

Módulo 1 - Leitura 3 - Uma Abordagem Prática para Ventilação Monopulmonar em Adultos

V. Ashok e J. Francis*

Norfolk and Norwich University Hospital NHS Trust, Norwich, Reino Unido

*Autor correspondente. E-mail:

Jonathon.francis@nnuh.nhs.uk



Objetivos de Aprendizado

Ao ler este artigo, você deve ser capaz de:

1. Descrever as indicações específicas para ventilação monopulmonar em adultos.
2. Escolher e posicionar corretamente um tubo de duplo lúmen para alcançar o isolamento pulmonar.
3. Gerenciar a ventilação monopulmonar em pacientes com via aérea difícil.
4. Gerenciar eficaz e seguramente a hipoxemia durante a ventilação monopulmonar.



Pontos Chave

1. Com o aumento no número de procedimentos torácicos minimamente invasivos, a ventilação monopulmonar intraoperatória está sendo usada com mais frequência do que antes.
2. Os tubos de duplo lúmen são os dispositivos mais comumente usados para isolamento pulmonar.
3. Um broncoscópio de fibra óptica é essencial para auxiliar no posicionamento, confirmar a posição e solucionar problemas que surgem com o uso de dispositivos de isolamento pulmonar.
4. Um plano claro é essencial para o manejo de pacientes com via aérea difícil (incluindo traqueostomia) que requerem ventilação monopulmonar.
5. A hipoxemia no início da ventilação monopulmonar é comum e deve ser gerenciada de maneira sequencial e passo a passo.

Vighnesh Ashok, FRCA, é um Bolsista de Treinamento Internacional em Anestesiologia no Norfolk and Norwich University Hospital NHS Trust.

Jonathon Francis, FRCA, é um Anestesiologista Consultor no Norfolk and Norwich University Hospital, cujos interesses especializados incluem anestesia para cirurgia torácica e gastrointestinal superior.

Além de seu papel tradicional em cirurgias de ressecção pulmonar, as técnicas de isolamento pulmonar têm sido amplamente utilizadas para permitir a ventilação monopulmonar (OLV) em pacientes submetidos a cirurgias do esôfago, aorta ou coluna torácica.¹ Com o aumento no número de procedimentos combinados minimamente invasivos laparoscópicos e toracoscópicos para cirurgias do trato gastrointestinal superior, o uso de OLV intraoperatória se expandiu além das salas de cirurgia de cirurgia torácica. Um bom conhecimento das diversas técnicas disponíveis para iniciar e manter o OLV é, portanto, essencial para anestesiologistas em geral. Este artigo discutirá os aspectos práticos do isolamento pulmonar em adultos.

Indicações para OLV (Ventilação Monopulmonar)

As técnicas de isolamento pulmonar têm as seguintes aplicações:

Indicações absolutas:

1. Prevenir dano ou contaminação do pulmão saudável
 - Abscesso pulmonar e hemorragia pulmonar
2. Controlar a distribuição da ventilação
 - Fístula broncopleurar, cisto ou bulla importante, ruptura traumática do brônquio
3. Facilitar a lavagem de um único pulmão
 - Fibrose cística, proteinose alveolar pulmonar

Indicações relativas:

1. Melhorar o acesso cirúrgico (forte)
 - Aneurisma aórtico torácico
 - Pneumectomia
 - Cirurgia de redução de volume pulmonar
 - Cirurgia cardíaca minimamente invasiva
 - Lobectomia superior
 - Cirurgia Toracoscópica Assistida por Vídeo

Indicações relativas (mais fracas):

1. Para melhorar o acesso cirúrgico, como em cirurgias esofágicas, lobectomia média e inferior, e redução de massa mediastinal.

Técnicas Disponíveis para OLV (Ventilação Monopulmonar)

Existem três métodos diferentes que podem ser usados para alcançar o isolamento pulmonar e a OLV: tubos de duplo lúmen (TDLs), bloqueadores brônquicos (BBs) e tubos de lúmen único (TLUs) avançados no brônquio principal direito ou esquerdo. Cada um desses dispositivos possui suas próprias vantagens e desvantagens e são discutidos abaixo.

Tubos de Duplo Lúmen

A introdução do design de DLT de Carlen na década de 1950 foi um evento marcante na prática da anestesia torácica em todo o mundo, pois permitiu aos anestesistas, pela

primeira vez, alcançar de forma confiável o isolamento pulmonar. Várias décadas depois e após múltiplas modificações, os TDLs ainda são os dispositivos mais amplamente utilizados para a realização segura de OLV.2

O TDL é um tubo bifurcado com lumens traqueal e endobrônquico separados, que podem ser usados para ventilar cada pulmão independentemente. O lúmen traqueal é projetado para terminar acima da carina, enquanto o lúmen brônquico é angulado para se encaixar no brônquio principal apropriado. O cuff brônquico e sua linha de inflação de balão piloto geralmente são coloridos de azul para fácil identificação (Figura 1). Os TDLs para o lado direito e esquerdo diferem em seu design básico devido às diferenças anatômicas cruciais entre os brônquios principais direito e esquerdo. O brônquio principal direito é mais curto, reto e mais largo do que o brônquio principal esquerdo. Além disso, a origem do brônquio do lobo superior direito é muito próxima à origem do brônquio principal direito. É por esses motivos que os TDLs para o lado direito têm um cuff modificado e uma abertura lateral (olho de Murphy) no tubo endobrônquico para permitir a ventilação do lobo superior direito (Figura 2).3 Embora os TDLs baseados em cloreto de polivinila com design modificado de Robertshaw sejam os mais amplamente usados, os TDLs descartáveis de borracha, baseados no design original de Robertshaw, também estão disponíveis.

Antes e durante o uso de um TDL, as seguintes perguntas precisam ser respondidas.

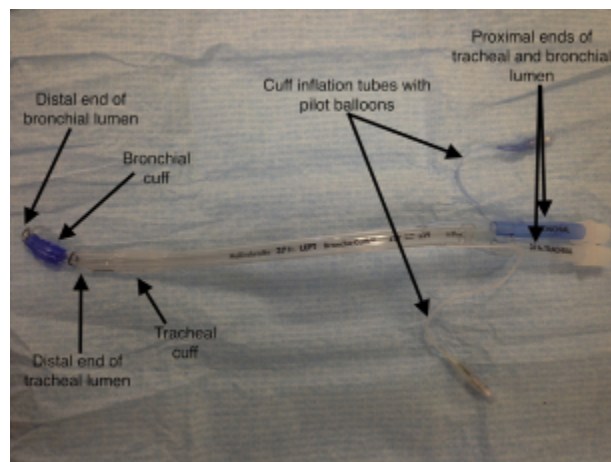


Figura 1 - Principais características de um tubo de duplo lúmen do lado esquerdo.

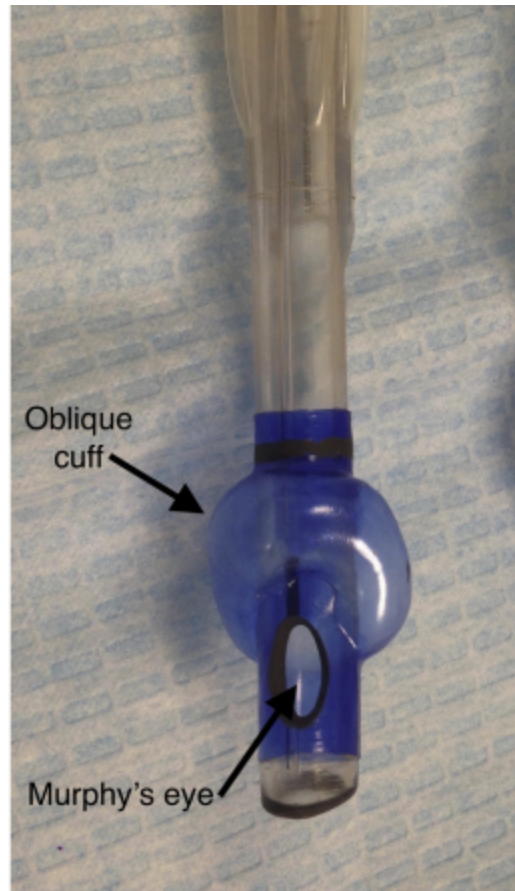


Figura 2 - Olho de Murphy e cuff brônquico oblíquo de um tubo de duplo lúmen do lado direito.

1. Que tipo (ou seja, lado) de TDL é necessário?

Embora a maioria dos procedimentos torácicos eletivos possa ser realizada com sucesso com um TDL do lado esquerdo,² existem algumas indicações específicas para o uso de um TDL do lado direito (Tabela 1). A cirurgia toracoscópica envolve o uso de instrumentos longos, e a presença de um tubo do lado esquerdo na cirurgia do pulmão esquerdo pode dificultar a manipulação cirúrgica do brônquio. Portanto, alguns cirurgiões preferem que o pulmão operativo (ou seja, esquerdo) esteja livre de tubos. Além disso, com o paciente na posição lateral e flexionado lateralmente, pode haver obstrução parcial da traqueia distal. Portanto, ventilar o pulmão dependente através do lúmen traqueal pode ser difícil, exigindo pressões mais altas. Também existe o risco de aprisionamento de ar nesse pulmão.

2. Que tamanho de TDL escolhemos?

Os TDLs para adultos geralmente estão disponíveis nos tamanhos 35, 37, 39 e 41 Fr. A escala francesa é o diâmetro externo do segmento traqueal (em mm) multiplicado por três. Um problema comum

Tabela 1 - Indicações para um tubo de duplo lúmen do lado direito

- Cirurgia envolvendo o brônquio principal esquerdo
 - Pneumectomia esquerda
 - Transplante de pulmão esquerdo
 - Ruptura traqueobrônquica esquerda
 - Cirurgia toracoscópica do lado esquerdo*
- Anatomia distorcida do brônquio principal esquerdo
- Aneurisma da aorta torácica descendente
- Compressão tumoral do brônquio principal esquerdo
- Consulte o texto principal para explicação.

Nota: As indicações para o uso de um tubo de duplo lúmen do lado direito estão relacionadas principalmente a cirurgias envolvendo o lado esquerdo do tórax e às características específicas da anatomia do paciente.

Com o uso de TDLs, a falta de diretrizes objetivas para escolher adequadamente o tamanho apropriado do TDL é um desafio. Um TDL de tamanho apropriado é aquele que passa facilmente pela glote e avança sem resistência dentro da traqueia, com o componente brônquico passando para o brônquio pretendido sem dificuldade. O método mais preciso para selecionar o tamanho do TDL usa medições do diâmetro do brônquio principal esquerdo a partir de uma tomografia computadorizada.⁴ Uma abordagem tradicional seria usar TDLs de 37 e 39 Fr para pacientes de tamanho médio

do sexo feminino e masculino, respectivamente. Um tamanho maior ou menor é usado para pacientes maiores e menores, respectivamente. No entanto, uma vez que os TDLs do tipo broncocath são consideravelmente mais longos do que o necessário, alguns anestesiologistas torácicos agora defendem o uso de TDLs de tamanho menor para minimizar o risco de trauma das vias aéreas e usar um broncoscópio de fibra ótica (FOB) para confirmar a posição do tubo em todas as situações.

3. Como o TDL é inserido?

- Verifique a integridade dos cuffs traqueal e brônquico.
- Lubrifique a parte externa do TDL.
- Lubrifique e insira um estilete de intubação (geralmente fornecido no kit) no lúmen endobrônquico antes da inserção.
- O estilete pode ser pré-modelado para auxiliar no posicionamento do TDL.
- Realize a laringoscopia direta e visualize a glote.
- Avance o TDL até que o cuff endobrônquico tenha passado além das cordas vocais e, em seguida, remova o estilete.
- Gire o TDL 90 graus no sentido horário ou anti-horário (dependendo do lado da colocação do TDL).
- Passe o cuff traqueal além da glote até encontrar resistência.
- A profundidade de inserção do TDL está correlacionada com a altura de um paciente de tamanho médio e é dada pela fórmula $12 + (\text{altura do paciente})/10$ cm, medida nos dentes.⁵

4. Como é confirmado o posicionamento bem-sucedido do TDL? Método de clampeamento sequencial e auscultação: o método de 'três passos'

- Passo 1: Infle o cuff traqueal com o volume mínimo para vedar a fuga de ar glótica. Realize ventilação com pressão positiva e ausculte para confirmar a entrada de ar bilateral. Obtenha um traçado de capnografia aceitável.
- Passo 2: Prenda o membro traqueal do conector do circuito respiratório e desconecte-o do lúmen traqueal do TDL. Infle o cuff brônquico com 1 a 3 ml e ventile através do lúmen brônquico. Ausculte para confirmar a ventilação unilateral e a ausência de vazamento de ar audível (Figura 3).

- Passo 3: Libere a braçadeira do lúmen traqueal e feche a porta. Ausculte para confirmar a retomada da entrada de ar bilateral.

Embora a técnica de clampeamento sequencial e auscultação descrita acima geralmente seja suficiente para confirmar a posição apropriada dos TDLs do lado esquerdo, o uso de um broncoscópio de fibra ótica (FOB) geralmente é usado para confirmar o mesmo. Para os TDLs do lado direito, o uso do FOB é essencial para um posicionamento preciso (veja abaixo).

Para TDLs do lado esquerdo:

- Insira o FOB pelo lúmen traqueal e visualize a carina.
- Identifique o cuff endobrônquico de cor azul como uma crista fina dentro do brônquio principal esquerdo, mas não protrusando sobre a carina após a inflação.

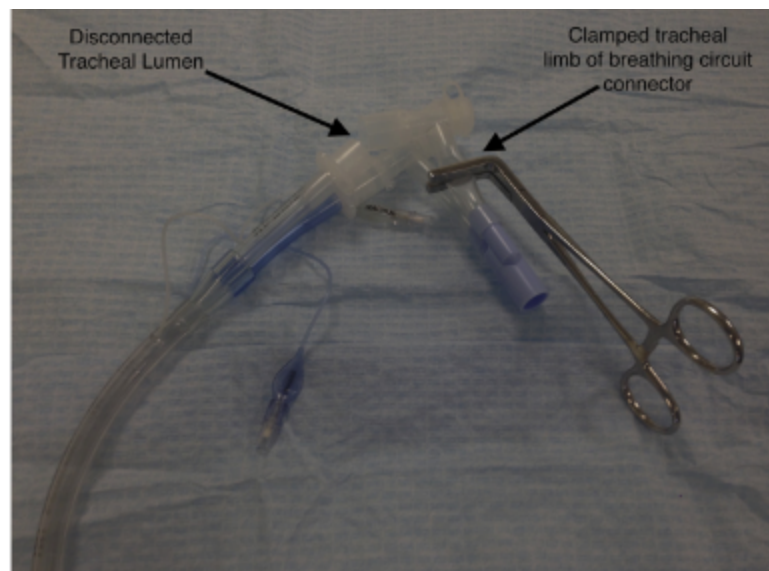


Figura 3 - Desconexão do lúmen traqueal do circuito de respiração e fixação do membro traqueal do conector para ventilação monopulmonar através do lúmen brônquico.

Para TDLs do lado direito:

Além das etapas mencionadas acima, insira o FOB pelo lúmen endobrônquico e assegure-se de que o olho de Murphy esteja alinhado com o brônquio do lobo superior direito.

5. Quais são os problemas relacionados ao uso de TDLs?

a. Malposição: Este é o problema mais comum encontrado com o uso de TDLs. Enquanto pequenas malposições são clinicamente insignificantes, um TDL majoritariamente mal posicionado pode colapsar parcialmente o pulmão ventilado ou falhar em permitir o colapso do pulmão pretendido, causando hipoxemia e acesso cirúrgico inadequado.⁶ Causas comuns de malposição incluem deslocamento do cuff endobrônquico devido a superinflação, extensão ou flexão da cabeça e do pescoço durante ou após o posicionamento do paciente, e manipulação cirúrgica do brônquio.

b. Trauma das vias aéreas:⁷ Um TDL excessivamente grande ou um TDL muito pequeno que migrou distalmente pode romper a porção membranosa da traqueia ou do brônquio. O trauma iatrogênico das vias aéreas pode se apresentar como vazamentos de ar inexplicáveis, enfisema subcutâneo, sangramento maciço no lúmen do TDL ou protrusão do cuff endobrônquico ou endotraqueal no campo cirúrgico.

c. Pneumotórax sob tensão no pulmão dependente durante a VPM causado por altas pressões de ventilação ou volumes correntes grandes, especialmente em pacientes com doença pulmonar enfisematosa pré-existente.⁸

Bloqueadores brônquicos

Uma técnica alternativa para alcançar o isolamento pulmonar envolve o uso de BBs para obstruir o brônquio principal, impedindo assim a ventilação distal à obstrução. Além disso, os BBs podem ser usados para fornecer o colapso lobar seletivo também.¹ O colapso do lobo superior direito pode ser difícil devido à saída proximal do brônquio do lobo superior direito, que é facilmente obstruída pelo cuff brônquico. Os BBs são colocados either intraluminal dentro de um TLT (ou seja, coaxial) ou colocados separadamente adjacente e fora do TLT (ou seja, independentes). Em geral, eles são mais propensos a movimento e deslocamento do que os TDLs.

Alguns dos BBs atualmente disponíveis incluem:

- **Bloqueador de controle de torque Univent**

- **Bloqueador endobrônquico orientado por fio Arndt**
- **Bloqueador endobrônquico com ponta defletora Cohen**
- **Bloqueador Uniblocker Fuji**
- **Bloqueador Bifid EZ Rusch**

As características dos BBs são fornecidas na Tabela 2.9 Embora os BBs mencionados acima tenham um princípio de uso semelhante, eles variam ligeiramente entre si em termos de sua técnica de inserção. Anestesiastas não familiarizados com o uso rotineiro de BBs são aconselhados a consultar o manual do fabricante para obter detalhes sobre seleção de tamanho e técnica de inserção. Independentemente de seu design, todos os BBs requerem o uso de um broncoscópio de fibra ótica (FOB) para confirmar a posição.

Tubos de lúmen único

A última opção disponível para o isolamento pulmonar é usar um tubo de lúmen único (SLT) ou um tubo endobrônquico e avançá-lo no brônquio principal do pulmão não operado para ventilar seletivamente esse pulmão, enquanto permite o colapso lento do pulmão contralateral. Essa técnica é raramente usada em pacientes adultos, exceto em casos raros de cirurgia de emergência ou vias aéreas extremamente difíceis. As vantagens e desvantagens das várias opções disponíveis para a VPM estão apresentadas na Tabela 3.

Isolamento Pulmonar em Cenários Especiais

Vias Aéreas Difíceis

Pacientes com vias aéreas difíceis previstas que necessitam de VPM podem apresentar desafios extremos para o anestesiasta.¹⁰ Esses pacientes devem passar por uma avaliação pré-anestésica detalhada e cuidadosa.

Isso inclui uma avaliação minuciosa das vias aéreas. Alguns pacientes também podem se beneficiar da contribuição multidisciplinar de cirurgiões torácicos, radiologistas e otorrinolaringologistas.

Várias opções estão disponíveis nessas situações para aumentar a chance de um isolamento pulmonar seguro e bem-sucedido:

- Posicionamento ideal do paciente e dose adequada de relaxante muscular com tempo suficiente antes da laringoscopia direta para obter condições ideais para a intubação.
- Laringoscopia direta com o uso de bougies especialmente projetados para TDLs.
- Videolarigoscópios (por exemplo, McGrath™).
- Stylets ópticos rígidos (por exemplo, endoscópio de intubação BONFILS).
- Intubação orotraqueal padrão com TSL, seguida de troca por um TDL usando cateteres de troca especificamente projetados com ponta macia (Cateter de troca Cook; Cook Critical Care, Bloomington, EUA).
- FOB (acordado ou adormecido; embora os livros-texto padrão de anestesia torácica descrevam o uso de FOB para a inserção de TDLs, na realidade, o uso de FOB com TDLs pode ser extremamente difícil devido à natureza volumosa do tubo e seu comprimento aumentado em comparação com os tubos endotraqueais padrão).

Pacientes com traqueostomia no local ou pós-laringectomia

Colocar dispositivos de isolamento pulmonar através de uma estoma de traqueostomia é repleto de perigos de má posição e potencial perda completa da via aérea.¹¹ As opções disponíveis para obter OLV neste subgrupo único de pacientes são:

Tabela 2 Características de diferentes bloqueadores brônquicos

	Cohen Blocker	Fuji uniblocker	Arndt blocker
Tamanho (Fr)	9	5,9	5,7,9
Mecanismo de orientação	Dispositivo de roda	Nenhum, pré-formatado	Laço de fio de nylon
Menor recomendado	9 Fr (8.0 ETT)	9 Fr (8.0 ETT)	5 Fr (4.5 ETT), 7 Fr (7.0 ETT), 8 Fr (8.0 ETT)
tubo traqueal (para uso coaxial) (mm) central channel (mm ID)	1.6	2.0	1.4

Tabela 3 Comparação entre as várias opções disponíveis para o isolamento pulmonar

Options	Advantages	Disadvantages
Double lumen tubes	<ul style="list-style-type: none"> - Quickest to place - Suction and bronchoscopy to the isolated lung - CPAP to the operated lung - Can alternate OLV to either lung - Can insert even if FOB not available 	<ul style="list-style-type: none"> - Limited sizes available - Difficult to place in abnormal/distorted airways - Not ideal for postoperative ventilation - Potential airway trauma risk - Intraoperative displacement
Bronchial blockers	<ul style="list-style-type: none"> - Easy size selection - Easily used with standard tracheal tube - Easier placement in difficult airways - Selective lobar lung isolation possible - Postoperative dual lung ventilation by simply withdrawing blocker 	<ul style="list-style-type: none"> - More time for insertion and accurate positioning - FOB essential - Slow and incomplete collapse of lung - Suction not possible - Bronchoscopy of isolated lung impossible - Difficult to alternate OLV to either lung (possible with Rusch EZ-Bifid blocker) - Bronchoscopy, suction and CPAP impossible to isolated lung - Difficult for left OLV
Endotracheal tube advanced into bronchus	<ul style="list-style-type: none"> - Easier placement in emergencies and difficult airways 	

CPAP, continuous positive airway pressure; OLV, one-lung ventilation; FOB, fiberoptic bronchoscopy.

- Remoção do tubo de traqueostomia (TT) e inserção de um DLT convencional pela estoma.
- Remoção do TT e inserção de um SLT pela estoma, seguido de um BB. Passagem de um BB de forma coaxial através do TT com cuff.
- Substituição do TT por um DLT curto especialmente projetado (DLT Naruke).¹²
- Remoção do TT e colocação orotraqueal padrão de um DLT ou BB (não é possível após uma laringectomia).
-

Pacientes com OLV intraoperatória que necessitam de ventilação mecânica pós-operatória

Embora menos do que o ideal, alguns pacientes que passaram por cirurgias torácicas prolongadas e frequentemente complicadas podem necessitar de ventilação mecânica pós-operatória. Os desafios apresentados por esse cenário incluem:

- Uma via aérea superior potencialmente edematosa no final de uma cirurgia prolongada.
- Necessidade de isolamento pulmonar contínuo no período pós-operatório imediato, seja para proteger o pulmão saudável contra contaminação ou evitar a deiscência do coto devido à ventilação excessiva com pressão positiva.

- Desconhecimento entre a equipe de enfermagem na unidade de terapia intensiva quanto ao manejo de DLTs e BBs.
- Aumento das chances de hipoxemia e trauma na via aérea no pós-operatório.
- Aumento da pressão nas linhas de sutura devido à ventilação com pressão positiva, aumentando assim o risco de deiscência e pneumotórax.
-

As opções de manejo disponíveis são:¹³

- Se o procedimento cirúrgico não foi uma cirurgia de ressecção pulmonar, a ventilação pulmonar dupla pode ser retomada com segurança no período pós-operatório. O DLT é substituído por um SLT padrão por meio de um cateter de troca sob laringoscopia direta no final da cirurgia.
- Ambos os pulmões podem ser ventilados na UTI com o DLT no local. O cuff bronquial deve ser desinsuflado assim que a ventilação permanente de dois pulmões for estabelecida, para reduzir o dano à mucosa bronquial causado pelo cuff bronquial de baixo volume e alta pressão e qualquer obstrução potencial do fluxo de ar que possa ser causada pelo herniamento do cuff bronquial sobre a carina.

Hipoxemia durante OLV

Logo após o início do OLV, há uma queda na oxigenação arterial e na saturação, que gradualmente se recupera à medida que a vasoconstrição pulmonar hipóxica (VPH) aumenta. A VPH é caracteristicamente bifásica, com uma resposta inicial que começa nos primeiros segundos e atinge o máximo em cerca de 15 minutos, seguida por uma segunda fase que começa cerca de 30 a 40 minutos depois e atinge o pico em 2 horas.¹⁴ A fisiopatologia da VPH em saúde e doença foi revisada em detalhes em um artigo recente na BJA Education.¹⁵ Embora não haja um valor aceito para o limite inferior mais seguro da saturação de oxigênio durante o OLV, é recomendado um valor de 90%. A hipoxemia durante o OLV na maioria dos casos responde bem a algumas das seguintes intervenções simples:¹⁶

- Aumentar a FiO₂ para 1,0. Isso pode ser utilizado em todos os pacientes, exceto aqueles que receberam bleomicina para malignidade.

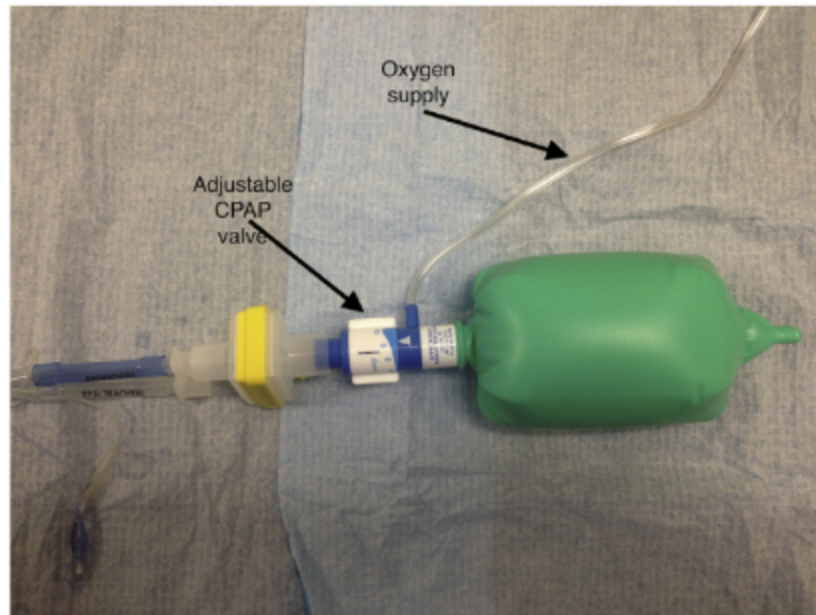


Figura 4 Circuito de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) para o pulmão não ventilado. Usado para o tratamento de hipoxemia durante a ventilação de um pulmão.

- Verifique novamente a posição do DLT/BB. Um tubo corretamente posicionado é crucial para o desenvolvimento de uma resposta adequada do HPV.
- Certifique-se de que a hemodinâmica do paciente está aceitável e o débito cardíaco está otimizado. Trate com fluidos, vasopressores ou inotrópicos conforme apropriado.
- Realize uma manobra de recrutamento para o pulmão ventilado. Isso pode, no entanto, causar hipotensão transitória e piora transitória da hipoxemia se mais sangue for desviado para o pulmão não ventilado.
- Ajuste o PEEP para o pulmão ventilado (com cautela em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica).
- Insuflação de oxigênio seguida pela aplicação de 1-5 cm de H₂O de CPAP para o pulmão não ventilado (Figura 4).
- Reinflação intermitente do pulmão não ventilado (pré-condicionamento do reflexo do HPV, que melhora com exposições hipóxicas repetidas).

- Restrição mecânica do fluxo sanguíneo para o pulmão não ventilado por clameamento das artérias pulmonares pelos cirurgiões.
- Em caso de desaturação súbita grave, retome a ventilação de dois pulmões o mais rápido possível.

OLV e lesão pulmonar aguda

Os pacientes que necessitam de OLV têm um risco aumentado de desenvolver lesão pulmonar aguda no período pós-operatório imediato, seja devido à própria patologia ou devido ao procedimento cirúrgico a que foram submetidos. A gestão anestésica, em particular a ventilação mecânica, pode influenciar a extensão da lesão pulmonar aguda perioperatória, e é por isso que são recomendadas estratégias específicas de proteção pulmonar para mitigar a extensão dos danos pulmonares causados pela ventilação com pressão positiva.¹⁹ As estratégias de ventilação sugeridas como parte das estratégias de proteção pulmonar incluem:

- Mantenha a FiO₂ o mais baixa possível.
- Volumes correntes baixos (6 ml/kg de peso corporal previsto) para manter as pressões de via aérea máximas o mais baixas possível, não mais que 35 cm H₂O.
- PEEP de 5-8 cm H₂O (exceto em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, onde não é usado PEEP adicional).
- Manobras de recrutamento frequentes
- Hipercapnia permissiva

Para concluir, a técnica ideal de isolamento pulmonar dependerá de vários fatores, incluindo a indicação para OLV, a via aérea do paciente, a experiência do anestesista e a disponibilidade de equipamento. Independentemente da técnica usada, é crucial entender a anatomia laríngea, traqueal e brônquica do paciente, revisar imagens relevantes antes da cirurgia e adquirir experiência no uso de um broncoscópio de fibra óptica (FOB) para confirmar a posição e solucionar problemas que possam ocorrer com o uso de dispositivos de OLV.

Declaração de interesse

Nenhum interesse declarado.

Questões de múltipla escolha

As questões de múltipla escolha associadas (para apoiar atividades de educação médica continuada) podem ser acessadas em

www.bjaed.org/cme/home

por assinantes da BJA Education.

Referências

1. Campos JH. Progress in lung separation. Thorac Surg Clin 2005; 15: 71e83
2. Brodsky JB, Lemmens JMH. Left double lumen tubes: clinical experience with 1,170 patients. J Cardiothorac Vasc Anesth 2003; 17: 289e98
3. Campos JH, Gomez MN. Pro: right sided double lumen endotracheal tubes should be used routinely in thoracic surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth 2002; 16: 246e8
4. Eberle B, Weiler N, Vogel N, et al. Computed tomography based tracheobronchial image reconstruction allows selection of individually appropriate double lumen tube size. J Cardiothorac Vasc Anesth 1999; 13: 532e7
5. Yasumoto M, Higa K, Nitahara K, et al. Optimal depth of insertion of left sided double lumen endobronchial tubes cannot be predicted from body height in below average sized adult patients. Eur J Anaesthesiol 2006; 23: 42e4
6. Inoue S, Nishimine N, Kitaguchi K, et al. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxemia during one-lung ventilation. Br J Anaesth 2004; 92: 195e201
7. Yuceyar L, Kaynak K, Canturk E, et al. Bronchial rupture with a left sided polyvinylchloride double lumen tube. Acta Anaesthesiol Scand 2003; 47: 622e5

8. Weng W, DeCrosta DJ, Zhang H. Tension pneumothorax during one-lung ventilation: a case report. *J Clin Anesth* 2002; 14: 529e31
9. Campos JH. Which device should be considered the best for lung isolation: double lumen endobronchial tube versus bronchial blocker. *Curr Opin Anaesthesiol* 2007; 20: 27e31
1. Hagihara S, Takashina M, Mori T, et al. One-lung ventilation in patients with difficult airways. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1998; 12: 186e8
11. Tobias JD. Variations on one-lung ventilation. *J Clin Anesth* 2001; 13: 35e9
1. Saito T, Naruke T, Carney E, et al. New double intra-bronchial tube (Naruke tube) for tracheostomized patients. *Anesthesiology* 1998; 89: 1038e9
2. Anantham D, Jagadesan R, Tiew PEC. Clinical review: independent lung ventilation in critical care. *Crit Care* 2005; 9: 594e600
14. Lumb A, Slinger P. Hypoxic pulmonary vasoconstriction: physiology and anesthetic implications. *Anesthesiol* 2015; 122: 932e46
15. Tarry D, Powell M. Hypoxic pulmonary vasoconstriction. *BJA Educ* 2017; 17: 208e13
16. Ng A, Swanevelder J. Hypoxaemia during one-lung anaesthesia. *BJA Educ* 2010; 10: 117e22
17. Fugiwara M, Abe K, Mashimo T. The effects of positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure on the oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation with propofol anesthesia. *J Clin Anesth* 2001; 13: 473e7
18. Wang JY, Russel GN, Page RD, et al. A comparison of the effects of desflurane and isoflurane on arterial oxygenation during one-lung anesthesia. *Anaesth* 2000; 55: 167e73

1. Kilpatrick B, Slinger P. Lung protective strategies in anaesthesia. Br J Anaesth 2010; 105: 108e16