

Ventilação monopulmonar – revisão de literatura

Single lung ventilation – literature review

Anelize Moraes Zaparoli¹, Carlos Marcelo de Barros², Romulo Ribeiro do Amaral³, Oswaldo Luiz Galhardo Michelutti², Helaine de Souza Oliveira², Ciro Pereira de Lima Filho¹, Flávio Rodrigues Coelho¹

DOI: 10.5935/2238-3182.20140123

RESUMO

A ventilação monopulmonar é amplamente utilizada em cirurgias pulmonares e torácicas, com o objetivo de evitar a contaminação do pulmão sadio pelas secreções do pulmão infectado e melhorar o campo operatório para o cirurgião, a partir do bloqueio da ventilação no pulmão que está sendo operado. O emprego adequado dos vários dispositivos e técnicas para o manejo da ventilação monopulmonar permite a diminuição do tempo operatório e das complicações relacionadas a essa técnica. O conhecimento da fisiologia da ventilação pulmonar, das alterações decorrentes do decúbito, do tipo de anestesia e da via de acesso cirúrgico é de suma importância para um bom desfecho nas cirurgias torácicas.

Palavras-chave: Respiração Artificial; Ventilação Monopulmonar; Cirurgia Torácica.

¹ Médico(a). Residente em Anestesiologia da Santa Casa de Misericórdia de Alfenas. Alfenas, MG – Brasil.
² Médico(a) Anestesiologista da Santa Casa de Alfenas. Alfenas, MG – Brasil.
³ Médico. Cirurgião de Tórax da Santa Casa de Alfenas. Alfenas, MG – Brasil.

ABSTRACT

The single lung ventilation is widely used in pulmonary and thoracic surgery, in order to avoid contamination of the healthy lung by secretions of the infected lung and improve the operative field for the surgeon, by blocking the ventilation in the lung being operated. The proper use of various devices and techniques for the management of one lung ventilation, allows for reduced operative time and complications related to this technique. Knowledge of the physiology of ventilation, the changes resulting from decubitus, the type of anesthesia and the surgical approach are critical to a good outcome in thoracic surgery.

Key words: Respiration, Artificial; One-Lung Ventilation; Thoracic Surgery.

INTRODUÇÃO

As primeiras técnicas de isolamento pulmonar e ventilação monopulmonar foram descritas nas décadas de 50 e 60.

A utilização dessa técnica tem sido cada vez mais abrangente em cirurgias torácicas. Isso se deve a vários fatores, entre eles a diminuição do tempo e trauma cirúrgicos e ao baixo índice de complicações graves decorrentes da utilização desses dispositivos.¹⁻¹³

INDICAÇÕES DA VENTILAÇÃO MONOPULMONAR

Na ventilação monopulmonar suprime-se a ventilação de um dos pulmões. É uma técnica utilizada em Anestesiologia e em terapia intensiva para uma variedade de procedimentos, como descrito na Tabela 1. As indicações básicas para o emprego dessa técnica são:^{2,3}

Instituição:
Casa de Caridade de Alfenas Nossa Senhora do Perpétuo Socorro
Alfenas, MG – Brasil

Autor correspondente:
Anelize Moraes Zaparoli
E-mail: anelize_zaparoli@hotmail.com

- evitar a contaminação do pulmão sadio pelas secreções do pulmão infectado, que pode ocorrer quando o paciente é posicionado em decúbito lateral antes da toracotomia;
- melhorar o campo operatório para o cirurgião, a partir do bloqueio da ventilação no pulmão que está sendo operado.

Tabela 1 - Indicações da Ventilação Monopulmonar

| | | | |
|-----------|------------------------|--|---|
| | Controle de Secreção | Infecção Hemoptise | |
| Absolutas | Controle da Ventilação | Fístula bronco-pleural de alto débito SARA-patologia pulmonar unilateral Cisto pulmonar unilateral | |
| Relativas | Exposição Cirúrgica | Grande prioridade | Pneumectomia Lobectomia superior Aneurismectomia Ao Toracoscopia |
| | | Pequena prioridade | Lobectomia inferior Lobectomia média Segmentectomia Cirurgias esofágicas |

TÉCNICAS DE ISOLAMENTO PULMONAR

Muitos métodos têm sido utilizados para separar a região interessada do pulmão. A escolha da técnica é determinada pela natureza da cirurgia, história de doença pulmonar prévia, morfologia alterada das vias aéreas e experiência do anestesiológico. As técnicas mais conhecidas são apresentadas na Tabela 2.^{4,9}

Tabela 2 - Técnicas de Bloqueio Pulmonar

| | |
|---------------------------------------|---|
| Bloqueadores Brônquicos | Crafoörd Magill Thompson Fogarty |
| Tubos Endobrônquicos de Lúmen Simples | Machray (esq) MacIntosh-Leartherdale (esq) Brompton (esq) Gordon-Green (dir) |
| Tubos Endobrônquicos de Duplo Lúmen | Carlens (esq) White (dir) Bryce-Smith (dir/esq) Robertshaw (dir/esq) |

DESCRIÇÃO DOS DISPOSITIVOS

Os equipamentos disponíveis para realizar o isolamento pulmonar são os bloqueadores brônquicos, os tubos endobrônquicos de lúmen simples e os tubos de duplo lúmen.

Os tubos de duplo lúmen são os mais utilizados em adultos, disponíveis na forma descartável e reu-

tilizável (borracha vermelha), a partir da numeração 26 até a 41. São empregados durante cirurgia pulmonar ou torácica para permitir a ventilação independente dos pulmões.^{5,7,13}

Em 1982 a Univent lançou um tubo simples com um pequeno lúmen coaxial, por onde é introduzido um bloqueador brônquico.

Os tubos de uso adulto são comercializados nos diâmetros de 6.0 a 9.0 e para uso pediátrico nos diâmetros de 3.5 e 4.5. Em Pediatria, os bloqueadores brônquicos são os mais utilizados, especialmente o de Fogarty, associados aos tubos simples traqueais.

Atualmente estão disponíveis os bloqueadores de Arndt, que são comercializados associados a uma peça de conexão para ventilação e broncoscopia e o bloqueador de Cohen, no qual pode ser ajustado um torque para facilitar o seu posicionamento. A fabricação desses dispositivos para uso pediátrico desde 2001 provavelmente diminuirá o uso do bloqueador de Fogarty.^{3,4}

A ventilação monopulmonar com bloqueadores brônquicos é realizada colocando-se o bloqueador (Magill, Fogarty e outros) às cegas ou por via broncoscópica no brônquio interessado.

A intubação traqueal é realizada normalmente com uma cânula traqueal convencional. Essa técnica é uma alternativa para as crianças com menos de 10 anos que necessitam de ventilação monopulmonar, pois o menor tubo de duplo lúmen comercializado atualmente é o de 28 F (Figuras 1 e 2).⁸

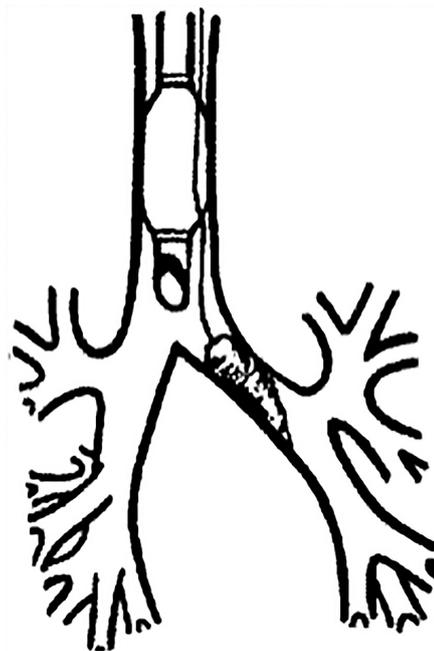


Figura 1 - Bloqueador Crafoörd.

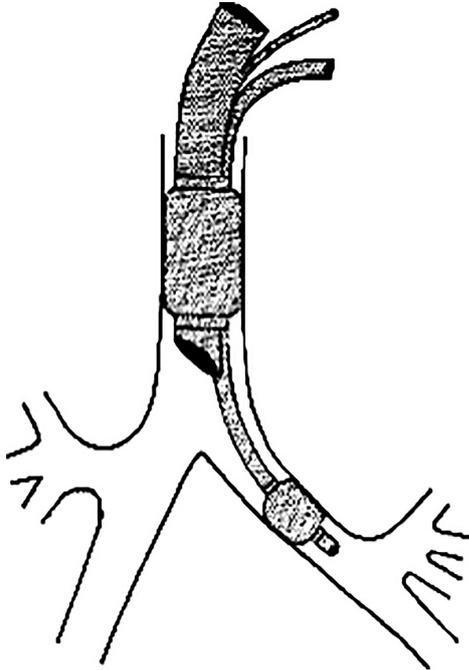


Figura 2 - Bloqueador Brônquico com Fogarty.

Os tubos endobrônquicos simples foram utilizados durante muito tempo. Porém, atualmente vêm sendo pouco utilizados (Figura 3).

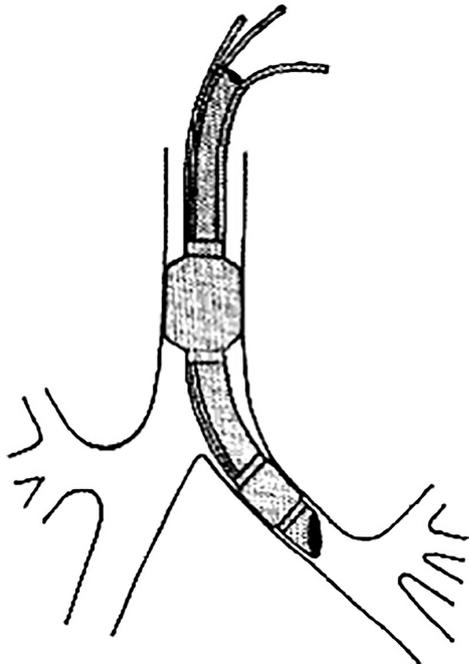


Figura 3 - Tubos de Brompton.

Os tubos endobrônquicos de duplo lúmen são os mais utilizados na prática clínica.

Quando a cirurgia é no pulmão direito, opta-se por utilizar tubos de duplo lúmen para a esquerda.

Na ocasião em que a cirurgia é realizada no pulmão esquerdo, os tubos de duplo lúmen para a direita ou esquerda podem ser utilizados. Contudo, em procedimentos muito próximos da carina, os tubos de duplo lúmen para a direita são obrigatórios (Figura 4).

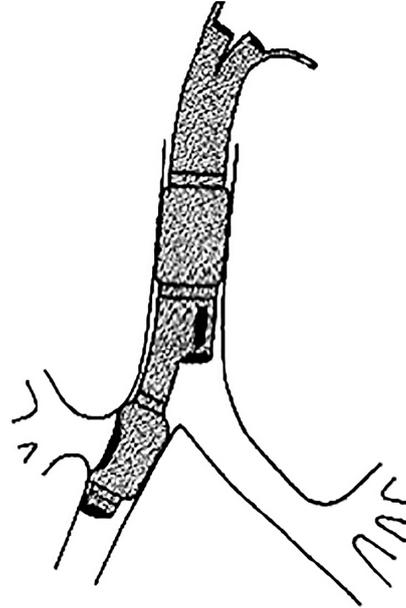


Figura 4 - Tubo de Bryce-Smith.

Os tubos de duplo lúmen para a direita, quando deslocados ou incorretamente posicionados, podem causar hipoventilação do lobo superior direito.

O tubo de Carlens, o primeiro de duplo lúmen a ser lançado, é ainda muito utilizado no Brasil. Sua introdução é realizada do seguinte modo: a curvatura distal para a esquerda é direcionada anteriormente em relação ao paciente, ficando a curvatura proximal para a direita. Após a passagem da ponta do tubo pela laringe, ele é rodado 180° no sentido anti-horário. Isso é necessário pela presença do gancho carineal, ficando este, então, na posição anterior, a curvatura distal voltada posteriormente e a proximal para a esquerda. Então se introduzem cerca de 2 centímetros na traqueia e rodam-se 90° no sentido horário. Nesta última posição a curvatura distal fica orientada para a esquerda e a proximal anteriormente. O tubo é empurrado suavemente pela traqueia até que se encontre discreta resistência (Figuras 5 e 6).⁶

O tubo do tipo broncho-Cath (similar ao tubo de Robertshaw) é o mais utilizado na atualidade nos EUA, devido à pouca possibilidade de lesão traqueal (ausência do gancho carineal) e a seu material (cloreto de polivinil) menos irritante da árvore traqueal.

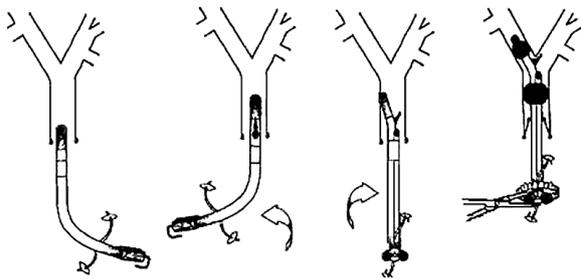


Figura 5 - Locação do Tubo de Carlens.

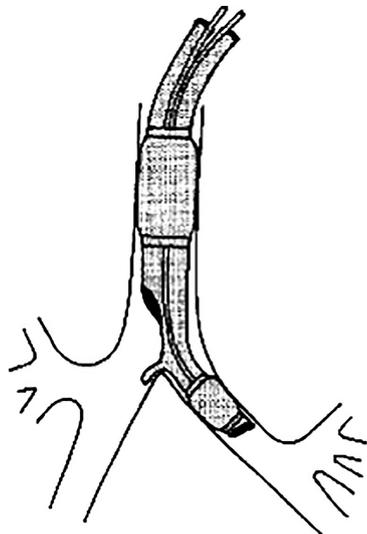


Figura 6 - Tubo de Carlens Posicionado.

O broncho-cath-esquerdo é colocado do seguinte modo: a curvatura distal (esquerda) é direcionada anteriormente ao paciente, ficando a curvatura proximal para a direita. Após a passagem da extremidade anterior do tubo pela laringe, este é rodado 90° no sentido anti-horário. Procedendo-se dessa maneira a curvatura proximal agora se torna orientada anteriormente e a distal para a esquerda. O tubo é empurrado suavemente pela traqueia até que se encontre discreta resistência.

O broncho-cath-direito é colocado do seguinte modo: a curvatura distal (direita) é direcionada anteriormente ao paciente, ficando a curvatura proximal para a esquerda. Após a passagem da extremidade anterior do tubo pela laringe, este é rodado 90° no

sentido horário. Procedendo-se dessa maneira, a curvatura proximal agora assume orientação anterior e a distal para a direita. O tubo é empurrado suavemente pela traqueia até que se encontre discreta resistência.

A correta localização dos tubos de duplo lúmen é de suma importância. Se o posicionamento estiver incorreto pode causar complicações potencialmente fatais.

A verificação da correta posição do tubo deve seguir a seguinte ordem:

1. inflar o balonete traqueal e verificar a ventilação bilateralmente;
2. inflar o balonete do brônquio e verificar a ventilação bilateralmente;
3. clampear, alternadamente, um dos ramos do tubo de duplo lúmen e ventilar o paciente. Na ausculta pulmonar, o murmúrio respiratório deve desaparecer do lado que está clampeado e permanecer contralateralmente.

Seleção do diâmetro do tubo

Escolher um tubo com diâmetro adequado é de fundamental importância na prevenção das complicações decorrentes do seu uso. Um tubo com diâmetro muito pequeno em relação ao brônquio, além de dificultar o posicionamento correto, necessita de grandes volumes de ar nos balonetes, criando grandes pressões, o que aumenta o risco de lesão brônquica.

Por outro lado, um tubo de diâmetro maior pode traumatizar a árvore traqueobrônquica durante a introdução e também impossibilitar o bom posicionamento.

Brodsky (1996) descreveu uma técnica de escolha do diâmetro do tubo observando o diâmetro da traqueia medido no Rx posteroanterior de tórax, no nível da clavícula.

Esse método, apesar de ser didático, é pouco utilizado na prática, pois muitos anestesiológicos utilizam regras baseadas em sua experiência. Os tubos de Carlens números 39 e 41 são adequados para a grande maioria dos homens, enquanto que os números 35 e 37 para a grande maioria das mulheres.^{3,6}

Tabela 3 - Escolha do Diâmetro do Tubo de Duplo Lúmen Esquerdo (TDLE)

| Diâmetro medido da traquéia (mm) | Diâmetro predito do brônquio esq. (mm) | Diâmetro do TDLE | Diâmetro externo do lúmen esq. (mm) |
|----------------------------------|--|------------------|-------------------------------------|
| >18 | >12.2 | 41Fr | 10.6 |
| 16-17 | >10.9 | 39Fr | 10.1 |
| 15 | >10.2 | 37Fr | 10.0 |
| <14 | <9.5 | 35Fr | 9.5 |

COMPLICAÇÕES

Como já exposto anteriormente, a escolha de um tubo com diâmetro adequado é primordial para prevenir complicações. Além disso, a experiência do anesthesiologista também contribui para diminuir o número de eventos adversos.^{7,14,15}

Embora existam várias descrições de complicações na literatura, decorrentes do uso desses tubos, as principais são:

- trauma das vias aéreas – trauma dos tecidos moles, dos dentes, deslocamento das cartilagens aritenoides e edema;
- deslocamento ou mau posicionamento do tubo – pode ser evitado com rigorosa avaliação e adequada fixação;
- obstrução – frequente no tubo de Carlens (pequena luz), em caso de secreções;
- hipoxemia – secundária a alterações da relação ventilação/perfusão;
- ruptura brônquica;
- lesão isquêmica da mucosa respiratória;
- disфонia pós-operatória;
- odinofagia pós-operatória;
- lesão esofágica.

As complicações graves são raras. A imunossupressão, a corticoterapia e as lesões traqueais e brônquicas prévias, principalmente as invasões tumorais, contribuem para a ocorrência de uma das complicações mais graves, que é a ruptura brônquica ou traqueal. A mortalidade dessa lesão é de 7 a 16%. Os estudos realizados até o momento não permitem que se conclua pela superioridade de um tubo em relação a outro. Os relatos de ruptura traqueobrônquica estão presentes com o uso dos dois tipos de tubos. Fitzmaurice propôs que sejam adotadas as seguintes recomendações para a profilaxia dessas lesões:

- inflar os balonetes lentamente;
- não inflar demasiadamente o balonete brônquico. Normalmente 2 ou 3 mL são suficientes se o tubo foi corretamente selecionado;
- quando possível, evitar o uso de Óxido Nitroso (N_2O) ou inflar os balonetes com uma mistura de N_2O e oxigênio;
- quando possível, desinflar ambos os balonetes no posicionamento e o balonete brônquico quando não é necessário o isolamento;
- testar a integridade do brônquio ao final do procedimento, para o diagnóstico precoce.

FISIOLOGIA DA VENTILAÇÃO MONOPULMONAR

Fisiologia da posição em decúbito lateral

As características especiais da circulação pulmonar (baixa resistência e alta complacência) e as modificações ocasionadas pelo decúbito lateral na ventilação conduzem a fenômenos interessantes:⁸

O paciente em decúbito lateral respirando espontaneamente

O conceito de áreas dependentes do pulmão relaciona-se às regiões que recebem o maior fluxo sanguíneo, pois é nessa região que ocorre a maior troca de gases. As áreas não dependentes, por receberem pouco fluxo sanguíneo, têm participação limitada nas trocas.

Nessa situação a gravidade faz com que o fluxo sanguíneo pulmonar se faça com mais intensidade para o pulmão inferior (que passaremos a chamar de pulmão dependente) e com menos intensidade para o pulmão superior (que passaremos a chamar de pulmão não dependente) (Figura 7).

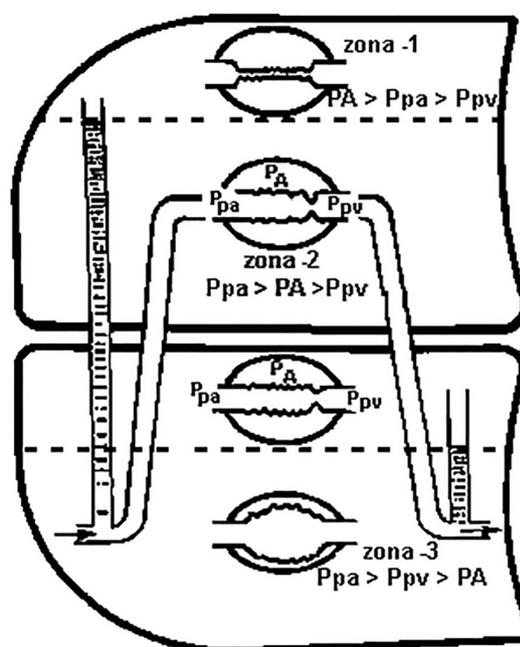


Figura 7 - Fluxo Sanguíneo em Decúbito Lateral.

Devido a compressões externas parciais do mediastino e do abdome, o pulmão dependente trabalha na faixa mediana da curva de complacência

pulmonar, adequada à ventilação. Já o pulmão não dependente, livre de compressões externas, é conduzido a trabalhar na faixa superior da curva de complacência pulmonar, inadequada à ventilação.¹¹⁻¹³

Portanto, o pulmão dependente recebe mais fluxo sanguíneo e é mais bem ventilado. O pulmão não dependente recebe menos fluxo e é menos ventilado. Como resultado desses efeitos, observa-se pouca variação na relação ventilação-perfusão.

O paciente em decúbito lateral apneico (anestesiado) com tórax fechado

O fluxo sanguíneo permanece inalterado em relação ao quadro anterior, pela alta complacência da circulação pulmonar e a influência da força da gravidade.

A utilização de bloqueadores neuromusculares faz com que a queda do mediastino e das vísceras abdominais seja mais acentuada sobre o pulmão dependente. As compressões externas levam o pulmão dependente a trabalhar na faixa inferior da curva de complacência pulmonar, inadequada à ventilação.

O pulmão não dependente sofre compressões externas parciais do abdome e é levado a trabalhar na faixa mediana da curva de complacência pulmonar, adequada à ventilação.

A somatória dos efeitos induz a importantes alterações da relação ventilação-perfusão.

O pulmão não dependente, mais ventilado, mas menos perfundido, apresenta-se com o efeito espaço morto. No pulmão dependente mais perfundido, mas menos ventilado, predomina o efeito *shunt* (Figura 8).

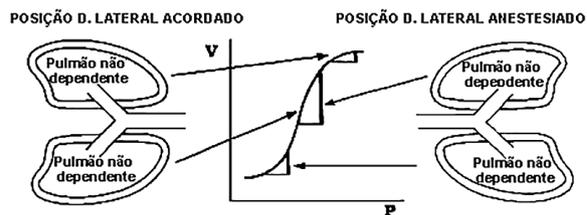


Figura 8 - Ventilação em Decúbito Lateral, Anestesiado.

Paciente em decúbito lateral, apneico (anestesiado), com tórax aberto

O fluxo sanguíneo não sofre alterações em relação aos quadros anteriores. Contudo, no que se refere à mecânica ventilatória, pode haver piora, uma vez que a aber-

tura do tórax permite ventilação pulmonar ainda maior, sem aumento na perfusão no pulmão não dependente.

Pode-se contornar esse fenômeno deletério acrescentando-se uma pressão positiva no final da expiração (PPFE) no pulmão dependente. O objetivo seria conduzir esse pulmão a trabalhar na faixa mediana da curva de complacência pulmonar (região ótima da curva de complacência).

Deslocamento do mediastino

Na fase inspiratória com o tórax aberto, a incurção diafragmática conduz o ar atmosférico para dentro da cavidade pleural. Isso leva ao colapamento do pulmão afetado. A pressão negativa intrapleural do lado intacto provoca retração mediastinal para este lado. O fenômeno oposto ocorre na expiração.

Os fatos acarretam *balanço do mediastino*, com grave repercussão hemodinâmica, pela torção dos vasos da base e liberação de reflexos vagais (Figura 9).

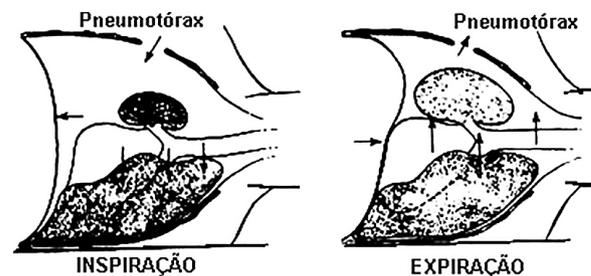


Figura 9 - Balanço do mediastino.

Durante a fase inspiratória, a contração do diafragma permite que o pneumotórax colabe ainda mais o pulmão afetado. Por outro lado, o tórax íntegro se expande, *aspirando ar* daquele pulmão.

Na fase expiratória, com o relaxamento do diafragma, o lado íntegro se retrai e ocorre a *liberação de ar* para o lado lesado. Esse fenômeno, *mecanismo do ar pêndulo*, conduz à grave hipercapnia (Figura 10).

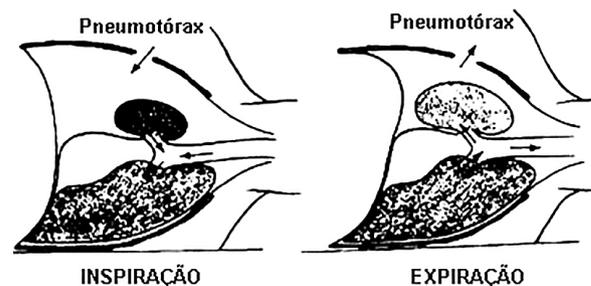


Figura 10 - Mecanismo do ar pêndulo.

Paciente em decúbito lateral, apneico (anestesiado), com tórax aberto e o pulmão não dependente sendo operado (colabado)⁹

Nessa situação existe alto risco de hipoxemia. Apenas parte do fluxo sanguíneo consegue ser desviado do pulmão não dependente (colabado) para o pulmão dependente. O efeito da gravidade e a vasoconstrição pulmonar hipóxica contribuem para isso, mas não impedem completamente o fluxo através do pulmão colabado.

O pulmão não dependente (colabado) apresenta ainda pequeno fluxo sanguíneo e, portanto, com efeito *shunt*.

Por outro lado, o pulmão dependente recebe a maior parte do fluxo sanguíneo pulmonar e se encontra na faixa inferior da curva de complacência pulmonar, inadequada à ventilação, o que conduz também a um efeito *shunt* 2-4 (Figura 11).

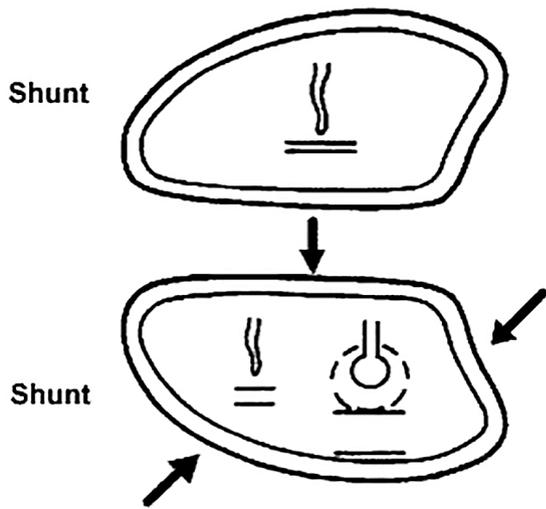


Figura 11 - Causas de Shunt na Anestesia Monopulmonar.

A adição de pressão positiva ao final da expiração (PPFE) no pulmão dependente, a utilização de uma pressão positiva contínua nas vias aéreas (PCVA) e a ventilação em jatos de alta frequência (VJAF) no pulmão não dependente (colabado) melhoram as trocas gasosas. Esses modelos não prejudicam o campo operatório e diminuem significativamente o *shunt* pulmonar (Figura 12).

Fisiologicamente existe um *shunt* intrapulmonar de 5 a 10%. No entanto, na ventilação monopulmonar este aumenta para 45 a 50%. O aumento da resistência vascular pulmonar (RVP) leva à vasoconstrição, na tentativa de aumentar o fluxo sanguíneo para o pulmão ventilado, melhorando a hipoxemia.

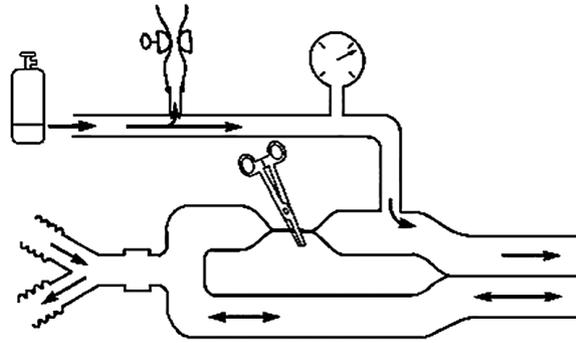


Figura 12 - Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas & Pressão Positiva ao Final da expiração.

Várias alternativas têm sido relatadas na literatura para diminuir o efeito *shunt*. O emprego de uma PEEP no pulmão dependente, cerca de 5 centímetros de água e uma pressão contínua nas vias aéreas (CPAP) no pulmão não dependente parecem ser medidas eficazes.⁸

A maioria dos autores recomenda que o volume corrente empregado durante a ventilação controlada no pulmão dependente seja próximo do da ventilação de ambos os pulmões. Tal recomendação tem sua origem na falta de estudos clínicos que identifique o melhor volume corrente a ser empregado na ventilação de um pulmão isolado. Do mesmo modo deve ser com a frequência respiratória e relação entre a inspiração e a expiração.^{10,11}

RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA O MANEJO DA VENTILAÇÃO MONOPULMONAR _____

A PaCO₂ deve ser mantida entre 30 e 35 mmHg, pois a hipercapnia pode produzir vasodilatação pulmonar, levando ao desvio de fluxo sanguíneo com piora da hipoxemia.

O volume corrente (VC) deve ser mantido entre 10 e 12 mL/kg na ventilação monopulmonar, pois volumes abaixo de 8 mL/kg podem levar à diminuição da capacidade residual funcional e áreas de atelectasias, ao passo que volumes acima de 12 mL/kg aumentam a RVP no pulmão dependente, desviando sangue para o pulmão não dependente, piorando a hipoxemia. A FIO₂ deve ser de 100%.

Os pacientes que desenvolvem hipoxemia no peroperatório podem ser manejados com ventilações manuais leves intermitentes no pulmão colabado, PEEP de até 10 cm H₂O no pulmão dependente (inferior), CPAP de 5 a 10 cmH₂O no pulmão não depen-

dente (superior) e, como última tentativa, pinçamento da artéria pulmonar no pulmão superior.

Na reinsuflação pulmonar o VC deve ser aumentado gradativamente e sob visão direta até que o pulmão se expanda por completo.¹⁴

REFERÊNCIAS

1. Benumof JL. Anesthesia for thoracic surgery. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1995. 805 p.
2. Wilson RS. Chest Surgery Clinics of North America. Philadelphia: WB Saunders; 1997.
3. Klafka JM. Advances in lung isolation for chest surgery. *In: Slinger PD. Progress in thoracic anesthesia*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2004. p. 29-45.
4. Campos JH. Progress in lung Separation. *In: Klafka JM. Advances in anesthesia and pain management*. Thorac Surg Clin. 2005; 15:71-83.
5. Kaplan JA. Thoracic anesthesia. New York: Churchill Livingstone; 1991.
6. Brodsky JB, Macario A, Mark JB. Traqueal diameter predicts double-lumen tube size: A method for selecting left double-lumen tubes. *Anesth Analg*. 1996; 82:861-4.
7. Fitzmaurice BG, Brodsky JB. Airway rupture from double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1999; 13(3):22-329.
8. Rossini RCC. Modalidades de ventilação em anestesia monopulmonar. *In: Lee JM, Auler Jr JOC. Anestesia em cirurgia torácica*. São Paulo: Rocca; 2002.
9. Mirzabeigi E, Johnson C, Ternian A. One-Lung Anesthesia Update. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005 Sep; 9(3):213-26.
10. Slinger P. Pro: low tidal volume is indicated during one-lung ventilation. *Anesth Analg*. 2006 Aug; 103(2):268-70.
11. Gal TJ. Con: low tidal volumes are indicated during one-lung ventilation. *Anesth Analg*. 2006 Aug; 103(2):271-3.
12. Tuğrul M, Camci E, Karadeniz H, Sentürk M, Pembeci K, Akpir K. Comparison of volume-controlled with pressure-controlled ventilation during one-lung anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1997; 79:306-10.
13. Grichnik KP. Advances in the management of one-lung ventilation, em: progress in thoracic anesthesia. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2004.
14. Leite CF, Calixto MC, Toro IF, Antunes E, Mussi RK. Characterization of pulmonary and systemic inflammatory responses produced by lung re-expansion after one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2012; 26:427-32.
15. De Conno E, Steurer MP, Wittlinger M, Zalunardo MP, Weder W, Schneider D. Anesthetic-induced improvement of the inflammatory response to one-lung ventilation. *Anesthesiology*. 2009; 110:1316-26.