

Como citar este artigo:

Calderon LG, Moreira MM, Barreto G, Tincani AJ. Modelo de tubo endotraqueal de tamanho único para adultos. *einstein* (São Paulo). 2020;18:eAO4805. http://dx.doi.org/10.31744/einstein_journal/2020AO4805

Autor correspondente:

Luiz Guilherme Calderon
Avenida Benjamin Constant – Cambuí
CEP: 13025-005 – Campinas, SP, Brasil
Tel.: (19) 3231-8232
E-mail: lg.calderon@gmail.com

Data de submissão:

19/10/2018

Data de aceite:

22/5/2019

Conflitos de interesse:

não há.

Copyright 2019

Esta obra está licenciada sob
uma Licença *Creative Commons*
Atribuição 4.0 Internacional.

ARTIGO ORIGINAL

Modelo de tubo endotraqueal de tamanho único para adultos

Model of single-sized endotracheal tube for adults

Luiz Guilherme Calderon¹, Marcos Mello Moreira¹, Gilson Barreto¹, Alfio José Tincani¹

¹ Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.

DOI: 10.31744/einstein_journal/2020AO4805

RESUMO

Objetivo: Simular diferentes diâmetros de tubos endotraqueais e verificar os aspectos fluidinâmicos, considerando medições de fluxo e resistência. **Métodos:** Foi utilizado um software de fluidinâmica para calcular o fluxo médio e a resistência das vias aéreas nos tubos endotraqueais com diâmetro de 6,0, 7,0, 7,5, 8,0, 9,0 e 10,0mm, em temperatura corporal normal e pressão constante. As mesmas medidas foram realizadas na fusão dos primeiros 22cm de um tubo endotraqueal de 9,0 e 10,0mm de diâmetro, com a parte terminal em 12cm de um tubo endotraqueal de 6,0 e 7,0mm de diâmetro. **Resultados:** A fusão dos primeiros 22cm de um tubo endotraqueal de diâmetro 10,0 mm com a parte terminal em 12cm de um tubo endotraqueal de 6,0mm de diâmetro, preservando o comprimento total de 34cm, gerou fluxo médio e resistência de vias aéreas semelhantes aos de um tubo endotraqueal convencional de 7,5mm. **Conclusão:** Um tubo endotraqueal de tamanho único pode facilitar a intubação endotraqueal, sem causar aumento de resistência na via aérea.

Descritores: Resistência das vias respiratórias; Intubação intratraqueal; Intubação traqueal; Taxa de fluxo

ABSTRACT

Objective: To simulate different diameters of endotracheal tubes and to verify the fluid dynamics aspects by means of flow and resistance measurements. **Methods:** Fluid dynamics software was used to calculate mean flow and airway resistance in endotracheal tube with a diameter of 6.0, 7.0, 7.5, 8.0, 9.0 and 10.0mm at normal body temperature and under constant pressure. The same measurements were taken in the fusion of the first 22cm of a 9.0mm endotracheal tube with 10.0mm diameter, and with the end part in 12cm of a 6.0mm endotracheal tube with 7.0mm diameter. **Results:** The fusion of the first 22cm of an endotracheal tube of 10.0mm diameter with the terminal part in 12cm of an endotracheal tube of 6.0mm diameter, preserving the total length of 34cm, generated average flow and airway resistance similar to that of a conventional 7.5mm endotracheal tube. **Conclusion:** This simulation study demonstrates that a single-sized endotracheal tube may facilitate endotracheal intubation without causing increased airway resistance.

Keywords: Airway resistance; Intubation, intratracheal; Tracheal intubation; Flow rate

INTRODUÇÃO

A intubação orotraqueal (IOT), procedimento utilizado em casos em que há necessidade de ventilação mecânica invasiva, foi descrita pela primeira vez em 1543 por Andreas Vesalius.⁽¹⁻⁴⁾ Um tubo endotraqueal (TET) permite não somente uma ventilação eficiente, mas também evita a possível entrada de conteúdo gástrico e oral para o interior dos pulmões, quando dotado de balonete ou *cuff*.⁽³⁾

A ideia de um TET modificado já data na literatura desde 1945, quando Cole^(5,6) propôs um modelo para ser utilizado em neonatologia e pediatria.

Esse modelo ganhou popularidade devido à proposta de fácil introdução do dispositivo e redução de aproximadamente 50% da resistência ao fluxo em relação ao TET cilíndrico convencional, com impacto direto na diminuição do trabalho respiratório.⁽⁷⁾

Um TET único para adultos deve, sobretudo, preservar a condição ventilatória ideal para a ventilação mecânica ótima, evitando aumento da resistência das vias aéreas (Rva). Essa característica pode ser baseada na lei de Poiseuille, que estabelece que o fluxo (F), por meio de um determinado tubo, é resultado da diferença de pressão (P) de uma extremidade a outra, do comprimento (l) e raio (r) desse tubo, além da viscosidade (μ) do fluido.⁽⁸⁾ É aplicada a tubos rígidos, raios constantes e expressa pela seguinte fórmula:

$$F = \frac{\mu r^4 P}{8 \mu L}$$

O fluxo é diretamente proporcional à quarta potência do raio, o que demonstra que o diâmetro do tubo representa o papel principal dentre todos os fatores determinativos da velocidade do fluxo de certo fluido por meio deste.⁽⁹⁾

OBJETIVO

Verificar os aspectos fluidinâmicos considerando medições de fluxo e resistência em diferentes diâmetros de tubos endotraqueais convencionais e fundidos.

MÉTODOS

Foi utilizado o software *Computational Fluid Dynamics* (CFD), no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron em Campinas (SP) Brasil, na Divisão de Engenharia para calcular o fluxo médio em diferentes diâmetros de TET.

As simulações foram realizadas utilizando pressão constante de 25cmH₂O, temperatura corporal de 36°C em TETs com comprimento total de 34cm. Os valores de fluxo médio e resistência calculada de vias aéreas (Rva) foram registrados em dois momentos:

- Momento 1 – TET convencional (TETc): foram medidos os valores da velocidade de entrada e saída de fluxo e Rva em TETc com diâmetros de 6,0, 7,0, 7,5, 8,0, 9,0 e 10,0cm (Figura 1).
- Momento 2 – TET fundido (TETf): desenvolvemos, pelo CFD, quatro tipos de TET, que denominamos de TETf. Os tubos foram fundidos com 22 mais 12cm, totalizando o tamanho de 34cm do TETc. Os diâmetros de 9,0 e 10,0mm tinham 22cm, e os diâmetros de 6,0 e 7,0mm tinham 12cm de comprimento, criando os TETf: 9,0/6,0mm; 10,0/6,0mm; 9,0/7,0mm; 10,0/7,0mm (Figura 2).

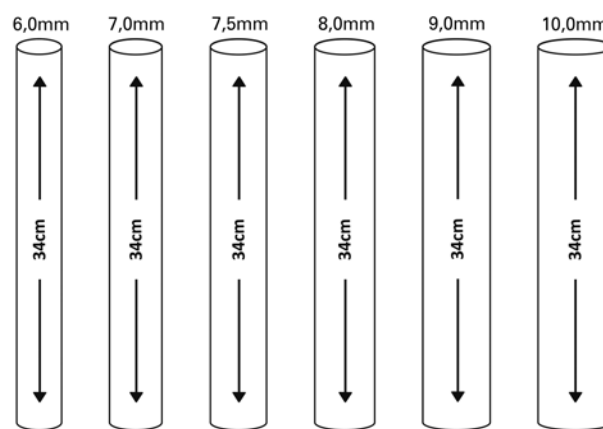


Figura 1. Seis modelos de tubo endotraqueal convencional utilizados, com seu diâmetro e comprimento

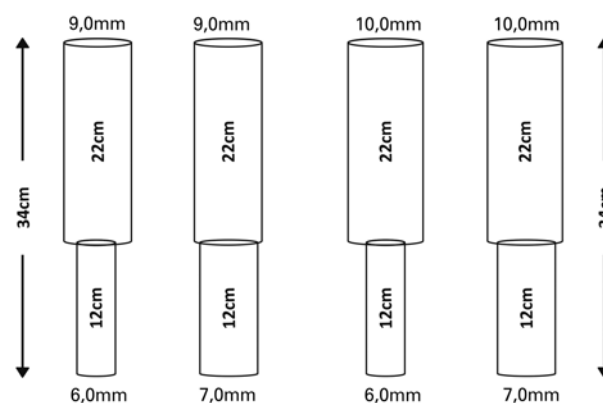


Figura 2. Quatro modelos de tubos endotraqueais fundidos utilizados, demonstrando o comprimento em cada diâmetro e comprimento total

Foram medidos os valores da velocidade de entrada e saída de fluxo e Rva em TETf. Em ambos os momentos, o valor do fluxo de entrada e saída de cada TET foi somado e dividido por dois, para obter o fluxo médio.

Aspectos éticos

Trata-se de estudo de simulação, envolvendo medidas de fluidodinâmica de um modelo de TET, calculadas por um software. Por não se tratar de pesquisa envolvendo seres humanos e/ou animais, o presente estudo dispensou submissão à apreciação da Comissão de Ética em Pesquisa (Resolução CNS 466/12).

RESULTADOS

Os resultados de fluxo médio e Rva foram obtidos utilizando o software da ANSYS e estão descritos na tabela 1 e 2. Em um TETf de 10,0/6,0mm, o fluxo médio foi de 99,6Lpm e a Rva de 15,69cmH₂O/L/s – valores semelhantes aos de um TETc de 7,5mm.

Tabela 1. Cálculo de fluxo e resistência calculada de vias aéreas em diferentes diâmetros de tubo endotraqueal convencional

Diâmetro (mm)	Fluxo médio (Lpm)	Rcva (cmH ₂ O/L/s)
6,0	64,3	23,34
7,0	92,6	16,19
7,5	105,7	14,20
8,0	127,0	11,81
9,0	168,0	8,92
10,0	209,3	7,16

Rcva: resistência calculada de vias aéreas.

Tabela 2. Cálculo de fluxo e resistência calculada de vias aéreas em diferentes diâmetros de tubo endotraqueal fundido

Diâmetro (mm)	Fluxo médio (Lpm)	Rcva (cmH ₂ O/L/s)
9,0/6,0	94,8	15,82
10,0/6,0	99,6	15,69
9,0/7,0	127,7	11,74
10,0/7,0	134,6	11,14

Rcva: resistência calculada de vias aéreas.

DISCUSSÃO

A ventilação mecânica invasiva é frequentemente necessária para o sucesso do tratamento da insuficiência respiratória aguda. Assim, considera-se como medida importante e capaz de salvar a vida dos pacientes em estado crítico.⁽¹⁰⁾

O desenvolvimento de um TET de tamanho único para a população adulta, com diâmetro variável ao longo do comprimento, parece ser alternativa que não aumenta a resistência ao fluxo de ar, facilita a IOT especialmente em cenários de urgência e emergência, e reduz a necessidade de amplo repertório de tamanhos de dispositivos à disposição do médico.

O tubo traqueal de Cole foi desenvolvido pelo anestesiológico Frank Cole, em 1945,⁽⁵⁾ quando a anestesia endotraqueal em lactentes e crianças pequenas ainda era incomum. Anestesia endotraqueal refere-se à administração de gases anestésicos por meio de um TET inserido através da orofaringe ou nasofaringe, até alcançar a laringe e traqueia. Os TET infantis precisam ter diâmetro estreito para acessar a laringe. Os diâmetros dos tubos mais estreitos causam mais resistência ao fluxo de ar através do tubo e podem aumentar o trabalho respiratório. Cole criou seu TET para ser mais estreito apenas onde deveria estar posicionado: abaixo da laringe.⁽¹¹⁾ Considerando a mesma hipótese de Cole, para pacientes adultos, tubos com menor diâmetro também causam maior resistência durante a ventilação.

Todos os protótipos dos TETs projetados até o momento se concentram na população pediátrica e ainda são raramente utilizados.⁽¹²⁾ Se desenvolvidos para os pacientes adultos, tais modelos poderiam gerar benefícios como maior chance de sucesso ao inserir o TET. Além disso, uma possível redução nas despesas poderia ser avaliada.

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que o TETc de 8,0mm apresentou fluxo médio (127,0Lpm) e Rcva (11,81cmH₂O/L/s) semelhantes a um TETf 9,0/7,0 em relação ao fluxo médio (127,7Lpm) e Rcva (11,74cmH₂O/L/s). No entanto, apesar dos valores serem próximos, a utilização do TETf 9,0/7,0mm poderia não ser tão benéfica em comparação ao TETf 10,0/6,0mm em relação à facilidade de intubar o paciente com um tubo que possui diâmetro distal menor.

A ideia de utilizar um TETf com diâmetro distal de 6,0mm é facilitar a intubação em cenários de urgência e emergência, e que também possa ser utilizado nas intubações eletivas, para procedimentos cirúrgicos. Além disso, ainda são necessários mais estudos para determinar a necessidade de balonete, ou se esse protótipo poderia ser desenvolvido em formato cônico, podendo eliminar o *cuff*. Porém, neste estudo de simulação, não foram desenvolvidos TET com *cuff*, e outros estudos são necessários para avaliar a necessidade ou não do balonete.

Limitações do estudo

Por se tratar de um estudo utilizando um software computacional, algumas variáveis, como temperatura corporal e pressão ajustada, podem gerar variações nos valores medidos de fluxo de entrada e saída, quando comparados a um estudo de bancada.

CONCLUSÃO

A fluidodinâmica utilizando um software sugere que a fusão de 22cm iniciais de um tubo endotraqueal com 10,0mm de diâmetro e os 12cm terminais de um tubo endotraqueal com 6,0mm de diâmetro pode correlacionar-se com tubo endotraqueal convencional de 7,5mm em relação ao fluxo médio e resistência calculada de vias aéreas.

A eliminação dos tamanhos de tubo endotraqueal convencional de diâmetros 6,0mm, 6,5mm, 7,0mm e 7,5mm pode gerar redução nos custos de serviços médicos. Como essa análise não foi parte integrante dos objetivos deste trabalho, estudos futuros são necessários para determinar essa estimativa.

Ter um tubo endotraqueal de tamanho único pode ser benéfico, já que poderia facilitar a intubação orotraqueal com a utilização de um tubo endotraqueal fundido de 10,0/6,0mm, sem causar aumento da resistência calculada de vias aéreas. No entanto, este é apenas um estudo de simulação computacional.

INFORMAÇÃO DOS AUTORES

Calderon LG: <http://orcid.org/0000-0001-8294-8097>

Moreira MM: <http://orcid.org/0000-0002-2148-5479>

Barreto G: <http://orcid.org/0000-0002-7105-3519>

Tincani AJ: <http://orcid.org/0000-0001-6193-2686>

REFERÊNCIAS

1. Mitchell MD, Bailey CM. Dangers of neonatal intubation with the Cole tube. *BMJ*. 1990;301(6752):602-3.
2. Brewis C, Pracy JP, Albert DM. Localized tracheomalacia as a complication of the Cole tracheal tube. *Paediatr Anaesth*. 1999;9(6):531-3.
3. Antonelli RO, Moreira MM, Martins LC, Negro MS, Baldasso TA, Tincani AJ. Evaluation of the efficiency of the atraumatic endotracheal tube in the pulmonary-gas exchange: an experimental study. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2015;30(6):668-72.
4. Luna CM, Legarreta G, Esteva H, Laffaire E, Jolly EC. Effect of tracheal dilatation and rupture on mechanical ventilation using a low-pressure cuff tube. *Chest*. 1993;104(2):639-40.
5. Cole F. An endotracheal tube for babies. *Anesthesiology*. 1945;6:627.
6. Manczur T, Greenough A, Nicholson GP, Rafferty GF. Resistance of pediatric and neonatal endotracheal tubes: influence of flow rate, size, and shape. *Crit Care Med*. 2000;28(5):1595-8.
7. Benumof JL, Cooper SD. Quantitative improvement in laryngoscopic view by optimal external laryngeal manipulation. *J Clin Anesth*. 1996;8(2):136-40.
8. Mehta S, Mickiewicz M. Pressure in large volume, low pressure cuffs: its significance, measurement and regulation. *Intensive Care Med*. 1985;11(5):267-72.
9. Sociedade de Anestesiologia do Estado de São Paulo (SAESP). *Anestesiologia*. 5ª ed. São Paulo: Atheneu; 2001. p. 63-4.
10. Ramirez P, Bassi GL, Torres A. Measures to prevent nosocomial infections during mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(1):86-92. Review.
11. Cole F. Two new modifications of the endotracheal tube. *J Am Med Assoc*. 1957;165(2):149-50.
12. Stankiewicz B, Darowski M, Glapinski J, Rawicz M, Michnikowski M, Guc M, et al. A new endotracheal tube for infants—laboratory and clinical assessment: a preliminary study. *Paediatr Anaesth*. 2013;23:440-5.