

Sistemas de Respiração em Anestesia

Dr Peter Tsim

Trainee em Anestesia, Chesterfield Royal Hospital, UK

Dr Allan Howatson

Consultor em Anestesia e Medicina Intensiva, Nottingham University Hospital NHS Trust, UK

Editado por:

Dr Alex Konstantatos

Traduzido por:

Dra. Heloisa de Cássia dos Santos e Dra. Raquel Spilere Kammer
Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis - Brasil

Correspondência para atotw@wfsahq.org



05 de Julho de 2016

PERGUNTAS

Antes de continuar, tente responder às seguintes perguntas. A resposta pode ser encontrada no final do artigo, junto com uma explicação. **Por favor, responda Verdadeiro ou Falso:**

- Quando manejamos um paciente de 70kg em respiração espontânea, o seguinte fluxo de gás fresco seria suficiente para prevenir reinalação:**
 - 6 litros por minuto em um sistema Mapleson A
 - 6 litros por minuto em um sistema de Water
 - 12 litros por minuto em um sistema de Bain
 - 9 litros por minuto em um sistema Mapleson B
 - 9 litros por minuto em uma peça T de Ree
- No que se refere aos sistemas de respiração Mapleson:**
 - O sistema de Bain é um sistema Mapleson A coaxial
 - O sistema Mapleson D é o mais eficiente em pacientes ventilados
 - O sistema Mapleson C não tem válvula de ajuste de pressão
 - O Mapleson E (peça T de Ree) é apropriado para uso em pacientes de até 30kg
 - A válvula de ajuste de pressão requer uma pressão de 1cm H₂O para abrir em sua configuração mínima
- No que se refere aos sistemas circulares:**
 - Uma alta taxa de fluxo de gás fresco é inicialmente necessária para equilibrar o sistema
 - O componente principal da cal sodada é hidróxido de potássio
 - Composto A pode ser gerado se for usado baixo fluxo
 - Se a válvula unidirecional ficar presa, isso causa aumento no espaço morto do sistema
 - Um sistema circular fechado exige um fluxo de gás fresco menor que um sistema semi-fechado

Key Points

- Conhecimento sobre sistemas de anestesia é essencial para anestesistas.
- Diferentes sistemas de respiração apresentam eficiência variável em pacientes sob respiração espontânea e ventilados.
- Saber a eficiência de um sistema de respiração individual permite ao usuário fornecer gás fresco ao paciente, minimizando a reinalação de dióxido de carbono.
- Avaliar o desempenho de um sistema de respiração requer o entendimento do posicionamento de seus componentes individuais, bem como das mudanças de pressão durante ventilação espontânea e controlada.

INTRODUÇÃO

A função dos sistemas de respiração é fornecer oxigênio e gases anestésicos aos pacientes e eliminar dióxido de carbono. Todos os sistemas de respiração são compostos por componentes similares, mas estão configurados de forma diferente. Os componentes comuns incluem: fluxo de gás fresco, tubulação para direcionar o fluxo de gás, uma válvula de limite de pressão ajustável para controlar a pressão dentro do sistema & permitir limpeza dos gases residuais e uma bolsa reservatório de gás para armazenar gás e ajudar na ventilação.

Cada sistema de respiração recebe três fontes de gás: gás fresco, gás exalado do espaço morto e gás exalado dos alvéolos. As proporções de cada um dentro do sistema são a maior influência da oferta de gás fresco. O gás é entregue para pacientes em respiração espontânea pela pressão sub-atmosférica (negativa) na inspiração e pela pressão atmosférica na expiração. Inversamente, pacientes ventilados recebem gás por pressão positiva na inspiração e pressão atmosférica na expiração. Neste tutorial, vamos explorar os diferentes componentes e tipos de sistemas de respiração usados na prática comum.

Subscribe to ATOTW tutorials by visiting www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week

COMPONENTES DOS SISTEMAS DE RESPIRAÇÃO

Um sistema de respiração é constituído por componentes que conectam o paciente à máquina de anestesia¹, e é usualmente composto por alguns dos seguintes componentes:

1. A válvula **Ajustável de Limite de Pressão (APL)** permite uma pressão variável dentro do sistema de anestesia usando uma válvula unidirecional spring-loaded. Em uma pressão acima da pressão de abertura da válvula, é permitido pelo sistema um vazamento controlado de gás, que permite controle sobre a pressão de via aérea do paciente. A pressão mínima necessária para abrir a válvula é 1cm H₂O. Existe um mecanismo de segurança para prevenir que a pressão exceda 60cm H₂O, entretanto, esteja atento que pressões abaixo desta podem causar barotrauma.
2. A **bolsa reservatório** permite coleção do fluxo de gás fresco durante a expiração, que por sua vez minimiza a quantidade de gás fresco necessária para evitar reinalação. Além disso, ela permite que o anestesista monitore o padrão respiratório de pacientes em ventilação espontânea. Elas normalmente são de plástico ou borracha, e podem vir de tamanhos entre 0,5 a 6 litros. Entretanto, o tamanho mais comum em sistemas para adultos é 2 litros. A Lei de Laplace afirma que a pressão é igual a duas vezes o raio dividido pelo raio da bolsa. Portanto, com o aumento da bolsa, a pressão interna reduz. Esta é uma importante medida de segurança, assim a expansão da bolsa para acomodar gás limita a pressão dentro do sistema.
3. O **ramo inspiratório** permite a passagem de fluxo de gás fresco ao paciente durante a inspiração. O **ramo expiratório** permite passagem de gás expirado pelo paciente. Embora o comprimento do tubo dependa do sistema usado, o diâmetro é de tamanho padrão: 22mm para adultos e 18mm para sistemas pediátricos..

CLASSIFICAÇÃO MAPLESON

Em 1954, Prof William Mapleson publicou um artigo no British Journal of Anaesthesia descrevendo pela primeira vez a classificação de Mapleson para sistemas de respiração². Embora nomeado depois dele, os cinco sistemas semi-fechados que compõem a classificação foram desenhados pela primeira vez por seu colega Dr. William Mushin³.

Classificação Mapleson	Diagrama FGF = fluxo de gás fresco RB = bolsa reservatório APL = válvula ajustável limitadora de pressão Pt = paciente	Volume de fluxo de gás fresco para prevenir reinalação em ventilação espontânea (múltiplos de VM)
A <i>Macgill Lack (coaxial)</i>		0,8 – 1,0
B		1,5 – 2,0
C <i>Water</i>		1,5 – 2,0
D <i>Bain (coaxial)</i>		2,0 – 3,0
E <i>Peça T de Ayer</i>		2,0 – 3,0
F <i>Peça T de Ree</i>		2,0 – 3,0

Figura 1: Classificação de Mapleson para circuitos respiratórios

Sistema Mapleson A

Este sistema de respiração consiste em uma bolsa reservatório presente na máquina de anestesia e uma válvula APL até o paciente, separados por 110-180 cm de tubo.

Durante a primeira respiração, todos os gases inalados estão frescos e não contêm qualquer gás exalado. À medida que o paciente expira, os gases de espaço morto são os primeiros a serem exalados. Como não houve troca de gases, eles contêm a mesma mistura gasosa que foi inalada pelo paciente.

Enquanto isso, o fluxo de gás fresco preenche o restante da tubulação e da bolsa reservatório. A partir do aumento na pressão do sistema e a expiração do paciente, os gases alveolares que foram utilizados na troca de gases são forçados a sair através da válvula APL. Quando o paciente retoma a respiração seguinte, os gases do espaço morto da respiração anterior são inspiradas em primeiro lugar, seguido por gás novo da bolsa reservatório.

O sistema Mapleson A é mais eficiente quando utilizado em pacientes em respiração espontânea. Em tais casos, um fluxo de gás fresco equivalente ao volume minuto é necessário para que o gás fresco seja acomodado na bolsa reservatório e no tubo inspiratório (550ml). No entanto, se for utilizado em pacientes ventilados, o sistema é ineficiente com alta pressão do ventilador, forçando o fluxo de gás fresco através da válvula APL, preferencialmente, antes mesmo do que gás alveolar expirado. Por isso, exige muito alto fluxo de gás fresco para evitar reinalação.

Devido à disposição do sistema, o peso e a posição da válvula APL na extremidade próxima ao paciente, o mesmo pode ser inconveniente. O sistema coaxial (sistema Lack) foi desenvolvido para isto: apresenta o tubo expiratório dentro do membro inspiratório e, portanto, tem válvula APL e bolsa reservatório longe do paciente enquanto ainda mantém o sistema Mapleson A.

Sistemas Mapleson B e C

Os sistemas Mapleson B & C são semelhantes, tendo tubulação entre a bolsa e o fluxo de gás fresco, o que mais funciona como um reservatório. Como a válvula APL fica entre o fluxo de gás fresco e o paciente, o gás fresco que não for envolvido na troca de gás é expelido durante a expiração, juntamente com os gases expirados do paciente em ventilação espontânea. Um processo semelhante ocorre quando o paciente é ventilado: gás fresco passa através da válvula APL antes que possa ser administrada ao paciente. Nenhum destes sistemas é eficiente para respiração espontânea ou ventilação, necessitando um fluxo de 1,5 a 2 vezes o volume minuto para evitar reinalação.

Sistema Mapleson D

O sistema Mapleson D caracteriza-se pelo fluxo de gás fresco sendo introduzido na extremidade final do sistema. A válvula APL e bolsa reservatório estão na extremidade da máquina de anestesia, e o sistema é separado do paciente através de 180 centímetros de tubo. Uma vantagem disto é que todos os componentes pesados estão longe do paciente.

Os sistemas Mapleson D são mais eficientes quando usados para pacientes ventilados. Como o ventilador fornece a respiração, o paciente inspira gás vindo do fluxo de gás fresco e do reservatório. À medida que o paciente expira, o gás residual passa ao longo dos tubos e sai do sistema através da válvula APL. Durante a pausa expiratória, o fluxo de gás fresco preenche o tubo, empurrando ainda mais o gás residual para fora através da válvula APL. No momento em que a próxima respiração é entregue pelo ventilador, o tubo está cheio de gás fresco. Neste caso, um fluxo de gás equivalente ao volume minuto é necessária para evitar reinalação.

Se um sistema Mapleson D for usado para pacientes em respiração espontânea, os gases expirados do paciente são recolhidos no tubo e na bolsa reservatório antes que a pressão gerada seja suficiente para abrir a válvula APL. Isto causa reinalação significativa, a menos que seja usado um fluxo de 2 a 3 vezes o volume minuto.

Uma configuração comumente é utilizada no sistema coaxial Mapleson D, também chamado sistema de Bain, onde o fluxo de gás fresco é entregue através de um tubo interior, e os gases residuais são removidos através de um tubo exterior. Isto reduz a “desordem” em torno da máquina de anestesia. No entanto, o tubo interno pode dobrar, gerar vazamento ou desconectar, resultando em hipóxia. Esta é uma desvantagem de todos os sistemas coaxiais.

Sistemas Mapleson E e F

Os sistemas Mapleson E e F são sistemas sem válvulas que oferecem baixa resistência à respiração e, portanto, são usados em pacientes pediátricos até 30 kg. Ambos os sistemas têm o fluxo de gás fresco próximo ao paciente, ligado a um tubo de extremidade aberta. No sistema Mapleson F, há uma bolsa reservatório de dupla extremidade no final do tubo.

Durante a inspiração, o paciente inala gás diretamente do fluxo de gás fresco e o gás que coletado na tubulação. O paciente então exala o gás do espaço morto seguido do gás que tem sido utilizado na troca. Durante a pausa expiratória, a pressão do fluxo de gás fresco empurra todo este gás expirado para fora do tubo. No sistema Mapleson F, um tanto desta mistura gasosa é recolhida na bolsa reservatório. Um alto fluxo de gás fresco, cerca de 2 a 3 vezes o volume minuto, é necessária para evitar reinalação.

Estes sistemas têm algumas desvantagens. Uma vez que nenhuma válvula APL está presente, não é possível limpar o gás residual: este é ventilado diretamente para o ambiente. Além disso, não é possível gerar uma pressão positiva no sistema Mapleson E, o que significa que CPAP não pode ser usado. Além disso, a ausência de uma bolsa reservatório faz com que a ventilação manual nestes paciente se torne mais difícil.

SISTEMAS CIRCULARES

O sistema circular melhora a eficiência da distribuição de gás anestésico por meio da reciclagem de gás que é expirado do paciente e, assim, reduz a quantidade de fluxo de gás fresco necessário.

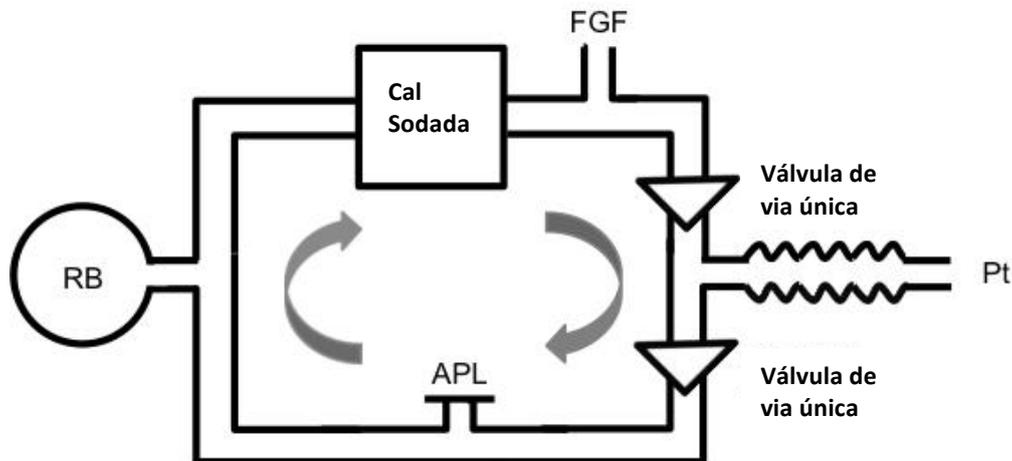


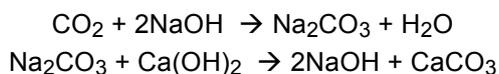
Figura 2: Sistema Circular

O fluxo de gás fresco deixa a máquina de anestesia e vai até o paciente através de uma válvula de direção única. Quando ocorre a expiração, os gases exalados do paciente passam através de uma válvula de via única para a válvula APL, em seguida, para a bolsa reservatório (ou ventilador). Antes deste gás expirado ser misturado ao fluxo de gás fresco e entregue novamente ao paciente, ele passa através da cal sodada, a qual absorve o dióxido de carbono. Inicialmente, um alto fluxo de gás fresco é necessário a fim de preencher o sistema de respiração com a mistura desejada e equilibrar o sistema. Após, um fluxo mínimo de 0,5 litros por minuto pode ser utilizado.

Um sistema circular pode ser semi-fechado ou fechado. Em um sistema circular semi-fechado, a válvula APL é aberta e permite que o excesso de gás possa ser removido do sistema, reduzindo o risco de barotrauma. No entanto, o fluxo de gás fresco relativamente elevado permite que um vaporizador externo ao circuito (COV) possa ser utilizado, o qual pode apresentar uma porcentagem mais elevada e mais precisa do gás anestésico para a mistura.

Em um sistema circular fechado, a válvula APL está completamente fechada. Embora este seja o sistema de ventilação anestésica mais eficiente, deixa pouca margem para erro. O fluxo de gás fresco deve atender as necessidades exatas do paciente, e a cal sodada deve absorver todo o dióxido de carbono expirado. O fluxo mínimo neste sistema só permite o uso de um vaporizador dentro do circuito. Uma descrição detalhada dos vaporizadores está além do âmbito deste artigo.

Um dos componentes mais importantes do sistema circular é a cal sodada. Esta é uma mistura de 80% de hidróxido de cálcio, 4% de hidróxido de sódio e 16% de água. Também contém um corante sensível ao pH, o qual indica quando os grânulos estão esgotados. Os grânulos de cal de soda são descritos como 4-8 mesh, o que significa que cada grânulo vai encaixar através de uma malha que tem 4 aberturas por polegada, mas não uma que tem 8. A seguinte reação exotérmica ocorre:



Fatores importantes sobre os sistemas circulares:

- As válvulas de sentido único podem trancar por vapor de água dentro do sistema e resultar em aumento do espaço morto.
- As válvulas de sentido único aumentam a resistência da ventilação no sistema
- Um fluxo de gás fresco mais baixo resulta num tempo maior para que as alterações na mistura de gás anestésico possam ocorrer.
- Monitorar a composição do gás dentro do circuito é essencial
- O uso de Sevoflurano em um fluxo de gás fresco abaixo de 1L/min pode gerar Composto A pela reação com a Cal Sodada. Apesar de ser nefrotóxico em ratos, não há evidencia deste achado em humanos.
- Deve-se estar familiarizado que a cor do corante sensível ao pH, pois diferentes fabricantes utilizam cores diferentes a fim de indicar que sua capacidade absorptiva esta esgotada.

A distribuição desigual dos grânulos de cal sodada no recipiente faz com que o gás flua de forma desigual e reduz a eficiência da cal sodada.

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Mapleson A	Eficiente para pacientes em ventilação espontânea.	Ineficaz em paciente em ventilação. A válvula APL próxima ao paciente pode dificultar no manuseio.
Mapleson B		Ineficiente em pacientes ventilando espontaneamente ou mecanicamente.
Mapleson C	Leve e compacto	Ineficiente em pacientes ventilando espontaneamente ou mecanicamente.
Mapleson D	Eficiente para pacientes ventilados. Os componentes pesados estão longe do paciente. Pode ter um longo ramo inspiratório: bom para uso em ambiente de ressonância magnética.	Ineficiente para ventilação espontânea
Mapleson E	Útil para pacientes com menos de 30 kg devido à baixa resistência por falta de válvula.	Difícil de limpar o gás residual. Exige alto fluxo de gás fresco.
Mapleson F	Útil para pacientes com menos de 30 kg com baixa resistência devido à falta de válvula. Bolsa reservatório permite a ventilação.	Difícil de retirar o gás residual. Exige alto fluxo de gás fresco.
Circuito semi-fechado	Eficiente para a manutenção da anestesia. Alto fluxo de gás fresco permite o uso de vaporizador fora do circuito.	Menos eficiente que o circuito fechado.
Circuito fechado	Altamente eficiente; pode ser usado com fluxos mínimos.	O fluxo de gás fresco deve atender as demandas do paciente em todos os momentos.

Figura 3: Resumo das vantagens e desvantagens dos sistemas de ventilação em anestesia

Respostas das perguntas

1) Quando manejamos um paciente de 70kg em respiração espontânea, o seguinte fluxo de gás fresco seria suficiente para prevenir reinalação:

- Verdadeiro.** Um paciente de 70kg tem um volume corrente de 7ml/kg, que multiplicado pela frequência respiratória de 12, dá 5,8 litros por minuto. Um sistema Mapleson A requer um fluxo de gás fresco equivalente ao volume minuto para prevenir reinalação
- Falso.** O sistema Water é um sistema Mapleson C, que exige 1,5 a 2 vezes o volume minuto, que é pelo menos 8,8 litros por minuto.
- Verdadeiro.** Um sistema Bain é um sistema Mapleson D coaxial
- Verdadeiro.** O sistema Mapleson B precisa de um FGF de pelo menos 9 litros por minuto
- Falso.** Um peça T de Ree é um sistema Mapleson F, que requer um fluxo de gás fresco 2 a 3 vezes o volume minuto para prevenir reinalação.

2) No que se refere aos sistemas de respiração Mapleson:

- Falso.** O sistema Bain é um Mapleson D coaxial. Um sistema Mapleson A coaxial é também conhecido como sistema Lack
- Verdadeiro.** O sistema Mapleson D é o mais eficiente em pacientes ventilados
- Falso.** As características do sistema Mapleson C são um válvula APL entre o fluxo de gás fresco e o paciente. Os sistemas avalvulados são os sistemas Mapleson E e F
- Falso.** Enquanto um sistema Mapleson E é somente adequado para uso em pacientes até 30kg, ele é um peça T de Ayre. Peça T de Ree é o sistema Mapleson F
- Verdadeiro.** A válvula ajustável de pressão exige uma pressão de 1cm H₂O para abrir na configuração mínima

3) No que se refere aos sistemas circulares:

- Verdadeiro.** Uma alta taxa de fluxo de gás fresco é inicialmente necessária para equilibrar o sistema
- Falso.** O componente principal da cal sodada é o hidróxido de cálcio
- Verdadeiro.** Composto A pode ser gerado pela reação de sevoflurano com cal sodada em baixos fluxos
- Verdadeiro.** Se uma válvula unidirecional ficar travada, ela leva a um aumento no espaço morto do sistema
- Verdadeiro.** Um sistema circular fechado requer um fluxo de gás fresco menor que um sistema semi-fechado

Referências e Leituras Adicionais

- Jaul TK, Mittal G. Mapleson's Breathing Systems. *Indian J Anaesth.* 2013 Sep-Oct; **57**(5): 507-515.
- Mapleson W. The Elimination of Rebreathing in Various Semi-Closed Anaesthetic Systems. *Brit J Anaesth.* 1954; **26**: 323.
- Mapleson W. Editorial I: Fifty Years After – Reflection On “The Elimination of Rebreathing in Various Semi-Closed Anaesthetic Systems”. *Brit J Anaesth.* 2014; **93**(3): 319-321.
- Al-Shaikh B, Stacey S. *Essentials of Anaesthetic Equipment.* Elsevier. 2007, 3rd edition.
- Davis P, Kenny G. *Basic Physics & Measurement in Anaesthesia.* Elsevier. 2003, 5th edition.
- Spoors C, Kiff K. *Training in Anaesthesia: The Essential Curriculum.* Oxford University Press. 2010, 1st edition.



Este trabalho está licenciado pela Atribuição Não-Comercial Creative Commons 3.0 Unported License. Para ver uma cópia dessa licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>