



Ventilação Protetora Pulmonar no Centro Cirúrgico

A ventilação mecânica é uma terapia de suporte essencial durante a anestesia geral. No entanto, a ventilação mecânica pode contribuir para o comprometimento da oxigenação e troca gasosa, principalmente devido à atelectasia. Neste artigo, discutiremos as diversas opiniões e abordagens referentes a prevenção do colapso pulmonar durante a anestesia geral. Concluímos ao apresentar nossas mais recentes soluções de tecnologia projetadas para simplificar o fluxo de trabalho, fornecer melhor visibilidade através do monitoramento contínuo e ajudar os médicos a melhorarem o atendimento ao paciente por meio da análise avançada de dados.

Atelectasia durante a anestesia geral

Globalmente, mais de 200 milhões de pacientes são submetidos à anestesia geral e recebem ventilação mecânica a cada ano.¹⁻⁴ De modo geral, a anestesia é um método eficaz para possibilitar procedimentos cirúrgicos, sendo a ventilação mecânica essencial durante a anestesia geral. No entanto, a ventilação mecânica também pode contribuir para o comprometimento da oxigenação e troca gasosa, principalmente devido à atelectasia – o colapso parcial ou total de todo o pulmão ou lobos.^{5,6} Estima-se que a atelectasia ocorra minutos após a indução anestésica e possa se estender até o pós-operatório para até 90% dos pacientes, tornando-se uma das complicações mais comuns na sala de cirurgia.⁴⁻⁶ Compressão do tecido pulmonar, absorção do ar alveolar e comprometimento da função do surfactante são os três mecanismos fisiológicos^{5,6} que podem contribuir para o desenvolvimento de atelectasia durante a anestesia geral.

- **A atelectasia por compressão** ocorre quando o diafragma se desloca de forma cefálica e relaxada, tornando-o menos eficaz na manutenção de pressões diferenciais entre as cavidades torácica e abdominal. Isso causa uma redução na pressão transmural que por sua vez comprime o alvéolo a um nível que o permite entrar em colapso.

- **Atelectasia por absorção** ocorre quando um grande volume de nitrogênio no pulmão é substituído por oxigênio. O oxigênio pode ser absorvido subsequentemente no sangue, reduzindo o volume dos alvéolos e resultando no colapso alveolar.

- **Atelectasia por perda de surfactante** ocorre quando o surfactante pulmonar que cobre a grande superfície alveolar fica comprometido durante a exposição à anestesia. Essa exposição pode deprimir a função estabilizadora do surfactante e criar um colapso alveolar.

Além dos três mecanismos fisiológicos, o seguinte procedimento (não uma lista exaustiva) e os fatores do paciente podem influenciar a formação de atelectasia:

Fatores do procedimento	Fatores do paciente
Cirurgias torácicas e abdominais	Idade
Posição do corpo	Aumento do índice de massa corporal
Circulação extracorpórea	Tabagismo
Aumento da pressão intra-abdominal	Gravidez

A atelectasia durante a anestesia geral contribui para o desenvolvimento de complicações pulmonares pós-operatórias (CPPs). Embora as taxas de incidência de CPPs variem até 23%,² foi demonstrado que a função pulmonar comprometida aumenta:

- (a) mortalidade a curto e longo prazo
- (b) morbidade
- (c) custos de cuidados de saúde²

Somente as CPPs contribuíram para uma taxa de mortalidade de 11,9% em pacientes submetidos a procedimentos gastrointestinais. Além disso, um tempo de internação adicional na UTI entre 4,5 e 7,1 dias corresponde a um aumento associado no custo de aproximadamente R\$106.000,00*.

Ventilação pulmonar protetora intraoperatória: resumo da evidência clínica

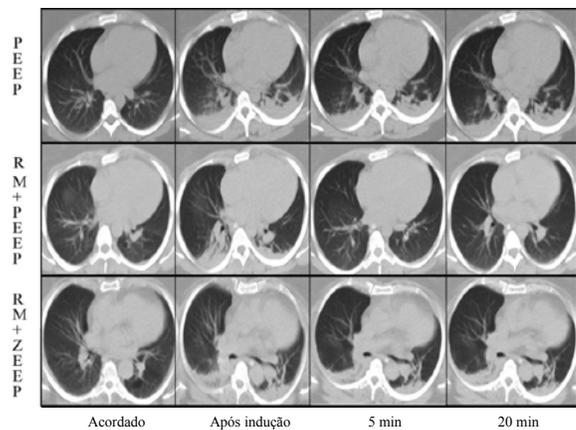
Embora haja consenso de que a atelectasia durante a anestesia geral é um problema clínico com impacto financeiro e na saúde, há uma infinidade de opiniões e escolas de pensamento sobre como evitar o colapso pulmonar durante a anestesia geral.

Estratégias de ventilação protetora têm sido usadas na medicina intensiva e podem ser levadas para a sala de cirurgia com o objetivo de melhorar os resultados pós-operatórios. Evidências crescentes sugerem que estratégias profiláticas de Ventilação pulmonar protetora (LPV) que usam baixos volumes correntes (VC), PEEP moderada e manobras de recrutamento (MRs) podem fornecer proteção intraoperatória pela redução da incidência de CPPs.^{1, 2, 4-6} Isso pode levar a melhores resultados pós-operatórios fisiológicos e clínicos. No entanto, o papel e a capacidade dessas estratégias por si só ainda precisam ser totalmente compreendidos. Reinius et al. demonstraram que em pacientes obesos mórbidos, as manobras de PEEP e recrutamento, quando aplicadas individualmente, não reduziram a atelectasia.⁸

Entretanto, uma manobra de recrutamento seguida por uma PEEP recrutou áreas atelectásicas do pulmão, melhorou a oxigenação arterial e aumentou a complacência do sistema respiratório em alguns casos.⁸

Manobras de recrutamento alveolar

As manobras de recrutamento (MRs) destinam-se a recrutar alvéolos colapsados aplicando aumentos transitórios na pressão transpulmonar. Na seção seguinte, vamos nos concentrar no recrutamento em uma única etapa e em várias etapas como parte de uma estratégia de ventilação mecânica protetora intraoperatória.

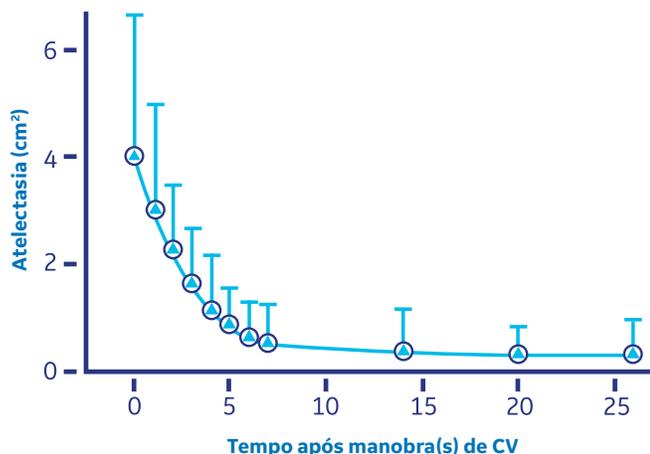


Imagens pulmonares tomográficas representativas em cada um dos três grupos (PEEP, MR + PEEP e MR + ZEEP) em quatro momentos (acordado, após a indução, 5 minutos e 20 minutos após a indução). ZEEP = pressão expiratória final zero.⁸

*Valor aproximado baseado na cotação do dólar do dia 30/09/19.

Capacidade Vital: manobra de recrutamento em uma única etapa

O método de Manobra de valsalva manual ou de Capacidade Vital (VC) de aplicar e manter uma pressão de insuflação definida por um período específico de tempo provou ser eficaz em alguns casos. Em pacientes submetidos a procedimentos neurocirúrgicos ou oculares, o recrutamento de pulmões adultos saudáveis para 40 cm H₂O reexpandiu de forma eficaz o tecido pulmonar anteriormente colapsado nos primeiros⁷⁻⁸ segundos da manobra de VC.⁹ O quadro abaixo demonstra atelectasia juntamente com as medições de gasometria arterial, antes e após a capacidade vital, aplicadas pelo menos 15 minutos após a indução da anestesia e mantida por 26 segundos.⁹



Análise do sangue arterial antes e após a manobra de CV

	Antes	Após	P
pH	7.44 (0.03)	7.44 (0.04)	0.20
Pa _{CO₂} (kPa)	4.80 (0.6)	4.70 (0.7)	0.30
Pa _{O₂} (kPa)	17.2 (4.0)	22.2 (6.0)	.013
Sa _{O₂} (%)	98.3 (0.9)	98.7 (0.5)	0.10
Bicarbonato (mEq litre ⁻¹)	24.6 (1.2)	24.8 (1.1)	0.50
BE (mEq litre ⁻¹)	0.10 (1.4)	0.20 (1.1)	0.90

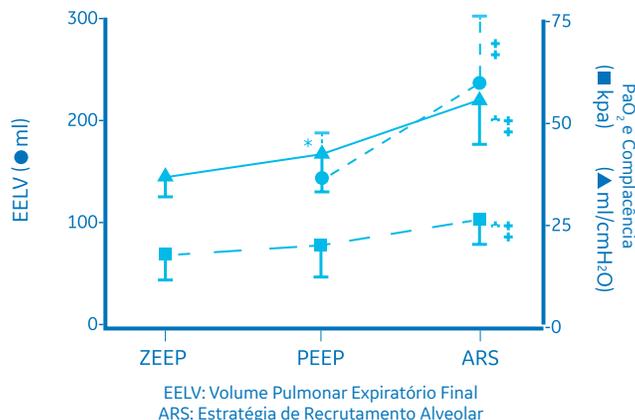
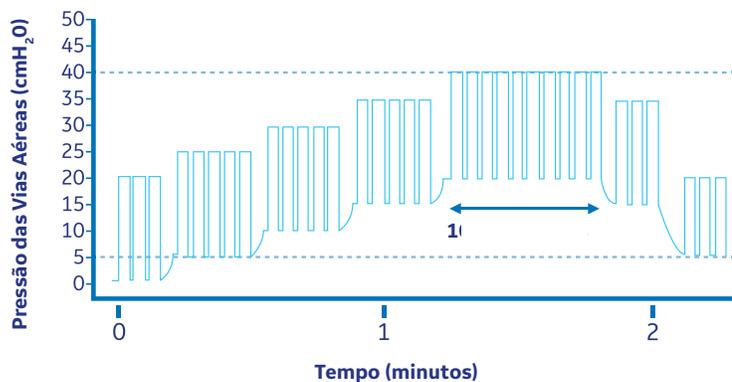
Embora não exista uma abordagem única para todos os pacientes, uma metanálise recente ofereceu as seguintes observações:

1. **A redução de FiO₂ em populações de pacientes que podem tolerá-la ainda pode fornecer oxigenação adequada, reduzindo a formação de atelectasia.**
2. **Uma manobra de CV (+40 cm H₂O por 15 segundos) associada a PEEP (+10 cm H₂O) é eficaz na prevenção de formação de atelectasia e complicações pós-operatórias.**

Outras estratégias de recrutamento de capacidade vital também provaram ser benéficas. Os resultados do estudo de Ventilação Protetora Intraoperatória (IMPROVE) sugerem que uma estratégia profilática de ventilação protetora pulmonar (neste caso, VC de 6-8 ml/kg de peso corporal previsto, PEEP de 6-8 cm H₂O, e manobra de recrutamento de 30 cm H₂O por 30 segundos e repetida a cada 30 minutos), produz menos complicações pós-operatórias em alguns casos.¹⁰

Ciclo: manobra de recrutamento de várias etapas

Embora as estratégias de insuflação sustentada de etapa única tenham se mostrado eficazes, as manobras de recrutamento de várias etapas (ou gradual) também podem ser benéficas. Manobras de recrutamento que empregam um aumento incremental na pressão das vias aéreas e/ou PEEP são conhecidas como MRs graduais. Estas MRs permitem um aumento gradual na pressão transpulmonar. Uma estratégia de MR gradual na ventilação controlada por pressão (frequência respiratória de 15, relação I/E de 1:1 e PEEP incrementalmente aumentada em 5 cm H₂O de 0 cm H₂O para 20 cm H₂O) levaram ao aumento da oxigenação arterial, volume pulmonar expiratório e complacência pulmonar em pacientes submetidos à cirurgia abdominal inferior aberta.¹¹ A estratégia de recrutamento alveolar está resumida abaixo. Após a MR gradual, como os dados ilustram, o espaço morto foi reduzido, a eliminação de CO₂ foi melhorada e a eficiência da ventilação nos pacientes foi melhorada.¹¹



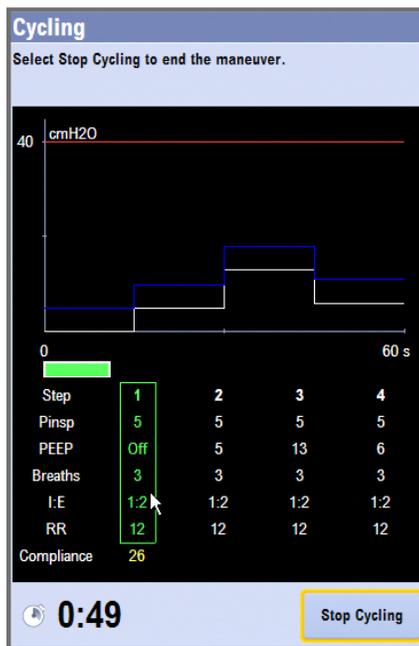
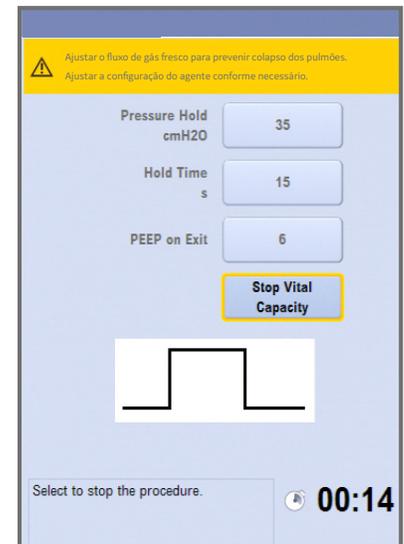
Soluções de tecnologia de proteção pulmonar da GE Healthcare

Manobras de recrutamento alveolar automatizadas: fluxo de trabalho simplificado para ajudar médicos no atendimento ao paciente

Os sistemas de aplicação de anestesia mais recentes da GE Healthcare são projetados para simplificar o fluxo de trabalho e ajudar os médicos a oferecer atendimento mais eficaz ao paciente. Nas últimas edições de software para a Anestesia Aisys CS2 GE, o Avance CS2 e a Série Carestation 600, os procedimentos de manobra de recrutamento alveolar foram automatizados. São referidos como Capacidade Vital e Ciclo nos Procedimentos chave. Esses recursos automatizados permitem que o médico realize os procedimentos com precisão e eficiência.

Capacidade Vital

O recurso Capacidade Vital automatiza a manobra manual de capacidade vital manual e oferece uma maneira simples de fornecer uma ventilação à pressão sem fazer várias alterações na configuração do ventilador. A configuração PEEP ao sair fornece uma maneira de alterar a configuração de PEEP do ventilador automaticamente no final do procedimento de capacidade vital.



Ciclo

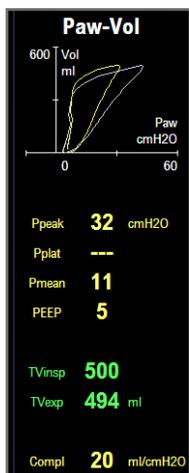
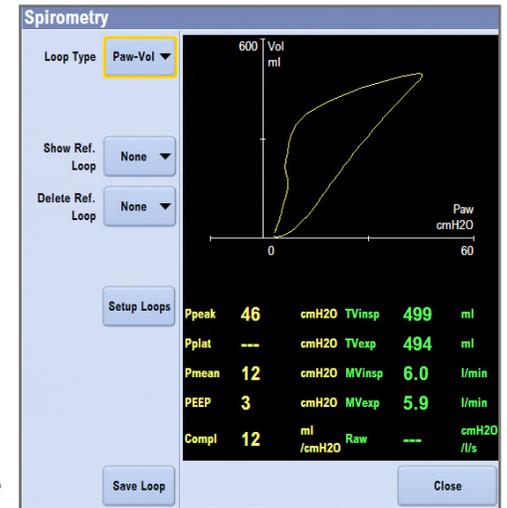
O recurso Ciclo automatiza a manobra de recrutamento de várias etapas. É um recurso programável, automatizado que permite aos médicos aumentar e diminuir os níveis da PEEP durante a ventilação mecânica. O recurso Ciclo oferece uma maneira flexível de fornecer variações de pressão durante a ventilação, sem fazer várias alterações na configuração do ventilador. Quatro perfis de ciclo com até sete etapas predefinidas estão disponíveis. As etapas padrão e as configurações de ventilação de cada procedimento podem ser predefinidas pelo Super User (Superusuário). As configurações de ventilação de cada etapa podem ser alteradas pelo usuário antes de iniciar um procedimento. Na versão mais recente do software Aisys CS2, a etapa ativa pode ser visualizada em uma caixa verde junto com as tendências das medidas de complacência que mostram a eficácia dos procedimentos pulmonares automatizados em tempo real.

Espirometria do paciente: complacência pulmonar como um parâmetro fundamental na avaliação da eficácia do recrutamento durante a anestesia

A complacência pulmonar reflete a distensibilidade do sistema respiratório. É definida como uma diferença de pressão necessária para expandir o pulmão até um determinado volume. A complacência pulmonar dinâmica é calculada dividindo-se o VC pela diferença entre PIP e PEEP: complacência dinâmica = VC/(PIP - PEEP). Como um valor dinâmico contínuo, fornece uma ferramenta fácil para o clínico acompanhar as alterações respiratórias e ajustar as configurações do ventilador adequadamente.

Um aumento na complacência pulmonar imediatamente após a aplicação de uma manobra de recrutamento alveolar presumivelmente refletiria uma redução na atelectasia e resultaria em um aumento na PaO₂ devido a melhor adequação da ventilação e perfusão.

A Espirometria do Paciente, apresentada na Anestesia Aisys CS2 GE, Avance CS2 e Série Carestation 600, mede as pressões das vias aéreas, o fluxo, os volumes, a complacência e a resistência das vias aéreas, de respiração a respiração, nas vias aéreas do paciente. As inter-relações dinâmicas de pressão e volume, fluxo e volume e pressão e fluxo são exibidas como loops gráficos.



Esta figura demonstra os efeitos de diferentes configurações de PEEP (e, conseqüentemente manobras de recrutamento) na complacência do paciente. O loop salvo (branco) ilustra a diminuição da complacência. A situação é alterada aumentando-se a configuração da PEEP para 5 cmH₂O que melhora claramente a complacência pulmonar (amarelo).

Durante o procedimento ciclo, o valor de complacência dinâmica será exibido em cada nível de PEEP, permitindo assim que o médico entenda quando o recrutamento é alcançado e o nível ideal de PEEP para esse paciente específico.

Varição da pressão diferencial (dPP) e variação da pressão sistólica (VPS): monitoramento contínuo da estabilidade hemodinâmica do paciente

A ventilação com pressão positiva provoca alterações na pressão arterial no interior da cavidade torácica. A pressão arterial aumenta durante a fase inspiratória e diminui durante a fase expiratória. A magnitude dessas alterações depende do estado dos fluidos do paciente. Em pacientes hipovolêmicos, essas oscilações são maiores em comparação com pacientes normovolêmicos ou hipervolêmicos. Este é um fenômeno bem conhecido.

As ferramentas de Variação de Pressão de Pulso (dPP) e Variação de Pressão Sistólica (VPS) encontradas nos Monitores de Pacientes CARESCAPE da GE Healthcare (B850, B650 e B450) juntamente com a Aisys CS2, Avance CS2 e Carestation 600 podem ser usadas para realizar de forma eficaz a estratégia de proteção pulmonar centrada no paciente. A dPP e a VPS são ferramentas de decisão clínica que podem ajudar a prever a instabilidade hemodinâmica induzida pela pressão expiratória final positiva bem como pelas manobras de recrutamento.

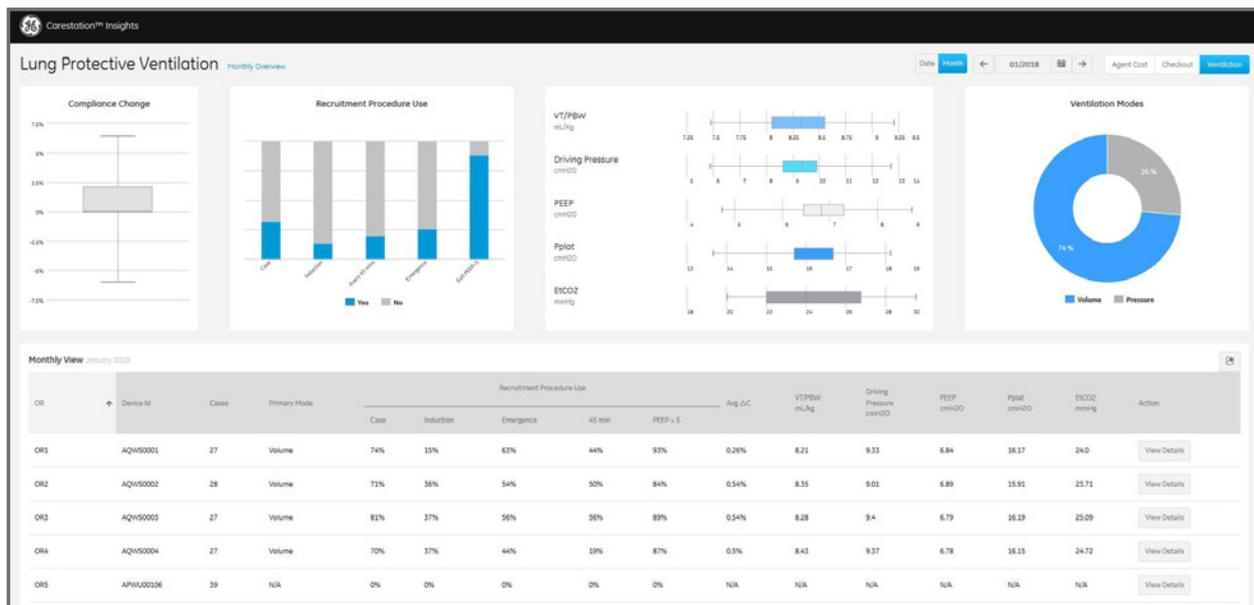
Um aumento da pressão intratorácica pode aumentar a pós-carga do ventrículo direito, comprimir as veias intratorácicas e reduzir o débito cardíaco. Os pulmões também podem exercer um efeito compressivo no coração e comprometer a complacência cardíaca. A variação da sobrecarga cardíaca pode ser refletida na dPP e VPS, portanto, o médico pode utilizar o valor de dPP e VPS para auxiliar na decisão sobre o impacto potencial do recrutamento alveolar na hemodinâmica.

Carestation Insights: análise de dados de anestesia para fornecer maior visibilidade à ventilação e resposta pulmonar

O Carestation Insights é um conjunto de aplicativos analíticos baseados em nuvem projetado para ajudar os médicos a tomarem decisões baseadas em dados para melhorar os resultados. O Carestation Insights analisa mais de 300 pontos de dados abrangendo valores de ventilação, valores de gás, alarmes, códigos de erro e status da máquina.

O aplicativo Lung Protective Ventilation registra as configurações de respostas ventilatórias em todas as máquinas de anestesia conectadas. Este aplicativo fornece dados aos hospitais para apoiar suas iniciativas de proteção pulmonar, impulsionar melhores resultados clínicos e ajudar a reduzir complicações pós-operatórias.

Este aplicativo fornece a visibilidade necessária para impulsionar a mudança comportamental. Ele fornece um mecanismo de rastreamento para dados contínuos e tendências das principais configurações e parâmetros de ventilação, permitindo uma visão a nível de gerência da sala cirúrgica e de conformidade com o protocolo LPV. Além disso, uma relação de causa e efeito entre as configurações de ventilação, e o resultado intraoperatório do paciente através de uma maior conscientização das mudanças na complacência pulmonar do paciente, ajudar na educação dos médicos sobre o impacto de sua prática nos resultados dos pacientes.



A GE Healthcare fornece uma solução holística para monitorar, fornecer e ativar cada aspecto de uma estratégia de ventilação protetora pulmonar. Para determinar qual é a melhor solução GE para você, entre em contato com seu representante da GE Healthcare ou visite www.gehealthcare.com.



Referências

1. E. Futier, E. Marret, S. Jaber, *Perioperative positive pressure ventilation: an integrated approach to improve pulmonary care. Anesthesiology* 121, 400-408 (2014).
2. A. Miskovic, A. B. Lumb, *Postoperative pulmonary complications. Br J Anaesth* 118, 317-334 (2017).
3. N. M. Goldenberg, B. E. Steinberg, W. L. Lee, D. N. Wijeyesundera, B. P. Kavanagh, *Lung-protective ventilation in the operating room: time to implement? Anesthesiology* 121, 184-188 (2014).
4. A. Güldner et al., *Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers. Anesthesiology* 123, 692-713 (2015).
5. M. Duggan, B. P. Kavanagh, *Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity. Anesthesiology* 102, 838-854 (2005).
6. L. Magnusson, D. R. Spahn, *New concepts of atelectasis during general anaesthesia. Br J Anaesth* 91, 61-72 (2003).
7. L. A. Fleisher, W. T. Linde-Zwirble, *Incidence, outcome, and attributable resource use associated with pulmonary and cardiac complications after major small and large bowel procedures. Perioper Med (Lond)* 3, 7 (2014).
8. H. Reinius et al., *Prevention of atelectasis in morbidly obese patients during general anesthesia and paralysis: a computerized tomography study. Anesthesiology* 111, 979-987 (2009).
9. H. U. Rothen et al., *Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia. Br J Anaesth* 82, 551-556 (1999).
10. E. Futier et al., *A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. N Engl J Med* 369, 428-437 (2013).
11. G. Tusman, S. H. Böhm, F. Suarez-Sipmann, E. Turchetto, *Alveolar recruitment improves ventilatory efficiency of the lungs during anesthesia. Can J Anaesth* 51, 723-727 (2004).

GE imagination at work

GE Healthcare
www.gehealthcare.com.br
Service Center GE Healthcare
011 3004 2525 para capitais e regiões metropolitanas
0800 165 799 para as demais cidades

Os produtos/tecnologias mencionados neste material estão sujeitos à regulamentação do governo. Seu embarque e efetiva comercialização só poderão ocorrer após a aprovação do regulador.

Os produtos/tecnologias podem estar com nome fantasia distinto do aprovado, sua comercialização ocorrerá sob o nome registrado.

© 2019 General Electric Company - Todos os direitos reservados. A GE Healthcare reserva-se o direito de fazer alterações nas especificações e nos recursos apresentados neste documento ou de descontinuar o produto descrito em qualquer momento, sem notificação ou obrigação prévia. Entre em contato com um representante da GE Healthcare para obter informações mais atuais. GE Medical Systems, Inc., realizando negócios como GE Healthcare. GE Healthcare, uma divisão da General Electric Company. GE, GE Monogram, Aisys, Avance e Carestation são marcas comerciais da General Electric Company.