail: joaquimev@hotmail.com

© Sociedade Brasileira de Anestesiologia, 2004

MÉTODO

O estudo foi realizado no Laboratório de Biofísica da Disciplina de Anestesiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP). Foram realizadas medidas de resistência do fluxo de gases em cânulas de intubação orotraqueal com diâmetros internos de 7; 7,5; 8; 8,5; 9 e 9,5 mm (Rusch Uruguay Ltda., Montevideu, Uruguai). As medidas foram realizadas em cânulas com o comprimento padrão e com comprimento diminuído na altura do balonete de segurança. As cânulas de comprimento diminuído foram cortadas perpendicularmente aos seus maiores eixos imediatamente abaixo do ponto de inserção distal dos balonetes. Assim, as cânulas padrão ficaram com o comprimento, medido em centímetros (cm), entre 32,5 (7 e 7,5 mm), 34,5 (8 e 8,5 mm) e 33 (9 e 9,5 mm), enquanto as cânulas diminuídas mediram 30,5; 32,5 e 31,5 cm.

Os fluxos foram gerados e mantidos pelo aparelho de anestesia Linea (Intermed, SP, Brasil). A pressão resistiva gerada nas cânulas foi aferida por um pneumotacógrafo de orifício variável (Bicore CP 100 Respiratory Monitor, Allied Healthcare, CA, USA) com um sensor (Var-Flex® Flow Transducer, Allied Healthcare, CA, USA) conectado ao sistema circular do aparelho de anestesia entre a peça em "Y" e a cânula traqueal. A resistência das cânulas de intubação foi medida por meio da conexão da porção proximal das cânulas à peça em "Y" do ventilador e sua porção distal deixada aberta para o ambiente, segundo método previamente proposto descrito abaixo⁷.

Os fluxos aplicados às cânulas foram previamente calibrados (Timeter RT200, Allied Healthcare, CA, USA) e situados a 0,07 litros por segundo ($L.s^{-1}$), 0,1; 0,2; 0,33; 0,5 e 1 $L.s^{-1}$ (respectivamente 4, 6, 12, 20, 30 e 60 litros por minuto). Os sinais de fluxo e pressão resistiva foram gravados durante um minuto. Os dados analógicos gerados do pneumotacógrafo foram convertidos para o sistema digital numa frequência de 200 Hz e armazenados em computador pessoal. A determinação das resistências das cânulas foi obtida pela divisão da medida de cinco pressões escolhidas aleatoriamente pelo fluxo de gases correspondente.

Foram estudadas as cânulas de mesmo diâmetro interno com seus comprimentos: padrão ou diminuído, durante a passagem dos diferentes fluxos de gases e comparadas às resistências geradas. Os dados gerados foram submetidos ao teste *t* de Student e valores de $p < 0,05$ foram considerados como significativos.

RESULTADOS

As resistências obtidas para as cânulas de intubação endotraqueal são progressivamente menores para maiores diâmetros internos, mas maiores para um mesmo diâme-

tro submetido a fluxo mais intenso (Tabela I). Apenas nas cânulas com diâmetro entre 8 e 8,5 mm com os fluxos de 0,2 e 0,07 $L.s^{-1}$, respectivamente, esta tendência não foi observada.

Tabela I - Resistência em $cmH_2O.s.L^{-1}$ à Passagem de Diferentes Fluxos de Gases ($L.s^{-1}$) pelas Cânulas de Comprimento Padrão

Cânulas (mm)	Fluxo ($L.s^{-1}$)					
	0,07	0,1	0,2	0,3	0,5	1
7	2,61	2,5	3,43	4,19	5,44	8,58
7,5	1,89	1,86	1,9	3,28	4	6,49
8	1,35	1,8	2,08	2,78	3,29	5,34
8,5	2,4	1,68	1,52	2,08	2,51	4,23
9	1,35	1,18	1,23	1,57	1,90	3,21
9,5	0,90	0,96	0,92	1,53	1,68	2,59

As resistências obtidas para cânulas de intubação endotraqueal também são progressivamente menores para maiores diâmetros internos, mas maiores para um mesmo diâmetro submetido a fluxo mais intenso, sem exceções (Tabela II).

Tabela II - Resistência em $cmH_2O.s.L^{-1}$ à Passagem de Diferentes Fluxos de Gases ($L.s^{-1}$) pelas Cânulas de Comprimento Reduzido por Secção na Porção Pós-Balonete de Segurança

Cânulas (mm)	Fluxo ($L.s^{-1}$)					
	0,07	0,1	0,2	0,3	0,5	1
7	2,34	2,5	3,56	4,33	5,12	7,08
7,5	1,86	1,92	1,99	3,23	3,85	5,37
8	1,50	1,8	1,99	2,8	3,26	4,39
8,5	1,14	0,9	1,52	2,04	2,4	3,34
9	0,81	0,90	0,96	1,50	1,85	3,13
9,5	0,30	0,84	0,90	1,40	1,66	2,54

Estas tendências são melhores observadas quando comparados os dois grupos de cânulas e suas resistências. As resistências tendem a diminuir quando as cânulas têm seu comprimento diminuído, apesar de resultados não significativos em algumas das medidas comparadas (Tabela III). De modo geral, as cânulas com comprimentos reduzidos têm menor ou igual resistência ao fluxo testado em cânula com igual diâmetro interno.

Tabela III - Resistências em cmH₂O.s.L⁻¹ à Passagem dos Vários Fluxos de Gases nas Cânulas com Comprimento Padrão (Pd) e Diminuído (Dm) e os Diversos Valores de p para Testes Binários *t* de Student entre os V valores

Tamanho	Cânulas																	
	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p
Fluxos	7	7		7,5	7,5		8	8		8,5	8,5		9	9		9,5	9,5	
0,07	2,6	2,3	0,07	1,9	1,9	0,87	1,6	1,5	<0,001*	2,4	1,1	<0,001*	1,4	0,8	0,001*	0,9	0,3	<0,001*
0,1	2,5	2,5	1	1,9	1,9	0,374	1,8	1,8	1	1,7	0,9	<0,001*	1,2	0,90	0,178	1,0	0,8	0,18
0,2	3,4	3,6	0,025*	1,9	2,0	0,305	2,1	2,0	0,208	1,5	1,5	1	1,2	1,0	0,009*	0,9	0,9	0,37
0,3	4,2	4,3	0,013*	3,3	3,2	0,305	2,8	2,8	0,778	2,1	2,0	0,178	1,6	1,5	0,099	1,5	1,4	<0,001*
0,5	5,4	5,1	0,078	4	3,9	0,027*	3,3	3,3	0,426	2,5	2,4	0,037*	1,9	1,9	0,371	1,7	1,7	0,34
1	8,6	7,1	<0,001*	6,5	5,4	<0,001*	5,3	4,4	<0,001*	4,2	3,3	<0,001*	3,2	3,1	0,135	2,6	2,5	0,41

* Identifica valores de p < 0,05 que são considerados estatisticamente significantes para valores comparados entre as resistências das cânulas

DISCUSSÃO

Neste estudo, as resistências se mostraram menores ou comparáveis nas cânulas de intubação traqueal com comprimento reduzido em relação ao tamanho padrão.

Resistência ao fluxo expiratório pode resultar no desenvolvimento de PEEP intrínseco, ou *intrinsic-positive end-expiratory pressure* (PEEPi), com distensão dos alvéolos e piora da mecânica ventilatória⁵. As resistências aos fluxos de gases inspiratórios são diferentes dos expiratórios em grande parte por causa do fluxo de gases turbulentos gerados na junção da porção distal da cânula e as vias aéreas durante a expiração⁶. O fluxo de gases inspiratórios é laminar durante seu percurso dentro da cânula, local onde é medido, tornando-se turbulento só após a saída da cânula⁸. Experimentalmente, é mais reprodutível o padrão do fluxo inspiratório do que o expiratório, por isso a sua escolha neste estudo. Além disso, por ser laminar dentro da cânula de intubação traqueal, o fluxo inspiratório é regido pela Lei de Poiseuille⁹. Os fluxos de gases frescos e as cânulas de intubação traqueal foram selecionados levando-se em consideração aplicabilidade na prática clínica da anestesia.

Em estudo prévio realizado em nosso meio, a média de volume corrente utilizado foi de 600 ml, com frequência respiratória em 10 incursões por minuto e fluxo de gases frescos de 2 L.min⁻¹. Também se observou uma moda de relação de tempo inspiratório:expiratório de 1:2³. Com estes dados, pode-se aferir que o fluxo inspiratório teórico utilizado em aparelhos de anestesia possa situar-se próximo de 38 L.min⁻¹ (0,63 L.s⁻¹). Para as cânulas testadas, este padrão inspiratório, se situado perto de 0,5 L.s⁻¹, gera padrões resistivos crescentes quando o diâmetro interno da cânula de intubação é menor⁷. Os resultados deste estudo quando da utilização de fluxo em 0,5 L.s⁻¹ mostraram diminuição das resistências para todas as comparações entre cânulas com comprimento padrão e reduzido.

A escolha por utilizar gás fresco, não adicionado de umidade controlada pode resultar em resistências distintas das observadas durante o uso clínico que podem ser maiores decorrentes do acúmulo de umidade na luz das cânulas⁷. Esse fator não foi considerado neste experimento, dado o interesse da determinação das resistências provocadas exclusivamente pelas cânulas de tamanho padrão e diminuído, mostrando as diferenças que ocorrem pela simples diminuição de seu comprimento. Mesmo não sendo encontradas dife-

renças significantes entre as resistências para todas as comparações, existe uma clara tendência de diminuição das resistências quando se diminui o comprimento das cânulas na grande maioria dos fluxos de gases testados.

O comprimento anatômico da traquéia pode ser estimado pela altura. De modo geral, a altura em centímetros corrigida pelo fator 0,0846 deduzida de 2,32 pode estimar o comprimento da traquéia, da região glótica até a bifurcação da carina, com valor de regressão r = 0,87 [traquéia = altura x 0,0846 - 2,32]¹⁰. Esse cálculo simples sugere um comprimento da traquéia entre 10,5 a 13 cm para adultos entre 1,50 a 1,80 m de altura. A simulação de altura por meio desta equação mostrou-se coincidente com medidas verificadas em cadáveres do Serviço de Óbitos de São Paulo (Pearson, r² = 1,00, Tabela IV).

Tabela IV - Correlação (Pearson) entre Medidas pela Equação [traquéia = altura x 0,0846 - 2,32] e Medidas em Cadáveres, R² = 1,00. Média ± DP na Última Linha

Altura (cm)	Equação	Medida
150	10,5	10,4
150	10,5	10,4
150	10,5	10,4
155	10,9	10,8
155	10,9	10,8
160	11,4	11,2
160	11,4	11,2
160	11,4	11,2
165	11,8	11,6
165	11,8	11,6
165	11,8	11,6
165	11,8	11,6
170	12,3	12,1
170	12,3	12,1
170	12,3	12,1
170	12,3	12,1
175	12,8	12,5
175	12,8	12,5
175	12,8	12,5
175	12,8	12,5
175	12,8	12,5
180	13,2	12,9
180	13,2	12,9
185	13,7	13,3
185	13,7	13,3
185	13,7	13,3
190	14,2	13,8
168,8 ± 11,8	12,2 ± 1,1	12,0 ± 1,0

As cânulas de intubação traqueal têm comprimento na região do balonete de segurança que pode chegar a 7,5 cm. Esses números relacionados sugerem uma margem de segurança quando da colocação do tubo na traquéia que, no entanto, pode não ocorrer na prática clínica, resultando em intubação seletiva inadvertida. A redução do tamanho padronizado das cânulas tipo Rusch, promovida nesta investigação, não determinou maior resistência aos fluxos de gases utilizados em anestesia. Esse pode ser um interessante fator de segurança para reduzir as possibilidades de intubação seletiva e inadvertida na prática da anestesia clínica.

Ensaio clínicos posteriores com cânulas reduzidas em seu comprimento, utilizando pacientes com função pulmonar preservada e aqueles com padrão de obstrução crônica, podem revelar algum impacto no manuseio da anestesia. As diminuições da resistência nos circuito de ventilação podem ser vantajosas durante ventilação controlada.

Airflow Resistance of Shortened Tracheal Tubes

Fernando José Gonçalves do Prado, M.D.; Joaquim Edson Vieira, TSA, M.D.; Fábio Ely Martins Benseñor, M.D.

INTRODUCTION

Tracheal intubation is not an innocuous anesthetic procedure. It allows controlled ventilation for the most different objectives and may be used in general anesthesia and to treat respiratory failure. Its installation leads to ventilatory mechanics change which also affect cardiovascular, renal and central nervous systems¹⁻⁵.

Specific studies on airflow resistance and quantification during its passage through tracheal tubes have shown a direct diameter:length ratio⁶⁻⁸. Inspiratory flow resistance of tracheal tubes is determined by Poiseuille's Law and factors governing it are internal diameter, length and airflow pressure⁹. On the other hand, tracheal tube length after cuff may vary 6 to 8 cm in transparent tubes (Rusch Uruguay Ltda). The shortening of this portion may not negatively influence airflow resistance and may decrease the risks of selective intubation.

This study aimed at determining the effects of shortening most popular tracheal tubes after the cuff under different inspiratory flows.

METHODS

This study was performed in the Biophysics Laboratory, Discipline of Anesthesiology, Hospital das Clínicas, Universidade de São Paulo (HC-FMUSP). Airflow resistance was measured in tracheal tubes with internal diameter of 7, 7.5, 8, 8.5, 9 and 9.5 mm (Rusch Uruguay Ltda, Montevideo, Uruguay). Measurements were undertaken in standard and shortened tubes. Shortened tubes were cut perpendicularly

to their largest axis immediately below distal cuff insertion point. So, standard tubes remained with their lengths, measured in centimeters (cm) between 32.5 (7 and 7.5), 34.5 (8 and 8.5) and 33 (9 and 9.5), while shortened tubes measured 30.5, 32.5 and 31.5 cm.

Flows were generated and maintained by Linea anesthesia machine (Intermed, SP, Brazil). Resistive pressure generated in the tubes was checked by a variable hole pneumotacograph (Bicore CP 100 Respiratory Monitor, Allied Healthcare, CA, USA) with a sensor (Var-Flex® Flow Transducer, Allied Healthcare, CA, USA) connected to the anesthesia machine circle system between the "Y" piece and the tracheal tube. Tracheal tube resistance was measured by the connection of the proximal portion of the tube to the "Y" piece of the ventilator and its distal portion was left opened to the environment, according to previously proposed method described below⁷.

Flows were previously gauged (Timeter RT200, Allied Healthcare, CA, USA) and established at 0.07 liters per second ($L \cdot s^{-1}$), 0.1, 0.2, 0.33, 0.5 and $1 L \cdot s^{-1}$ (respectively 4, 6, 12, 20, 30 and 60 liters per minute). Resistive pressure and flow signals were recorded during one minute. Analog data generated by the pneumotacograph were converted to digital in a frequency of 200 Hz and stored in a PC. Tube resistances were obtained by dividing the measurements of five randomly selected pressures by corresponding airflows.

Standard and shortened tubes with the same internal diameter were studied during the passage of different airflows and resistances were compared. Data were submitted to Student's *t* test considering significant $p < 0.05$.

RESULTS

Tracheal tube resistances are progressively lower for larger internal diameters, but higher for the same diameter tube submitted to higher flows (Table I). This trend was only not observed in tubes with diameters between 8 and 8.5 mm and flows of 0.2 and $0.07 L \cdot s^{-1}$, respectively.

Table I - Resistance in $cmH_2O \cdot s \cdot L^{-1}$ to Different Airflows through Standard Tubes

Tubes (mm)	Flow ($L \cdot s^{-1}$)					
	0.07	0.1	0.2	0.3	0.5	1
7	2.61	2.5	3.43	4.19	5.44	8.58
7.5	1.89	1.86	1.9	3.28	4	6.49
8	1.35	1.8	2.08	2.78	3.29	5.34
8.5	2.4	1.68	1.52	2.08	2.51	4.23
9	1.35	1.18	1.23	1.57	1.90	3.21
9.5	0.90	0.96	0.92	1.53	1.68	2.59

Tracheal tubes resistance is also progressively lower for larger internal diameters, but this resistance was higher for the same diameter submitted to higher flows, without exceptions (Table II).

Table II - Resistance in cmH₂O.s.L⁻¹ to Different Airflows (L.s⁻¹) through Shortened Tubes Right after Cuff

Tubes (mm)	Flow (L.s ⁻¹)					
	0.07	0.1	0.2	0.3	0.5	1
7	2.34	2.5	3.56	4.33	5.12	7.08
7.5	1.86	1.92	1.99	3.23	3.85	5.37
8	1.50	1.8	1.99	2.8	3.26	4.39
8.5	1.14	0.9	1.52	2.04	2.4	3.34
9	0.81	0.90	0.96	1.50	1.85	3.13
9.5	0.30	0.84	0.90	1.40	1.66	2.54

These trends are best observed when comparing both groups and their resistances. Resistances tend to decrease when tubes are shortened, in spite of non-significant results in some compared measures (Table III). In general, shortened tubes have lower or equal resistance to flow tested in tubes with equal internal diameters.

DISCUSSION

In our study, resistances were lower or the same in shortened tubes as compared to standard tubes. Expiratory flow resistance may result in intrinsic-positive end-expiratory pressure (PEEPi), with alveolar distension and ventilatory mechanics worsening⁵. Inspiratory flow resistance is different from expiratory flow resistance mostly due to turbulent airflow generated at the junction of the distal portion of the tube and airways during expiration⁶. Inspiratory flow is laminar during its travel inside the tube where it is measured, and becomes turbulent only after leaving the tube⁸. Experimentally, inspiratory flow is more reproducible than expiratory flow, reason why it was chosen for this study. In addition, for being laminar inside the tracheal tube, inspiratory flow is governed by Poiseuille's Law⁹. Fresh airflow and tracheal tubes were selected taking into consideration their applicability in anesthesia.

In a previous Brazilian study, mean tidal volume was 600 ml with respiratory rate of 10 incursions per minute and fresh airflow of 2 L.min⁻¹. A mode of inspiratory: expiratory time ratio of 1:2 was also observed³. With these data, one may say that the theoretical inspiratory flow used in anesthesia machines may be close to 38 L.min⁻¹ (0.63 L.s⁻¹). For the tested tubes, if this inspiratory pattern was maintained close to 0.5 L.s⁻¹ it would generate increasing resistive patterns with narrower internal diameters⁷. Our results with 0.5 L.s⁻¹ flows have shown resistance decrease for all comparisons between standard and shortened tubes.

The use of fresh air without controlled humidity may result in different resistances than those observed during clinical use, which may be higher as a consequence of humidity build-up in tubes lumen⁷. This factor was not considered in our experiment due to the interest in determining resistances caused exclusively by standard and shortened tubes, showing the differences caused by simply decreasing their length. Even not finding significant differences between resistances for all comparisons, there is a clear trend for decreased resistances when tubes are shortened for the vast majority of tested airflows.

Tracheal anatomic length may be determined by height. In general, height in centimeters corrected by the factor 0.0846 less 2.32 may estimate tracheal length, from the glottis region to carina bifurcation, with regression value of r = 0.87 (trachea = height x 0.0846 - 2.321¹⁰). This simple calculation suggests a tracheal length of 10.5 to 13 cm for adults between 1.50 to 1.80 m height. Height simulation with this equation has coincided with cadaver measurements performed by the Death Service of São Paulo (Pearson, r² = 1.00, Table IV).

Table III - Resistance in cmH₂O.s.L⁻¹ to Different Airflows through Standard (St) and Shortened (Sh) Tubes and Different p Values for Binary Student's t Test among Values

Size	Tubes																	
	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p	Pd	Dm	p
Flows	7	7		7.5	7.5		8	8		8.5	8.5		9	9		9.5	9.5	
0.07	2.6	2.3	0.07	1.9	1.9	0.87	1.6	1.5	<0.001*	2.4	1.1	<0.001*	1.4	0.8	0.001*	0.9	0.3	<0.001*
0.1	2.5	2.5	1	1.9	1.9	0.374	1.8	1.8	1	1.7	0.9	<0.001*	1.2	0.90	0.178	1.0	0.8	0.18
0.2	3.4	3.6	0.025*	1.9	2.0	0.305	2.1	2.0	0.208	1.5	1.5	1	1.2	1.0	0.009*	0.9	0.9	0.37
0.3	4.2	4.3	0.013*	3.3	3.2	0.305	2.8	2.8	0.778	2.1	2.0	0.178	1.6	1.5	0.099	1.5	1.4	<0.001*
0.5	5.4	5.1	0.078	4	3.9	0.027*	3.3	3.3	0.426	2.5	2.4	0.037*	1.9	1.9	0.371	1.7	1.7	0.34
1	8.6	7.1	<0.001*	6.5	5.4	<0.001*	5.3	4.4	<0.001*	4.2	3.3	<0.001*	3.2	3.1	0.135	2.6	2.5	0.41

* p < 0.05 considered statistically significant for values compared among tubes resistances

Table IV - Correlation (Pearson) among Measurements by the Equation [trachea = height x 0.0846 - 2.32] and Cadaver Measurements, $R^2 = 1.00$. Mean \pm SD in the Last Line

Height (cm)	Equation	Measurement
150	10.5	10.4
150	10.5	10.4
150	10.5	10.4
155	10.9	10.8
155	10.9	10.8
160	11.4	11.2
160	11.4	11.2
160	11.4	11.2
165	11.8	11.6
165	11.8	11.6
165	11.8	11.6
170	12.3	12.1
170	12.3	12.1
170	12.3	12.1
170	12.3	12.1
175	12.8	12.5
175	12.8	12.5
175	12.8	12.5
175	12.8	12.5
175	12.8	12.5
180	13.2	12.9
180	13.2	12.9
185	13.7	13.3
185	13.7	13.3
185	13.7	13.3
190	14.2	13.8
168.8 \pm 11.8	12.2 \pm 1.1	12.0 \pm 1.0

Tracheal tubes may reach 7.5 cm length at the cuff region. These related figures suggest a safety margin when inserting tracheal tubes which however may not be present in the clinical practice resulting in inadvertent selective intubation. The shortening of standard Rusch tubes object of our investigation, has not determined higher resistance to airflows used in anesthesia. This might be an interesting safety factor to decrease the possibility of selective and inadvertent intubation during anesthesia.

Further clinical trials with shortened tubes and patients with preserved pulmonary function or with chronic obstruction may reveal some impact in anesthetic management. Resistance decrease in ventilation circuits may be advantageous during controlled ventilation.

REFERÊNCIAS - REFERENCES

- Auler Jr JOC, Ruiz Neto PP - Alterações pulmonares da anestesia. Rev Bras Anesthesiol, 1992;42:(Supl14):15-24.
- Auler Jr JOC, Slulitel A - Fisiologia Respiratória e Função do Pulmão Durante a Anestesia, em: Lee JM, Auler Jr JOC - Anestesia em Cirurgia Torácica, 1ª Ed, São Paulo, Roca, 2002;33-56.
- Vieira JE, Silva BAR, Garcia Jr D - Padrões de ventilação em anestesia. Estudo retrospectivo. Rev Bras Anesthesiol, 2002;52:756-763.
- Stock MC - Respiratory Function in Anesthesia, em: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK - Clinical Anesthesia, 4th Ed, Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2001;791-812.
- Pilbean SP - Physiological Effects and Complications of Positive Pressure Ventilation, em: Pilbean SP - Mechanical Ventilation. Physiological and Clinical Applications, 3rd Ed, Missouri, Mosby, 1998;140-172.
- Slinger PD, Lesiuk L - Flow resistances of disposable double-lumen, single-lumen and univent tubes. J Cardiothorac Vasc Anesth, 1998;12:142-144.
- Lustosa KC, Schalch E, Vieira JE et al - Resistência ao fluxo de gases através das cânulas de intubação de dupla luz. Rev Bras Anesthesiol, 2002;52:700-706.
- Chang HK, Mortola JP - Fluid dynamic factors in tracheal pressure measurement. J Appl Physiol, 1981;51:218-225.
- Torres MLA, Mathias RS - Física e Anestesia, em: Yamashita AM, Takaoka F, Auler Jr JOC et al - Anestesiologia SAESP, 5ª Ed, São Paulo, Atheneu, 2001;51-68.
- Griscom NT, Wohl MEB - Dimensions of the growing trachea related to body height. Length, anteroposterior and transverse diameters, cross-sectional area, and volume in subjects younger than 20 years of age. Am Rev Respir Dis, 1985;131:840-844.

RESUMEN

Prado FJG, Vieira JE, Benseñor FEM - Resistencia al Flujo de Gases en Cánulas de Intubación Traqueal con Extensión Modelo Diminuido

JUSTIFICATIVA Y OBJETIVOS: La extensión de la porción de la cánula de intubación traqueal después del balón de seguridad puede ser reducida, probablemente sin influencia deletérea en la resistencia al flujo de gases. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de esa reducción sobre diferentes regímenes de flujo inspiratorio.

MÉTODO: Fueron realizadas medidas de resistencia flujo de gases en cánulas con diámetros internos de 7, 7,5, 8, 8,5, 9 y 9,5 milímetros. Las medidas fueron realizadas en cánulas con la extensión modelo y con extensión disminuida en la altura del balón de seguridad. Los flujos fueron situados a 0,07 litros por segundo ($L \cdot s^{-1}$), 0,1; 0,2; 0,33; 0,5 y $1 L \cdot s^{-1}$.

RESULTADOS: Las resistencias obtenidas son progresivamente menores para los diámetros internos más grandes, pero más grande para un mismo diámetro sometido a flujo más intenso, en cánulas con extensiones modelo o reducidas. Las cánulas con extensiones reducidas tienen igual resistencia al flujo testado en cánula con igual diámetro interno.

CONCLUSIONES: Las resistencias se mostraron menores o comparables en las cánulas de intubación traqueal con extensión reducida en relación al tamaño patrón (modelo).