



Ventilación para la protección pulmonar en el quirófano

La ventilación mecánica es un soporte esencial durante la anestesia. Sin embargo, la ventilación mecánica puede contribuir a la disminución de la oxigenación y el intercambio de gases, debido principalmente a las atelectasias. En este artículo, discutimos las diversas opiniones y enfoques para prevenir el colapso pulmonar durante la anestesia general. Concluimos con la presentación de nuestras últimas soluciones tecnológicas diseñadas para simplificar el flujo de trabajo, proporcionar una mejor visibilidad a través del monitoreo continuo y ayudar a los médicos a mejorar la atención del paciente a través del análisis avanzado de datos.

Atelectasia en la anestesia general

A nivel mundial, más de 200 millones de pacientes se someten a anestesia general y reciben ventilación mecánica cada año.¹⁻⁴ En síntesis, la anestesia general es un método eficaz para permitir procedimientos quirúrgicos, siendo la ventilación mecánica esencial durante la anestesia general. Sin embargo, la ventilación mecánica también puede contribuir a la alteración de la oxigenación y el intercambio de gases, principalmente debido a las atelectasias: colapso parcial o total de los lobulillos o de todo el pulmón.^{5,6} Se estima que las atelectasias ocurren a los pocos minutos de la inducción anestésica y pueden prolongarse incluso en el posoperatorio, hasta por encima del 90 % de los pacientes, lo que la convierte en una de las complicaciones más comunes en el quirófano.⁴⁻⁶ La compresión del tejido pulmonar, la absorción de aire alveolar y el deterioro de la función del surfactante son los tres mecanismos fisiológicos^{5,6} que pueden contribuir al desarrollo de la atelectasia durante la anestesia general.

- **La atelectasia por compresión** ocurre cuando el diafragma se ha desplazado hacia arriba y se ha relajado, haciéndolo menos efectivo para mantener presiones diferenciales entre las cavidades torácica y abdominal. Esto causa una reducción en la presión transmural, conllevando al alveolo a un nivel de colapso.
- **La atelectasia por absorción** se produce cuando el nitrógeno pulmonar es reemplazado completamente por el oxígeno, este puede ser posteriormente absorbido en la sangre, reduciendo el volumen de los alvéolos y dando como resultado un colapso alveolar.
- **La pérdida del surfactante** ocurre cuando el surfactante pulmonar que cubre una gran superficie alveolar está comprometida durante la anestesia. Esta puede reducir la función estabilizadora del surfactante, generando colapso pulmonar.

Además de los tres mecanismos fisiológicos, el siguiente procedimiento (no es una lista exhaustiva) y los factores del paciente pueden influir en la formación de atelectasia:

PROCEDIMIENTOS	CAUSAS DEL PACIENTE
Cirugía torácica y abdominal.	Edad
Posición del cuerpo	Aumento del índice de masa corporal
<i>Bypass Coronario</i>	Fumador
Aumento de la presión intraabdominal.	Embarazo

Las atelectasias durante la anestesia general contribuye al desarrollo de complicaciones pulmonares postoperatorias (CPP). Si bien las tasas de incidencia de CPP varían hasta un 23%,² demostrando que el compromiso pulmonar aumenta:

- (a) mortalidad a corto y largo plazo
- (b) morbilidad
- (c) costos de salud²

Sola las CPP contribuyen hasta una mortalidad del 11,9 % en pacientes que se sometieron a procedimientos gastrointestinales. Además, aumentando la estadia en la terapia intensiva posoperatoria entre 4,5 y 7,1 días, que equivalen a un incremento de costos de \$25.498,70.

Ventilación intraoperatoria para la protección pulmonar: resumen de la evidencia clínica

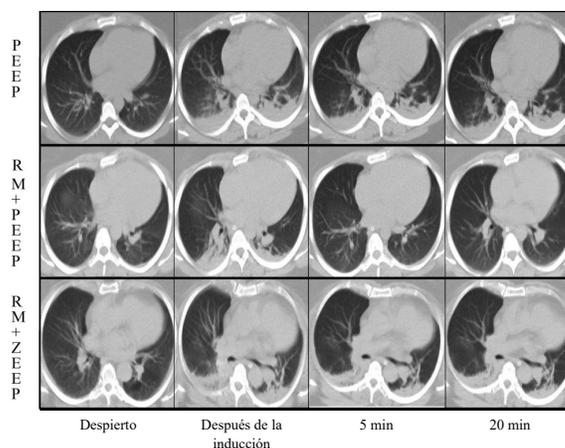
Si bien existe consenso en que las atelectasias durante la anestesia general es un problema clínico con impacto económico y en la salud, hay una gran variedad de opiniones y escuelas con multiples ideas de cómo prevenir el colapso pulmonar durante la anestesia general.

Las estrategias de ventilación protectora se han utilizado en la medicina de cuidados críticos y se pueden trasladar al quirófano con el objetivo de mejorar los resultados postoperatorios. La creciente evidencia sugiere que las estrategias de ventilación de protección pulmonar profiláctica (LPV, por sus siglas en inglés) utilizando volumens corrientes bajos (VC), PEEP moderados y maniobras de reclutamiento alveolar (RA) pueden brindar protección intraoperatoria al reducir la incidencia de las CPP.^{1,2,4-6} Esto puede conducir a mejores resultados fisiológicos y clínicos postoperatorios. Sin embargo, el papel y la capacidad de estas estrategias aún no se han entendido completamente. Reinius et al. demostraron que en pacientes con obesidad mórbida, las maniobras de PEEP y reclutamiento alveolar, cuando se aplican individualmente, no reducen la atelectasia.⁸

No obstante, una maniobra de reclutamiento seguida de PEEP abrió áreas atelectáticas del pulmón, lo que mejoró la oxigenación arterial y aumentó la distensibilidad del sistema respiratorio en algunos casos.⁸

Maniobras de reclutamiento pulmonar

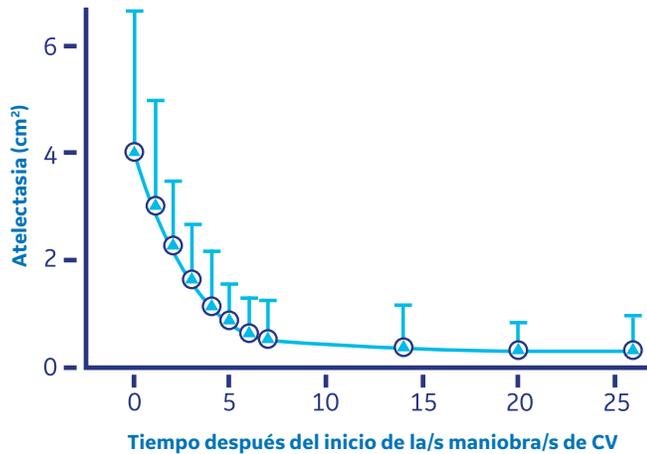
Las maniobras de reclutamiento alveolar (RA) están destinadas a abrir los alvéolos colapsados mediante la aplicación de aumentos transitorios de la presión transpulmonar. En la siguiente sección, nos centraremos en el reclutamiento alveolar de un paso como así mismo de la estrategia escalonada como parte de la ventilación mecánica protectora intraoperatoria.



Imágenes representativas de pulmón por TC en cada uno de los tres grupos (PEEP, MR + PEEP y MR + ZEEP) en cuatro puntos de tiempo (despierto, después de la inducción, 5 minutos y 20 minutos después de la inducción). ZEEP = cero presión espiratoria final.⁸

Capacidad vital: maniobra de reclutamiento de un paso

El método manual de "compresión de bolsas" o Capacidad Vital (CV) para aplicar y mantener una presión de insuflado establecida durante un tiempo específico, ha demostrado ser efectivo en algunos casos. En pacientes sometidos a procedimientos neuroquirúrgicos u oculares, los pulmones adultos sanos se insuflan hasta 40 cm H₂O, expandiendo nuevamente el tejido pulmonar previamente colapsado dentro de los primeros 7-8 segundos de la maniobra de CV.⁹ La siguiente tabla muestra las atelectasias con las respectivas mediciones de gases en sangre arterial, antes y después de la "compresión de la bolsa", aplicada al menos 15 minutos después de la inducción de la anestesia y se mantuvo durante 26 segundos.⁹



Análisis de sangre arterial antes y después de la maniobra de CV.

	Antes	Después	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

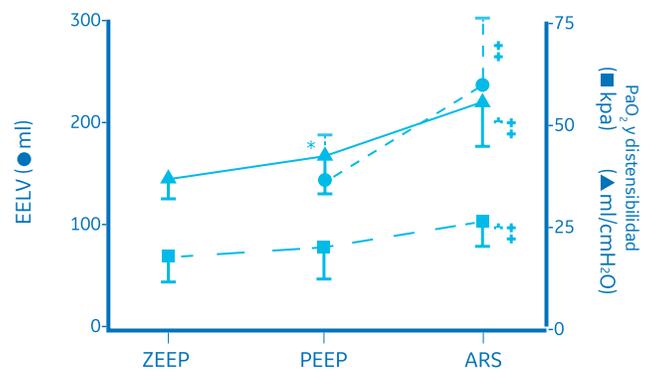
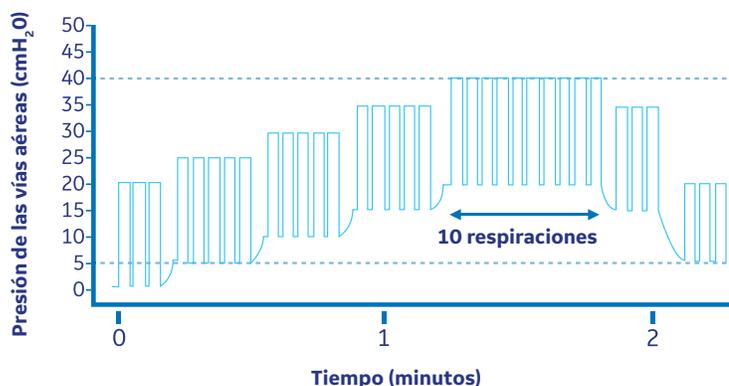
Si bien no existe un enfoque único que se adapte a todos los pacientes, un meta-análisis reciente arrojó las siguientes conclusiones:

1. La reducción de FiO₂ en los pacientes que pueden tolerarla, proporcionando una adecuada oxigenación al tiempo que reduce la formación de atelectasias.
2. Una maniobra de CV (+40 cm H₂O durante 15 segundos) junto con PEEP (+10 cm H₂O) son efectivas para prevenir la formación de atelectasias y la aparición de complicaciones postoperatorias.

Otras estrategias de reclutamiento de la capacidad vital también han demostrado ser beneficiosas. Los resultados del estudio sobre la ventilación con protección intraoperatoria (IMPROVE) sugieren que una estrategia de ventilación protectora profiláctica de los pulmones (en este caso, VT de 6-8 ml / kg de peso ideal, PEEP de 6-8 cm H₂O, y una maniobra de reclutamiento alveolar con 30 cm H₂O durante 30 segundos y repetida cada 30 minutos), produce menos complicaciones postoperatorias en algunos casos.¹⁰

Cíclica: maniobra de reclutamiento en varios pasos

Si bien las estrategias de inflación sostenida en un paso único han demostrado ser efectivas, las maniobras de reclutamiento en varios pasos (o paso a paso) también pueden ser beneficiosas. Las maniobras de reclutamiento que emplean un aumento incremental de la presión de la vía aérea y/o PEEP se conocen como MRs escalonadas. Estas MRs permiten un aumento más gradual de la presión transpulmonar. Una estrategia de MR escalonada en la ventilación controlada por presión (frecuencia ventilatoria de 15, relación I/E de 1: 1 y PEEP aumentada incrementalmente en 5 cm H₂O de 0 cm H₂O a 20 cm H₂O) condujo a un aumento de la oxigenación arterial, volumen pulmonar espiratorio y distensibilidad respiratoria en pacientes sometidos a cirugía abierta de abdomen inferior.¹¹ La estrategia de reclutamiento alveolar se resume a continuación. Después de la MR escalonada, como ilustran los datos, se redujo el espacio muerto, se mejoró la eliminación de CO₂ y la eficiencia ventilatoria de los pacientes.¹¹



EELV: Volumen Pulmonar al Final de la Espiración (por sus siglas en ingles)
ERA: Estrategia de reclutamiento alveolar

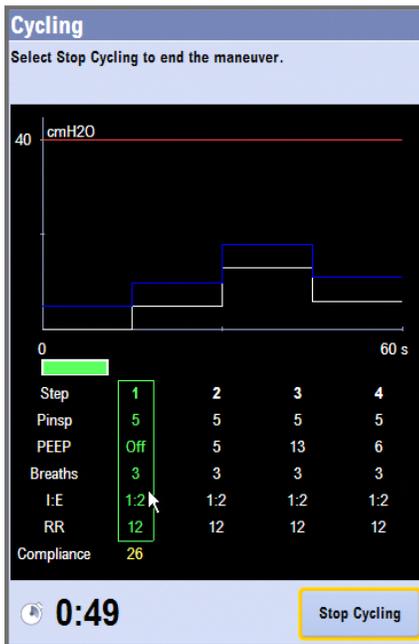
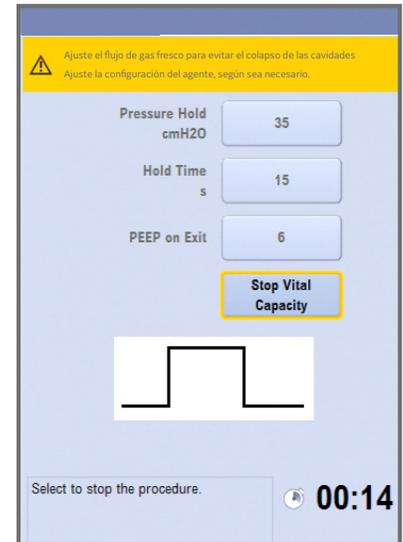
Soluciones tecnológicas de protección pulmonar de GE Healthcare

Maniobras automatizadas de reclutamiento pulmonar: flujo de trabajo simplificado para ayudar a los médicos con el cuidado del paciente

Los últimos sistemas de administración de anestesia de GE Healthcare fueron diseñados para simplificar el flujo de trabajo y ayudar a los médicos a brindar una atención más eficaz al paciente. En los últimos lanzamientos de software para las series GE Anesthesia Aisys CS2, Avance CS2 y Carestation 600, incluye los procedimientos de las maniobras de reclutamiento pulmonar automatizadas, denominadas como Capacidad Vital. Estas capacidades automatizadas le permiten al médico realizar los procedimientos con precisión y eficiencia.

Capacidad Vital

La función de capacidad vital automatiza la "compresión y retención" de la bolsa manual y proporciona una forma sencilla de administrar una respiración de presión sin realizar cambios múltiples en la configuración del ventilador. La configuración «PEEP on Exit» proporciona una manera de cambiar automáticamente la configuración de PEEP del ventilador al final del procedimiento de Capacidad Vital.



Ciclica

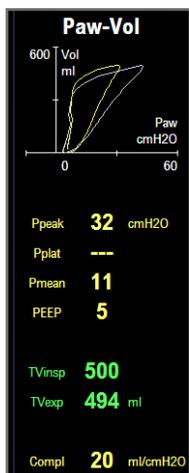
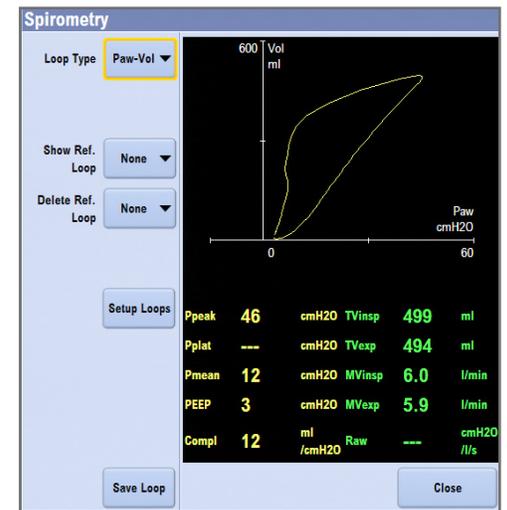
La funcionalidad ciclica automatizada de la maniobra de reclutamiento alveolar de varios pasos. Es una función automática y programable que le permite a los médicos aumentar y disminuir los niveles de PEEP durante la ventilación mecánica. La funcionalidad ciclica ofrece una forma flexible de proporcionar respiraciones de presión durante la ventilación sin realizar múltiples cambios en la configuración del ventilador. Hay cuatro perfiles de ciclo disponibles con hasta siete pasos predeterminados. Los pasos y las configuraciones de ventilación predeterminados de cada procedimiento pueden ser preestablecidos por el Superusuario. El usuario puede cambiar los ajustes de ventilación de cada paso antes de iniciar un procedimiento. En la última versión del software Aisys CS2, el paso activo se puede visualizar en un cuadro verde junto con las tendencias de distensibilidad que muestran la efectividad en tiempo real de los procedimientos pulmonares automatizados.

Espirometría del paciente: distensibilidad pulmonar como parámetro fundamental en la evaluación de la eficacia del reclutamiento durante la anestesia

La distensibilidad pulmonar refleja la distensibilidad del sistema respiratorio. Esta se define como una diferencia de presión requerida para expandir el pulmón por cambio de volumen. La distensibilidad pulmonar dinámica se calcula dividiendo VT por la diferencia entre PIP y PEEP: distensibilidad dinámica = VT / (PIP - PEEP). Como valor dinámico continuo, proporciona una herramienta fácil para que el médica siga los cambios respiratorios y ajuste la configuración del ventilador.

Un aumento de la distensibilidad pulmonar inmediatamente después de la aplicación de una maniobra de reclutamiento alveolar, reflejaría una reducción de las atelectasias dando como resultado un aumento en la PaO₂ debido a una mejor ventilación y perfusión.

La espirometría del paciente, presentada en las series GE Anesthesia Aisys CS2, Avance CS2 y Carestation 600, mide la presión, el flujo, volumen, la distensibilidad y resistencia de la vía aérea, respiración a respiración en la vía aérea del paciente. Las interacciones dinámicas de presión y volumen, flujo y volumen, y presión y flujo se muestran como bucles gráficos.



Esta figura demuestra los efectos de diferentes configuraciones PEEP (y, por lo tanto, las maniobras de reclutamiento) en la distensibilidad del paciente. El bucle guardado (blanco) ilustra la distensibilidad disminuida. La situación se modifica al aumentar la configuración PEEP a 5 cm H₂O, lo que mejora claramente la distensibilidad pulmonar (amarillo).

Durante un procedimiento cíclico, el valor de la distensibilidad dinámica se mostrará en cada nivel de PEEP, lo que le permitirá al médico comprender cuándo se logra el reclutamiento y el nivel óptimo de PEEP para ese paciente en particular.

Variación de la presión del pulso (dPP) y variación de la presión sistólica (SPV): monitoreo continuo de la estabilidad hemodinámica de los pacientes

La ventilación con presión positiva genera cambios en la presión arterial de la cavidad torácica. La presión arterial aumenta durante la fase inspiratoria y disminuye durante la fase espiratoria. La magnitud de estos cambios depende del estado de volemia del paciente. En los pacientes hipovolémicos, estos oscilaciones tienen una mayor amplitud en comparación con los pacientes normovolémicos o hipervolémicos.

Las herramientas de variación de la presión de pulso (dPP) y la variación de la presión sistólica (SPV) que se encuentran en los monitores de signos vitales CARESCAPE de GE Healthcare (series B850, B650 y B450) junto con las series Aisys CS2, Avance CS2 y Carestation 600 se pueden usar para realizar una evaluación efectiva. La estrategia de protección pulmonar centrada en el paciente. dPP y SPV son herramientas de decisión clínica que pueden ayudar a predecir la inestabilidad hemodinámica inducida por la presión positiva al final de la espiración (PEEP) y la aplicación de maniobras de reclutamiento.

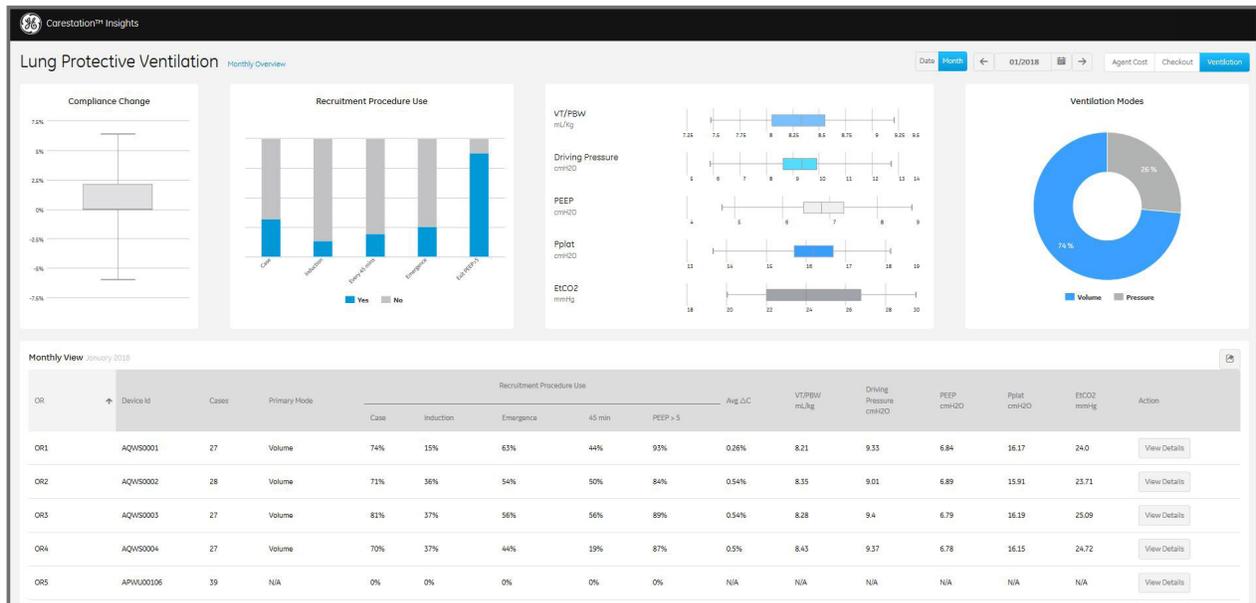
Un aumento en la presión intratorácica puede aumentar la poscarga ventricular derecha, comprimiendo las venas intratorácicas reduciendo el gasto cardíaco. Los pulmones también pueden ejercer un efecto de compresión en el corazón y alterar la distensibilidad cardíaca. La variación de la carga cardíaca puede reflejarse en las dPP y SPV, por lo que el médico puede aprovechar el valor de las dPP y SPV para ayudar a la toma de decisiones sobre el impacto potencial del reclutamiento pulmonar en la hemodinamia del paciente.

Carestation Insights: análisis de datos de la anestesia para proporcionar una mayor visibilidad de la ventilación y la respuesta pulmonar

Carestation Insights es un conjunto de aplicaciones analíticas alojadas en la nube y diseñadas para ayudar a los médicos a tomar decisiones basadas en datos para mejorar los resultados. Analiza más de 300 puntos de datos basados en valores de ventilación, valores de gas, alarmas, códigos de error y estado de la máquina.

La aplicación de la ventilación de protección pulmonar registra las configuraciones de ventilación y las respuestas en todas las máquinas de anestesia conectadas. Proporciona datos para que los hospitales apoyen sus iniciativas de protección pulmonar para impulsar mejores resultados clínicos y ayudar a reducir las complicaciones postoperatorias.

Esta aplicación proporciona la visibilidad necesaria para impulsar el cambio de comportamiento. Proporciona un mecanismo de seguimiento para datos continuos y tendencias de configuraciones y parámetros clave de ventilación, lo que permite una vista de nivel de departamento y de quirófano del cumplimiento del protocolo VPP (Ventilación de protección pulmonar). Además, una relación de causa y efecto entre los ajustes de ventilación y el resultado intraoperatorio del paciente a través de un mayor conocimiento de los cambios en la distensibilidad pulmonar del paciente que puede ayudar a la educación de los médicos sobre el impacto de su práctica en los resultados de sus pacientes.



GE Healthcare proporciona una solución holística para monitorear, suministrar y activar cada aspecto de una estrategia de ventilación de protección pulmonar. Para determinar qué solución de GE se adapta mejor a sus necesidades, comuníquese con su representante de GE Healthcare o visite la página web www.gehealthcare.com.



Referencias

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

1) La información en este material se presenta a modo general, aunque se procura que no existan datos inexactos, pueden existir distintas interpretaciones al respecto; esta información puede ser de aplicación restringida en su país.

2) Los productos mencionados en este material pueden estar sujetos a regulaciones del gobierno y pueden no estar disponibles en todas las localidades. El embarque y la efectivacomercialización únicamente se podrán realizar si el registro del producto ya ha sido otorgado en su país.