



REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia
www.sba.com.br



ARTIGO CIENTÍFICO

Fatores de risco para hipoxemia intraoperatória durante ventilação monopulmonar: estudo observacional



Han-Yun Yao^{a,b}, Tsun-Jui Liu^{b,c} e Hui-Chin Lai^{b,c,d,*}

^a Taipei Medical University, Wan Fang Hospital, Department of Anesthesiology, Taipei, Taiwan

^b Taichung Veterans General Hospital, Cardiovascular Center and Department of Medicine, Chiayi, Taiwan

^c National Yang-Ming University, School of Medicine, Department of Medicine, Taipei, Taiwan

^d Taichung Veterans General Hospital, Department of Anesthesiology, Taichung, Taiwan

Recebido em 28 de outubro de 2018; aceito em 3 de março de 2019

PALAVRAS-CHAVE

Brônquio principal esquerdo;
Duplo lúmen;
Ventilação monopulmonar;
Dessaturação

Resumo

Justificativa: Os tubos endotraqueais de duplo lúmen (*Double-lumen tubes* – DLTs) para intubação seletiva esquerda têm sido amplamente utilizados em procedimentos torácicos, esofágicos, vasculares e mediastinais para proporcionar a separação dos pulmões. Com a falta de diretrizes claras, os anestesiológistas geralmente selecionam os tubos com base em sua experiência com os tubos endotraqueais de duplo lúmen de 35 e 37 Fr, os mais comumente usados. Nossa hipótese foi que os pacientes com um brônquio principal esquerdo de menor comprimento (< 40 mm) apresentavam uma chance maior de sofrer dessaturação durante a ventilação monopulmonar, devido à obstrução do orifício do lobo superior esquerdo com o tubo brônquico. **Métodos:** No total, 360 pacientes submetidos à intubação seletiva esquerda mediante o uso de tubo de duplo lúmen foram incluídos no estudo entre setembro de 2014 e agosto de 2015. Idade, sexo, altura, peso e doença de base foram registrados, junto do tipo de procedimento cirúrgico e os episódios de dessaturação. Além disso, a largura da traqueia e a largura e comprimento do brônquio esquerdo foram medidos por meio de tomografia computadorizada. **Resultados:** Os pacientes com comprimento do brônquio principal esquerdo inferior a 40 mm, submetidos à intubação seletiva esquerda com tubos endotraqueais de duplo lúmen, tiveram incidência significativamente maior de dessaturação (Odds Ratio – OR: 8,087) durante a ventilação monopulmonar. Outros fatores relacionados aos pacientes e identificados como risco de desenvolver hipoxemia foram diabetes *mellitus* (OR: 5,368), cirurgia de colapso direito (OR: 4,933) e IMC (OR: 1,105).

* Autor para correspondência.

E-mail: 854k854k@gmail.com (H-C. Lai).

KEYWORDS

Left main bronchus;
Double lumen;
Monopulmonary
ventilation;
Desaturation

Conclusões: Identificamos que os pacientes com comprimento do brônquio principal esquerdo inferior a 40 mm apresentam grande chance de dessaturação, principalmente se outros fatores de risco para dessaturação estiverem presentes.

© 2019 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Risk factors for intraoperative hypoxemia during monopulmonary ventilation: an observational study**Abstract**

Background: Left double-lumen endotracheal tubes have been widely used in thoracic, esophageal, vascular, and mediastinal procedures to provide lung separation. Lacking clear objective guidelines, anesthesiologists usually select appropriately sized double-lumen endotracheal tubes based on their experience with 35 and 37 Fr double-lumen endotracheal tubes, which are the most commonly used. We hypothesized the patients with a left main bronchus of shorter length (<40 mm) had a greater chance of experiencing desaturation during one lung ventilation, due to obstruction in the orifice of the left upper lobe with the bronchial tube.

Methods: We included 360 patients with a left double-lumen intubated between September 2014 and August 2015. The patient's age, sex, height, weight, and underlying disease were recorded along with type of surgical procedure and the desaturation episodes. In addition, the width of the trachea and the width and length of the left bronchus were measured using computed tomography.

Result: Patients with a left main bronchus length of less than 40 mm who underwent intubation with a left double-lumen endotracheal tubes had significantly higher incidence of desaturation (Odds Ratio (OR): 8.087) during one-lung ventilation. Other related factors of patients identified to be at risk of developing hypoxia were diabetes mellitus (OR: 5.368), right side collapse surgery (OR: 4.933), and BMI (OR: 1.105).

Conclusions: We identified that patients with a left main bronchus length of less than 40 mm have a great chance of desaturation, especially if other desaturation risk factors are present.

© 2019 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

A ventilação monopulmonar com tubos endotraqueais de duplo lúmen (*Double-lumen tubes* [DLTs]) é um método que facilita de modo relativamente eficaz a exposição cirúrgica em cavidades pulmonares durante procedimentos torácicos.¹ Para obter sucesso no isolamento e na oxigenação pulmonar, tanto o posicionamento adequado do paciente quanto o tamanho apropriado do DLT são necessários.²⁻⁴ A escolha do tamanho do tubo foi previamente determinada por meio de imagens e baseia-se na altura e no diâmetro traqueal ou brônquico do paciente para evitar lesão das vias aéreas ou vazamento de ar.^{2,5,6} DLTs com diâmetro superior a 35 Fr não foram recomendados para intubação em pacientes com altura < 160 cm, diâmetro traqueal < 15 mm ou diâmetro brônquico < 10 mm.^{7,8} Esses estudos tiveram como foco o diâmetro da traqueia ou do brônquio.^{9,10}

No entanto, o comprimento do brônquio principal esquerdo (BPE) do paciente também é importante. De acordo com dados estatísticos, a distância do balonete brônquico proximal à ponta brônquica distal correlaciona-se com o tamanho do DLT do lado esquerdo (fig. 1).¹¹ Em pacientes

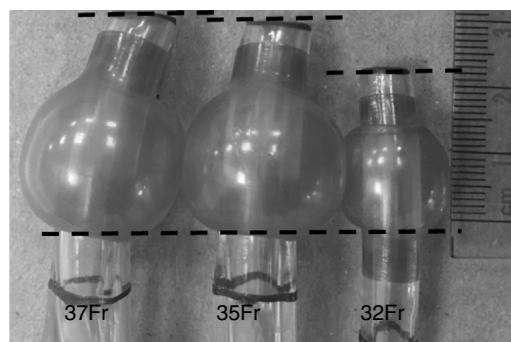


Figura 1 Diferença do balonete à ponta de aproximadamente 1 cm entre o DLT de 32 Fr e outros DLTs devido às diferentes superfícies articulares no balonete brônquico.

com um brônquio principal esquerdo muito curto, o comprimento da ponta do balonete é maior do que o comprimento do brônquio esquerdo e a ponta do tubo de duplo lúmen obstruirá facilmente o orifício do lobo superior esquerdo.^{12,13} Mesmo que o tubo de duplo lúmen seja retirado, o balonete brônquico ainda pode herniar para a carina. Tanto o

vazamento do balonete quanto a pressão excessiva nas vias aéreas podem ocorrer durante a ventilação monopulmonar. Todas essas situações levariam à dessaturação.

O presente estudo enfatizou o comprimento do brônquio principal esquerdo como um fator essencial para o sucesso da ventilação monopulmonar. Os pacientes com brônquios principais esquerdos curtos apresentaram uma tendência à hipóxia no período perioperatório porque o tubo obstruiu o orifício do lobo superior esquerdo. Com base nessa hipótese, este estudo foi concebido para investigar se o brônquio principal esquerdo curto afetou a incidência de hipóxia durante a ventilação monopulmonar e explorar as variáveis clínicas relacionadas que foram preditivas de eventos de dessaturação em cirurgia torácica.

Métodos

Os pacientes submetidos à cirurgia torácica entre setembro de 2014 a agosto de 2015 precisaram de intubação com DLTs (Bronchocath, Mallinckrodt, Athlone, Irlanda) do lado esquerdo. Eles também fizeram uma tomografia computadorizada (TC) de tórax um mês antes da cirurgia programada, e foram avaliados retrospectivamente. Os pacientes que já haviam sido submetidos à intubação traqueal ou cuja imagem de TC mostrasse anatomia distorcida da árvore traqueobrônquica foram excluídos do estudo. Caso mais de um procedimento cirúrgico torácico tivesse sido feito em um único paciente, apenas o primeiro seria adotado para a análise dos resultados. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Revisão Institucional para Pesquisa com Seres Humanos e o mesmo comitê também dispensou a exigência de assinatura em termo de consentimento livre e esclarecido.

Tomografia computadorizada

Todas as imagens de TC foram feitas com multidetectores de 64 cortes e seções de 1,25 mm de espessura em uma única respiração (prendendo-a), cobriram todo o pulmão. Um anestesiolologista quantificou o diâmetro da traqueia e o diâmetro do brônquio principal esquerdo, bem como o comprimento do brônquio principal esquerdo, com o programa Picture Archiving and Communication System.

O diâmetro traqueal foi medido no nível interclavicular.¹⁰ O diâmetro do brônquio principal esquerdo foi medido 2 cm abaixo da carina (fig. 2)¹⁴ e o comprimento do brônquio principal esquerdo foi definido como a distância entre a carina e a bifurcação do brônquio esquerdo nas incidências coronais da tomografia computadorizada (fig. 2). Para minimizar os erros, todas as medidas foram feitas em uma imagem aumentada em 300% para a traqueia e 150% para o brônquio principal esquerdo.

As distâncias da borda proximal do balonete brônquico até as extremidades dos tubos brônquicos eram geralmente maiores do que 3 cm para os DLTs esquerdos Mallinckrodt de 35 Fr e 37 Fr, mas substancialmente menores do que 3 cm para o DLT de 32 Fr.⁴ Assumimos que a ponta brônquica permite uma faixa de segurança de 1 cm por ser móvel durante a ventilação monopulmonar. Quando os pacientes têm um brônquio principal esquerdo curto (isto é, < 4 cm), os



Figura 2 O comprimento do brônquio principal esquerdo foi medido da ponta da bifurcação traqueal ao ponto de inflexão do orifício da bifurcação proximal esquerda.

tubos têm uma chance maior de obstrução no lobo superior esquerdo.

Parâmetros clínicos

Todos os dados clínicos desses pacientes foram obtidos de prontuários médicos e registros de anestesia. Os fatores pré-operatórios, como demografia basal e comorbidades, foram registrados, bem como os fatores intraoperatórios, inclusive o tipo de cirurgia, o tamanho dos DLTs esquerdos e o lado do pulmão colapsado.

Após a indução da anestesia geral, os pacientes foram intubados com tubos de duplo lúmen de 32–37 Fr. A posição correta dos tubos endotraqueais foi confirmada através de ausculta e fibrobroncoscopia.

Definição de dessaturação perioperatória

Um evento hipoxêmico foi definido como uma redução na saturação periférica de oxigênio (SpO_2) inferior a 93% ou na pressão arterial parcial de oxigênio (PaO_2) inferior a 69 mmHg, medida por oximetria de pulso ou gasometria arterial, com oxigênio a 100% durante a ventilação monopulmonar.

Análise estatística

As variáveis contínuas foram expressas em média (DP). As análises de regressão logística, univariada seguida de multivariada, foram usadas para identificar correlações independentes entre os eventos hipoxêmicos. As variáveis categóricas, como características demográficas, comorbidades e parâmetros operatórios e anestésicos, foram incluídas na análise de regressão. As variáveis foram testadas em um modelo de regressão logística multivariada

Tabela 1 Características demográficas e comorbidades dos pacientes submetidos à cirurgia torácica com tubo endotraqueal de duplo lúmen

<i>Idade (anos)</i>	57,6 ± 13,7
<i>IMC (kg.m⁻²)</i>	23,9 ± 4
<i>Homens, n (%)</i>	207 (57,5%)
<i>Faixa etária, n (%)</i>	
< 65 anos	241 (66,94%)
65–74 anos	83 (23,1%)
≥ 75 anos	36 (10%)
<i>Doenças coexistentes, n (%)</i>	
HT	111 (30,8%)
DM	36 (10%)
DAC	11 (3,1%)
DPOC	17 (4,7%)
IC	7 (1,9%)
Creatinina > 2,0 mg.dL ⁻¹	3 (0,8%)
AVC	5 (1,4%)
<i>Tipos de cirurgia, n (%)</i>	
Mediastinotomia, pleurodese ou outras	13 (3,6%)
Decorticação pleural	15 (4,2%)
Esofagectomia aberta	28 (7,8%)
Toracoscopia cirúrgica	248 (68,9%)
Toracotomia aberta	55 (15,3%)
Colapso do pulmão direito	140 (38,9%)

AVC, acidente vascular cerebral; DAC, doença arterial coronariana; DM, diabetes mellitus; DPOC, doença pulmonar obstrutiva crônica; HT, hipertensão; IC, insuficiência cardíaca; IMC, índice de massa corporal.

condicional para avaliar se os seus valores-*p* univariados, definidos para indicar significância estatística, eram inferiores a 0,05. As razões de chance (*odds ratio* – OR) e os intervalos de confiança (IC) de 95% da análise de regressão logística foram usados como estimativas de risco relativo. Todas as análises foram feitas no programa SPSS versão 22.0 (SPSS, Chicago, IL).

Resultados

De setembro de 2014 a agosto de 2015, 360 pacientes (207 homens, 153 mulheres) sem dessaturação de oxigênio no pré-operatório foram incluídos no banco de dados. Os dados referentes à demografia, doença coexistente, ao tipo de cirurgia e lado do pulmão colapsado são apresentados na [tabela 1](#).

Uma incidência de 9,2% de dessaturação foi observada durante a ventilação monopulmonar em nosso estudo. Eventos hipoxêmicos foram observados em 4,7% dos pacientes que apresentaram queda na PaO₂ ≤ 69 mmHg e em 8,3% dos pacientes que apresentaram SpO₂ ≤ 93%, mesmo quando ventilados com fração inspirada de oxigênio (FiO₂) de 1,0 ([tabela 2](#)).

Os parâmetros das dimensões das vias aéreas, inclusive os diâmetros da traqueia e do brônquio principal esquerdo, bem como os comprimentos dos brônquios principais esquerdos, são apresentados na [tabela 3](#).

Tabela 2 Incidência de dessaturação durante ventilação monopulmonar

<i>Ventilação monopulmonar PaO₂ (mmHg)</i>	165,9 ± 91,6
<i>Ventilação monopulmonar SpO₂ (%)</i>	97,9 ± 3,1
<i>Dessaturação durante ventilação monopulmonar, n (%)</i>	
PaO ₂ ≤ 69 mmHg durante ventilação monopulmonar	17 (4,7%)
SpO ₂ ≤ 93% durante ventilação monopulmonar	30 (8,3%)
PaO ₂ ≤ 69 mmHg ou PaO ₂ ≤ 93% durante ventilação monopulmonar	33 (9,2%)

Alguns pacientes apresentaram ventilação monopulmonar tanto com PaO₂ ≤ 69 mmHg quanto com SpO₂ ≤ 93%.

PaO₂, pressão parcial de oxigênio; SpO₂, saturação de oxihemoglobina pela oximetria de pulso.

Tabela 3 Diâmetro traqueal A-P, diâmetro do brônquio principal esquerdo e comprimento do brônquio principal esquerdo, medidos por tomografia computadorizada

<i>TC do diâmetro traqueal A-P (cm)</i>	1,7 ± 0,3
<i>TC do diâmetro do brônquio principal esquerdo (cm)</i>	1,3 ± 0,2
<i>TC do comprimento do brônquio principal esquerdo (cm)</i>	4,8 ± 0,5
<i>TC do comprimento do brônquio principal esquerdo (cm), n (%)</i>	
≤ 4 cm	21 (5,8%)
> 4 cm, ≤ 4,5 cm	97 (26,9%)
> 4,5 cm, ≤ 5 cm	147 (40,8%)
> 5 cm	95 (26,4%)

TC, tomografia computadorizada.

Os pacientes com um brônquio principal esquerdo inferior a 4 cm foram classificados como portadores de brônquio principal esquerdo curto, de acordo com a nossa hipótese neste estudo. Análises de regressão logística múltipla revelaram que a presença de um brônquio principal esquerdo curto (OR = 8,087), diabetes mellitus (OR = 5,414), colapso do pulmão direito (OR = 5,062) e IMC elevado (OR = 1,106) é preditiva de hipóxia ([tabela 4](#)).

Além disso, as análises de regressão logística múltipla constataram que sexo (OR = 0,148) e baixa estatura (OR = 0,915) são preditivos de brônquio principal esquerdo curto ([tabela 5](#)).

Discussão

Para evitar lesões mecânicas das vias aéreas, os anestesiolistas geralmente escolhem o DLT com base no diâmetro da traqueia ou do brônquio principal esquerdo. Porém, em nosso estudo, enfatizamos a importância do comprimento do brônquio principal esquerdo. Os pacientes com brônquio esquerdo curto intubados com o DLT esquerdo de tamanho habitual apresentaram risco, independentemente de dessaturação intraoperatória.

Tabela 4 Análise de regressão logística multivariada para os fatores que predizem hipóxia durante a ventilação monopulmonar

Modo multivariado	Odds ratio	IC 95%	p
CBPE $\leq$ 4 cm	8,087	2,537–25,778	< 0,001 ^a
Colapso do pulmão direito	5,062	1,796–14,262	0,002 ^a
IMC	1,106	1,009–1,212	0,031 ^a
DM	5,414	2,128–13,769	< 0,001 ^a

CBPE, comprimento do tronco do brônquio principal esquerdo; DM, diabetes *mellitus*; IC, intervalo de confiança; IMC, índice de massa corporal.

^a $p < 0,05$.

Incidência de hipóxia e fatores de risco durante a ventilação monopulmonar

A dessaturação intraoperatória é uma complicação indesejável da ventilação monopulmonar. A incidência de eventos hipoxêmicos em nosso estudo foi de 9,2%, definida por PaO₂ inferior a 69 mmHg ou SpO₂ inferior a 93%. Esse achado foi compatível com o de outro estudo que descobriu uma incidência de 4–10%, considerou como evento hipoxêmico uma PaO₂ inferior a 70 mmHg ou SpO₂ inferior a 90%.¹⁵

Vários fatores relacionados ao paciente, como obesidade mórbida, lobectomia prévia no pulmão contralateral, PaO₂ pré-operatória baixa, volume expiratório forçado alto ou normal no primeiro segundo (VEF-1), ventilação do lado esquerdo no perioperatório e decúbito dorsal, foram considerados fatores de risco significativos para hipóxia.^{16,17} Neste estudo, demonstramos que IMC superior a 30 kg.m⁻² e ventilação do lado esquerdo no perioperatório também são fatores de risco. Além disso, nossas estatísticas mostraram que diabetes *mellitus* e brônquio principal esquerdo curto são os principais preditivos de hipóxia.

De acordo com um estudo anterior, os pacientes diabéticos apresentaram espessamento da membrana basal induzido por hiperglicemia que levou à redução da capacidade de difusão e patologia pulmonar restritiva.^{18,19} Então, a função pulmonar prejudicada resultou em troca gasosa alveolar deficiente e a incompatibilidade da ventilação ou da perfusão poderia explicar por que os pacientes com diabetes *mellitus* são comumente afetados por dessaturação perioperatória.

Em seguida, conjecturamos que a obstrução mecânica das vias aéreas causada por um tubo endotraqueal explicaria o aumento da possibilidade de oxigenação inadequada durante a cirurgia. De acordo com um estudo feito com cadáveres, o comprimento médio do brônquio esquerdo varia de 3,8 a 4,6 cm, com média de 4,2 cm, o que é similar à média de 4,8 $\pm$ 0,5 cm obtida de nossos dados.²⁰ Em nosso estudo, para os pacientes com um brônquio principal esquerdo inferior a 4 cm, o tubo endotraqueal de 32 Fr foi considerado o de melhor ajuste, porque os tubos desse tamanho têm uma distância significativamente menor da ponta distal do tubo brônquico até a borda proximal do balonete brônquico do que os tubos esquerdos de 35 Fr e 37 Fr (fig. 1).²¹ Devido a essa diferença, os tubos esquerdos de 35 Fr e 37 Fr, comumente usados, têm a desvantagem de ser difíceis de posicionar com obstrução parcial ou total do balonete brônquico no orifício do lobo superior esquerdo, especialmente em paciente com brônquio principal esquerdo curto.

Tabela 5 Análise de regressão logística multivariada para os fatores que predizem o comprimento do brônquio principal esquerdo inferior a 4 cm

Modo multivariado	Odds ratio	IC 95%	p
Sexo	0,148	0,028–0,794	0,026 ^a
Altura	0,915	0,845–0,992	0,030 ^a

IC, intervalo de confiança.

^a $p < 0,05$.

Seleção do tamanho tradicional por diâmetro da traqueia ou do brônquio principal esquerdo

Na falta de diretrizes objetivas claras, os anestesiológicos geralmente escolhem o tamanho apropriado do DLT com base no diâmetro da traqueia ou do brônquio principal esquerdo. Um DLT acima do tamanho pode facilmente lesionar as vias aéreas durante a introdução, enquanto um DLT abaixo do tamanho pode lesionar o brônquio devido ao excesso de insuflação do balonete brônquico.²² O diâmetro da traqueia ou do brônquio principal esquerdo pode ser diretamente medido por TC ou radiografia torácica. Estudos indicaram que, quando uma imagem de TC de tórax não está disponível e o brônquio principal esquerdo não é identificado por meio de radiografia torácica, a largura do brônquio principal pode ser indiretamente avaliada de acordo com o diâmetro da traqueia ou da altura do paciente.²³ Através de mensurações baseadas nos diâmetros da traqueia e do brônquio esquerdo podemos escolher um DLT adequado de acordo com o tamanho de seu diâmetro externo.

Seleção do tamanho pelo comprimento do brônquio principal esquerdo

Uma obstrução do orifício brônquico do lobo superior esquerdo poderia facilmente ocorrer na ponta do lúmen do brônquio se um paciente com brônquio principal esquerdo curto for intubado com tubo de duplo lúmen de tamanho grande. Quatro comprimentos (28 Fr, 32 Fr, 35 Fr e 37 Fr) de balonetes e pontas bronquiais foram testados e revelaram que os comprimentos dos brônquios dos pacientes nos grupos 28 Fr e 32 Fr eram substancialmente mais curtos do que os dos pacientes nos grupos 35 Fr e 37 Fr.¹¹ Lee et al. descobriram que os pacientes de baixa estatura têm uma chance maior de apresentar um brônquio principal esquerdo curto e devem ser intubados com um DLT inferior a 35 Fr para evitar dessaturação.¹³ Além disso, observamos diretamente que os

pacientes com brônquios principais esquerdos < 4 cm intubados com um tubo de duplo lúmen superior a 32 Fr podem facilmente sofrer dessaturação durante a ventilação monopulmonar.

Fatores que afetam o comprimento do brônquio principal esquerdo de menos de 4 cm

A incidência de brônquio principal esquerdo curto foi de 5,8% em nosso estudo. Ser do sexo feminino e ter baixa estatura mostrou correlação independente com um comprimento do brônquio principal esquerdo < 4 cm. Esse resultado é consistente com o do artigo de Lee et al., no qual os autores relataram que sexo e altura podem ter uma relação colateral com o comprimento do brônquio principal esquerdo (BPE) do paciente. Para evitar a dessaturação, sugerimos que as medidas do comprimento do BPE via TC de tórax sejam feitas no pré-operatório, especialmente em mulheres com baixa estatura. Caso o comprimento do BPE seja inferior a 4 cm, então a recomendação é que o paciente seja intubado com um DLT inferior a 35 Fr durante a cirurgia torácica.

Limitações

Os pacientes que usaram outros dispositivos de isolamento pulmonar no pré-operatório, como DLT direito ou bloqueador brônquico, não foram incluídos neste estudo. Portanto, a relação entre um brônquio principal esquerdo curto e a dessaturação causada por outros dispositivos requer mais dados para ser discutida.

Conclusão

A hipoxemia durante a ventilação monopulmonar pode comprometer o procedimento cirúrgico e a segurança do paciente. Portanto, é importante prever, prevenir ou tratar os fatores de risco de hipoxemia durante a ventilação monopulmonar.

O comprimento do brônquio principal esquerdo é vital para o sucesso da ventilação monopulmonar. Para escolher um DLT apropriado, os diâmetros da traqueia e do brônquio principal esquerdo, juntamente com o comprimento do brônquio principal esquerdo, são fatores essenciais para garantir que a via aérea do paciente seja mantida intacta e oxigenada. Para obter uma ventilação bem-sucedida, um DLT de 32 Fr deve ser escolhido para o isolamento pulmonar em pacientes com comprimento do brônquio principal esquerdo < 4 cm.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Cohen E. Anesthetic management of one-lung ventilation. In: Cohen E, editor. *The practice of thoracic anesthesia*. Philadelphia, PA: JB Lippincott Co.; 1995. p. 316.
- Slinger P. Choosing the appropriate double-lumen tube: a glimmer of science comes to a dark art. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1995;9:117–8.
- Slinger PD, Campos JH. Anesthesia for thoracic surgery. In: Miller RD, Eriksson LI, Fleisher LA, et al., editors. *Miller's anesthesia*. 7th ed. Philadelphia, PA: Churchill Livingstone/Elsevier; 2009. p. 1819–87.
- Inoue S, Nishimine N, Kitaguchi K, et al. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxaemia during one lung ventilation. *Br J Anaesth*. 2004;92:195–201.
- Sakuragi T, Kumano K, Yasumoto M, et al. Rupture of the left main-stem bronchus by the tracheal portion of a double-lumen endobronchial tube. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1997;41:1218–20.
- Hannallah M, Gomes M. Bronchial rupture associated with the use of a double-lumen tube in a small adult. *Anesthesiology*. 1989;71:457–9.
- Chow MY, Lia BL, Le TW, et al. Predicting the size of a double-lumen endobronchial tube based on tracheal diameter. *Anesth Analg*. 1998;87:158–60.
- Chow MY, Liam BL, Thng CH, et al. Predicting the size of a double-lumen endobronchial tube using computed tomographic scan measurements of the left main bronchus diameter. *Anesth Analg*. 1999;88:302–5.
- Hannallah M, Benumof JL, Silverman PM, et al. Evaluation of an approach to choosing a left double-lumen tube size based on chest computed tomographic scan measurement of left mainstem bronchial diameter. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1997;11:168–71.
- Brodsky JB, Macario A, Mark JB. Tracheal diameter predicts double-lumen tube size: a method for selecting left double-lumen tubes. *Anesth Analg*. 1996;82:861–964.
- Russell WJ, Strong TS. Dimensions of double-lumen tracheobronchial tubes. *Anaesth Intensive Care*. 2003;31:50–3.
- Benumof JL, Partridge BL, Salvatierra C, et al. Margin of safety in positioning modern double-lumen endotracheal tubes. *Anesthesiology*. 1987;67:729–38.
- Lee W, Lee JY, Choi DN, et al. Airway dimensions and margin of safety with the left-sided double-lumen tube in patients of a short stature. *Anesth Pain Med*. 2015;10:110–7.
- Park HP. Appropriate tube size selection based on radiological images. *Korean J Anesthesiol*. 2014;66:181–2.
- Karzai W, Schwarzkopf K. Hypoxemia during one-lung ventilation: prediction, prevention, and treatment. *Anesthesiology*. 2009;110:1402–11.
- Slinger P, Suissa S, Triolet W. Predicting arterial oxygenation during one-lung anaesthesia. *Can J Anaesth*. 1992;39:1030–5.
- Lewis JW Jr, Serwin JP, Gabriel FS, et al. The utility of a double-lumen tube for one-lung ventilation in a variety of noncardiac thoracic surgical procedures. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1992;6:705–10.
- Uz-Zaman S, Banerjee J, Singhamahapatra A, et al. Assessment of lung function by spirometry and diffusion study and effect of glycemic control on pulmonary function in type 2 diabetes mellitus patients of the eastern India. *J Clin Diagn Res*. 2014;8:BC01–4.
- Anandhalakshmi S, Manikandan S, Ganeshkumar P, et al. Alveolar gas exchange and pulmonary functions in patients with type II diabetes mellitus. *J Clin Diagn Res*. 2013;7:1874–7.
- Shaik Z, Ramulu V, Hanimann KS. A study on anatomical dimensions of bronchial tree. *Int J Res Med Sci*. 2017;4:2761–5.
- Partridge L, Russell W. The margin of safety of a left double-lumen tracheobronchial tube depends on the length of the bronchial cuff and tip. *Anaesth Intensive Care*. 2006;34:618–20.
- Hannallah M, Benumof J, Bachenheimer L, et al. The resting volume and compliance characteristics of the bronchial cuff of the left polyvinyl chloride double-lumen endobronchial tubes. *Anesth Analg*. 1993;77:1222–6.
- Brodsky JB, Lemmens HJ. Tracheal width and left double-lumen tube size: a formula to estimate left-bronchial width. *J Clin Anesth*. 2005;17:267–70.