

IMPACTO DEL RECLUTAMIENTO PULMONAR INTRAOPERATORIO SOBRE LA SATURACIÓN DE OXÍGENO EN PACIENTES LLEVADOS A CIRUGÍA

Rosangélica Oñate Baleta, M.D. Residente De Anestesia, Hospital Universitario Fundación Santa Fe De Bogotá.

Guillermo Adolfo Madrid Díaz, M.D. Anestesiólogo Intensivista – Miembro Del Departamento De Anestesia, Hospital Universitario Fundación Santa Fe De Bogotá.

Leopoldo Enrique Ferrer Zaccaro, M.D. Anestesiólogo Intensivista – Miembro Del Departamento De Anestesia, Hospital Universitario Fundación Santa Fe De Bogotá.

Gabriel Hernando Sánchez Gómez, M.D. Anestesiólogo Cardiovascular – Miembro Del Departamento De Anestesia, Hospital Universitario Fundación Santa Fe De Bogotá.

Maria Camila Montoya Ruiz, M.D. Asistente De Investigación Departamento De Anestesia, Hospital Universitario Fundación Santa Fe De Bogotá.

Universidad El Bosque, Facultad de Medicina

Bogotá, julio 2021

Universidad El Bosque

Impacto del reclutamiento pulmonar sobre la saturación

de oxígeno en pacientes llevados a cirugía

R. Oñate, G. Sanchez, M. Montoya, L. Ferrer, G. Madrid

Facultad de Medicina

Impacto del reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio sobre la saturación en pacientes llevados a cirugía en el hospital Fundación Santa Fe de Bogotá durante el año 2020

Línea de investigación: Educación médica

Instituciones participantes: Universidad El Bosque, Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá

Tipo de investigación: Postgrado

Investigador principal: Rosangélica Oñate Baleta

Investigadores asociados: Guillermo Adolfo Madrid Díaz, M.D. Leopoldo Enrique Ferrer Zaccaro, M.D. Gabriel Hernando Sánchez Gómez, M.D. Maria camila montoya ruiz, M.D

Director de proyecto de grado: Mario Eduardo Mendoza Obirne, MD.

Co-director de proyecto de grado: Guillermo Adolfo Madrid Díaz, M.D.

DA-0197-2021

Bogotá, 29 de Julio de 2021

Doctora

ERIKA MÉNDEZ

Coordinadora de investigaciones

Posgrados de Medicina

Universidad del Bosque

La Ciudad

Respetada Dra. Méndez:

Certificamos que conocemos y aceptamos el trabajo de grado de la doctora ROSANGELICA OÑATE BALETA, identificada con la Cédula de Ciudadanía No. 1020791746 de Bogotá Residente de tercer año del programa de Anestesiología y Reanimación de la Fundación Santa Fe.

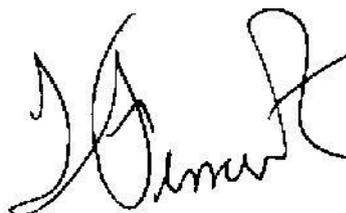
Título del trabajo “**Impactos del Reclutamiento Pulmonar Intraoperatorio sobre la Saturación de Oxígeno en Pacientes llevados a Cirugía.**” Tutor Doctor Guillermo Madrid, adjuntamos el protocolo.

Agradezco su colaboración a la presente solicitud.

Atentamente;



ENRIQUE ARANGO GALVIS, MD
Jefe Departamento de Anestesia



LEOPOLDO FERRER ZÁCACRO, MD
Coordinador Académico

Impacto del reclutamiento pulmonar sobre la saturación

de oxígeno en pacientes llevados a cirugía

R. Oñate, G. Sanchez, M. Montoya, L. Ferrer, G. Madrid

Nota de salvedad institucional:

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

Agradecimientos:

Agradezco infinitamente a todos los que hicieron este proyecto posible. A mi mentor, el Dr. Guillermo Madrid por darle dirección a esta idea, a mis co-investigadores, especialmente a Maria Camila Montoya por ser incondicional en cada paso de este proceso. Al hospital Fundación Santa Fe de Bogotá, por permitirnos realizar esta investigación en el marco de sus espacios.

Introducción: Las complicaciones postoperatorias pulmonares son frecuentes en pacientes de alto riesgo, a pesar de la disminución de su prevalencia con el uso de la ventilación de protección pulmonar (LPV). Estas complicaciones se asocian con aumento de la estancia hospitalaria y de la mortalidad global. El uso de técnicas de reclutamiento alveolar estático y escalonado han demostrado una disminución importante en la incidencia de estas complicaciones pulmonares mejorando no solo la oxigenación y la perfusión tisular sino disminuyendo la incidencia de atelectasias e hipoxemia postoperatoria.

Objetivo: Evaluar el impacto del reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio sobre la saturación y la oxigenación tisular en pacientes llevados a cirugía en el Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá.

Diseño, Materiales y Métodos: Para examinar esta hipótesis realizaremos un estudio comparativo prospectivo, aleatorizado y controlado mediante una estrategia de reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio en 221 pacientes intervenidos de cirugía laparoscópica. Una vez obtenido el consentimiento informado, los pacientes con criterios de inclusión serán aleatorizados en dos grupos: el de intervención y el grupo control.

Resultados y conclusiones: la aplicación de maniobras de reclutamiento alveolar escalonado tiende a mejorar la saturación y disminuye las complicaciones pulmonares postoperatorias, en pacientes con factores de riesgo.

Palabras clave: Reclutamiento pulmonar, ventilación mecánica protectora, complicaciones pulmonares postoperatorias.

Introduction: Postoperative pulmonary complications are frequent in high-risk patients, despite the decrease in their prevalence with the use of pulmonary protective ventilation (LPV). These complications are associated with an increase in hospital stay and overall mortality. The use of staggered and static alveolar recruitment techniques have shown a significant decrease in the incidence of these pulmonary complications, not only improving oxygenation and tissue perfusion but also reducing the incidence of atelectasis and postoperative hypothermia.

Objective: To evaluate the impact of intraoperative pulmonary recruitment maneuvers on tissue saturation and oxygenation in patients undergoing surgery at the Fundación Santa Fe de Bogotá University Hospital.

Design, Materials and Methods: To examine this hypothesis, we will carry out a prospective, randomized and controlled comparative study using an intraoperative stepped pulmonary recruitment strategy in 221 patients who underwent laparoscopic surgery. Once informed consent has been obtained, the patients with inclusion criteria will be randomized into two groups: the intervention group and the control group.

Results and conclusions: the application of staggered alveolar recruitment maneuvers tends to improve saturation and reduce postoperative pulmonary complications, in patients with risk factors.

Key words: Lung recruitment, protective mechanical ventilation, postoperative pulmonary complications.

Tabla de contenido

Introducción	9
Marco teórico	10
Justificación	14
Pregunta de investigación.....	15
Objetivos.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Metodología.....	16
Tipo y diseño general del estudio.....	16
Población.....	16
Criterios de Selección	17
Tamaño muestral	17
Recolección de la información.....	18
Descripción de las Variables.....	18
Diagrama de Variables	19
Hipótesis	24
Hipótesis Nula	24
Hipótesis Alterna.....	24
Técnica de Recolección de la Información.....	25
Fuentes de Información	25
Proceso de Obtención de la Información	25

Materiales y Métodos.....26

Grupo control: ventilación protectora SIN reclutamiento 26

Grupo intervención: ventilación protectora y reclutamiento..... 26

Control de Sesgos28

Análisis de los Datos.....28

Consideraciones Éticas29

Cronograma de Actividades.....30

Presupuesto32

Resultados32

Discusión36

Conclusión37

Referencias.....38

Introducción

Las complicaciones pulmonares perioperatorias ocurren hasta en un 5% de los pacientes que reciben anestesia general, lo que conlleva a desenlaces respiratorios adversos en el postoperatorio y genera consecuencias negativas para el paciente y los servicios de atención (1). En otras palabras, las complicaciones pulmonares tienen un impacto negativo en el resultado de los pacientes, aumentan la mortalidad asociada a la cirugía y la duración de la hospitalización (2).

Los pacientes sometidos a cirugía bajo anestesia general evidencian atelectasias hasta en un 90% y reducción de la capacidad residual funcional de hasta un 20% (3–5). Lo anterior genera trastornos en la oxigenación, el intercambio gaseoso y la mecánica respiratoria (3). Las atelectasias son consideradas la principal causa de hipoxemia perioperatoria, las cuales pueden persistir por horas e inclusive días después del procedimiento quirúrgico y se asocian con aumento de la morbilidad (6). La hipoxemia postoperatoria es una complicación reconocida y bien documentada en la práctica anestésica. Generalmente, se relaciona con patologías pulmonares y torácicas; sin embargo, se ha demostrado su asociación a procedimientos realizados bajo anestesia general. Se estima que la incidencia de hipoxemia postoperatoria es 55% (7–9). La contribución a la mortalidad quirúrgica atribuible a la lesión estrategias terapéuticas para disminuir la aparición de atelectasias (8,9). Actualmente, las maniobras de reclutamiento pulmonar se consideran una herramienta valiosa para disminuir la incidencia de atelectasias y sus complicaciones, beneficio que ha sido ampliamente demostrado en los pacientes con patología pulmonar restrictiva en las unidades de cuidado intensivo (10,11). El reclutamiento alveolar es un conjunto de técnicas que tienen como base el aumento de la presión transpulmonar de forma sostenida, llevando a la expansión de alvéolos colapsados, aumentando la liberación de surfactante activo y restaurando la estabilidad alveolar (12,13). Sin embargo, al día de hoy, no hay estudios que demuestren la reducción de complicaciones postoperatorias en pacientes sin patología pulmonar llevados a cirugía bajo anestesia general. La

realización de maniobras de reclutamiento pulmonar de manera escalonada podría llevar a una disminución en las complicaciones clínicas postoperatorias, con una mejoría en la oxigenación y menor estancia hospitalaria (14).

Por lo anterior, esta investigación busca describir los efectos de las maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado durante procedimientos bajo anestesia general sobre la oxigenación y la mecánica pulmonar de los pacientes.

Marco teórico

La ventilación mecánica es una técnica empleada con frecuencia en procedimientos quirúrgicos y anestésicos que tiene importantes efectos sobre el sistema respiratorio, ya que altera la mecánica respiratoria y el intercambio gaseoso (6,14). Asimismo, la ventilación mecánica genera cambios estructurales en el tórax disminuyendo la capacidad funcional residual y aumentando el riesgo de atelectasias y lesión pulmonar (6,10,15). De esta manera, resulta fundamental la implementación de estrategias protectoras en el perioperatorio.

Las atelectasias se definen como colapsos alveolares que ocurren en la región dependiente del pulmón o área pulmonar más declive. Estas atelectasias representan una región consolidada de alta densidad (tejido lleno de líquido) que por gravedad presenta un índice bajo de ventilación perfusión (9). En general, cuando se presenta una atelectasia hay disminución de la distensibilidad, la oxigenación e incremento de la resistencia vascular pulmonar lo que lleva al riesgo de daño pulmonar (9,16,17). Las atelectasias se desarrollan por compresión del parénquima pulmonar, reabsorción del gas alveolar y alteración en la función del surfactante pulmonar (15,17,18). La inducción anestésica y parálisis alteran la geometría y función del diafragma y la pared torácica, lo que aumenta la presión pleural y colapsa zonas dependientes. Las atelectasias por reabsorción ocurren por absorción continua de oxígeno en los capilares pulmonares distales a una vía aérea cerrada. Por otro lado, prácticas

perjudiciales de ventilación mecánica y ciertos anestésicos pueden causar daño del surfactante pulmonar. Además, los reflejos protectores para mitigar la aparición de atelectasias son abolidos con la anestesia general (18).

Las atelectasias son una condición común. Ocurren en hasta el 90% de los pacientes sometidos a anestesia general y soporte ventilatorio, lo que conduce a hipoxemia postoperatoria (5,7,16). Se ha descrito que la incidencia de complicaciones pulmonares postoperatorias es alrededor de 2% a 39% en cirugías no cardíacas (18).

Para evitar atelectasias, minimizar el tamaño de área pulmonar no disponible y prevenir daño pulmonar, se han estudiado estrategias para proteger el tejido pulmonar: volumen corriente bajo, presión positiva al final de la espiración (PEEP) y maniobras de reclutamiento pulmonar (15). Se han descrito maniobras de reclutamiento pulmonar en el ámbito del paciente crítico que mejoran la aparición de atelectasias. Sin embargo, éstas maniobras se han descrito tangencialmente en anestesia con falta de solidez en los resultados en cuanto pronóstico y mejoría de la mecánica respiratoria en el paciente pulmonarmente sano (10,14). En el paciente críticamente enfermo las maniobras de reclutamiento son complementarias de las estrategias de ventilación protectora, tienen impacto en oxigenación, tiempo de ventilación mecánica, estancia en cuidados intensivos, mas no en mortalidad.

Las maniobras de reclutamiento se han utilizado desde la década de los 60 para revertir las atelectasias después de la inducción anestésica. Se ha demostrado que las maniobras de reclutamiento aumentan el volumen pulmonar al final de la espiración, mejoran la distensibilidad y reducen la elastancia de la pared torácica durante cirugía laparoscópica (18). Asimismo, las maniobras de reclutamiento mejoran la oxigenación intraoperatoria en cirugía abdominal y torácica. En pacientes llevados a cirugía cardíaca, torácica, bariátrica y laparoscópica las maniobras de reclutamiento evitan la aparición de atelectasias, mejoran la relación ventilación/perfusión (V/Q) e incrementan la presión

transpulmonar. Sin embargo, no existe evidencia fuerte que soporte los beneficios de las maniobras de reclutamiento en pacientes pulmonarmente sanos (17,18).

Las maniobras de reclutamiento pulmonar más aplicadas son: reclutamiento escalonado ascendente y descendente, reclutamiento sostenido mediante ajustes de la presión positiva al final de la espiración (PEEP), ventilación con liberación de presión de la vía aérea, insuflación sostenida, incremento del volumen corriente o maniobra de capacidad vital, suspiros, posición prona del paciente, vasodilatadores inhalados, ventilación oscilatoria de alta frecuencia y minimización de la absorción de gas alveolar (7,16). No hay una clara ventaja de una maniobra sobre la otra, en cuanto a oxigenación, presión transpulmonar y relación ventilación/perfusión. Sin embargo, se ha visto que los beneficios de las maniobras de reclutamiento pueden mejorarse o prolongarse con maniobras repetidas. Además, este beneficio se potencializa con la incorporación de un paquete de ventilación protectora pulmonar intraoperatoria (18).

Por otro lado, las maniobras de reclutamiento se asocian con alteraciones hemodinámicas, principalmente durante ventilación bipulmonar (19). Estas alteraciones se han reportado en paciente críticamente enfermos, no hay evidencia en paciente pulmonarmente sanos bajo anestesia general (11,12,16). Estas alteraciones son causadas por un aumento en las presiones intratorácicas durante las maniobras de reclutamiento, que resulta en reducción de la precarga ventricular derecha por aumento en la presión de la aurícula derecha y aumento de la resistencia al retorno venoso sistémico reduciendo así el gradiente entre la presión venosa sistémica y la presión de fin de diástole del ventrículo derecho. Al mismo tiempo, un aumento transitorio de la presión y volumen pulmonar aumentan el llenado ventricular derecho, que a su vez disminuye la precarga del ventrículo izquierdo y el volumen latido (19). Por lo anterior, las maniobras de reclutamiento están contraindicadas en pacientes que presentan Síndrome de Dificultad Respiratoria del Adulto (SDRA) asociado a neumotórax, pacientes con hipertensión endocraneana, hipovolemia o inestabilidad hemodinámica (17), y su monitoria se hace

con saturación de oxígeno, presión arterial de oxígeno, tomografía dinámica y gammagrafía pulmonar (10).

La maniobra de reclutamiento escalonado consiste en reclutar un alveolo colapsado generando una presión positiva ascendente. Una vez abierto, el acino necesita de un nivel de PEEP determinado para evitar que se colapse de nuevo al final de la espiración. En pacientes sanos, un valor de 5 cm de H₂O es suficiente, pero en pacientes obesos se requieren valores superiores por mayor tendencia al colapso pulmonar. Para la maniobra de reclutamiento escalonado se utilizó en las primeras experiencias un modo ventilatorio por volumen, de modo que el volumen corriente no superara los 9 ml/kg. El tiempo inspiratorio utilizado fue de 25%, con una pausa de 10% y un tiempo espiratorio de 65%. Partiendo de PEEP = 0 cm de H₂O se producen incrementos de la PEEP de a 5 cm de H₂O y alcanzar una PEEP de 15 cm de H₂O y se mantiene esta ventilación por 10 ciclos inspiratorios. Luego se descende el volumen corriente al valor basal y se procede a descender escalonadamente la PEEP hasta 5 cm de H₂O, valor que finalmente se establece para continuar con la ventilación mecánica. A fin de evitar barotrauma, la alarma de presión máxima se ajusta en 40 cm de H₂O. En trabajos posteriores, los autores señalaron cambios en las características de la estrategia que consistieron en que la ventilación era controlada por presión, con volumen corriente < de 8 ml/kg, frecuencia respiratoria 10-15/min, PEEP de hasta 20 cm H₂O, y relación I: E 1:1 (10–13). Por otro lado, se recomienda usar la menor FIO₂ durante las maniobras de reclutamiento pulmonar para poder identificar las presiones de apertura y cerrado del paciente, y mantener el reclutamiento alveolar al disminuir la ocurrencia de atelectasias por reabsorción (20).

Con respecto a los resultados publicados acerca del uso de estas estrategias en pacientes anestesiados, se ha observado una disminución del grado de atelectasia en el período postanestésico inmediato y una mejoría en la oxigenación con disminución de la mortalidad, estancia en UCI y días de requerimiento de ventilador (21). Sin embargo, aún se desconocen aspectos como cuál es la

maniobra de reclutamiento más adecuada y efectiva, por cuanto tiempo se debe aplicar y en qué casos debería indicarse, entre otras inquietudes.

Justificación

Con el desarrollo de esta investigación se permitirá establecer el posible beneficio de las maniobras de reclutamiento pulmonar en pacientes sometidos a cirugía previamente sanos sobre los parámetros de oxigenación y requerimiento de soporte de oxígeno suplementario durante el postoperatorio. Lo anterior permitiría disminuir los tiempos de estancia en recuperación y hospitalización.

Asimismo, no se utilizará monitoría de alta complejidad, por lo cual podrían realizarse mediciones similares en casi cualquier lugar de Colombia en donde se cuente con una máquina de anestesia y laboratorio básico. Por otro lado, todos los pacientes serán ventilados con parámetros de ventilación protectora según preferencias del anesestesiólogo a cargo. Para iniciar el proceso de recolección de datos y ejecución este estudio deberá estar aprobado por el Comité Corporativo de Ética en Investigación de la institución.

Este estudio tiene viabilidad dada la casuística de la institución, además los resultados son fácilmente extrapolables a poblaciones similares que cumplan con los criterios de selección. En cuanto a costos, por su diseño y ejecución, se considera de bajo costo.

La ejecución de este estudio, claramente beneficiaría a los pacientes, a los especialistas y a la institución prestadora del servicio. Asimismo, constituye un ejemplo para el personal en formación de cómo llevar a cabo un proyecto valioso sin necesidad de invertir una cantidad importante de recursos.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto del reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio sobre la saturación y la oxigenación tisular en pacientes sin patología pulmonar llevados a cirugía en el Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá durante el año 2020?

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el impacto de las maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio sobre la saturación en los pacientes pulmonarmente sanos llevados a cirugía bajo anestesia general comparado con los pacientes a los que no se les realizan dichas maniobras.

Objetivos Específicos

- Comparar la oxigenación en el postoperatorio entre pacientes expuestos y no expuestos a maniobras de reclutamiento pulmonar.
- Comparar los desenlaces clínicos entre los dos grupos.
- Identificar los grupos de pacientes que se benefician de las maniobras según las características antropométricas, demográficas, anestésicas y quirúrgicas.
- Identificar los factores que se asocian a una menor oxigenación en el postoperatorio.

Metodología

Tipo y diseño general del estudio

Estudio observacional analítico tipo cohorte prospectiva, en el que se analizará el efecto de las maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio sobre la saturación en pacientes sin antecedentes de patología pulmonar sometidos a cirugía que reciben maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio en la Fundación Santa Fe de Bogotá.

Como desenlace primario se comparará la oxigenación en el postoperatorio entre pacientes expuestos y no expuestos a maniobras de reclutamiento pulmonar. Como desenlaces secundarios se evaluarán los factores asociados a menor oxigenación, el requerimiento de dispositivos de oxígeno suplementario, la necesidad de terapia respiratoria, los síntomas en el postoperatorio inmediato, a las 24 y 48 horas, hospitalización, ingreso a UCI y reingreso por complicaciones pulmonares.

Población

- Población universo: pacientes adultos mayores de 18 años sin patología pulmonar que requieran ser llevados a cirugía
- Población blanco: pacientes adultos mayores de 18 años sin enfermedad pulmonar que sean llevados a cirugía bajo anestesia general con intubación orotraqueal y duración mayor de 60 minutos.
- Población elegible: Pacientes adultos mayores de 18 años sin patología pulmonar, programados para cirugía bajo anestesia general, cuyo procedimiento tenga una duración mayor a 60 minutos y cumplan estrictamente los criterios de selección, en el Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá.

- Población de estudio: Pacientes adultos sin patología pulmonar, programados para cirugía, excepto cirugía de tórax y neurocirugía, bajo anestesia general con intubación orotraqueal y cuya duración sea mayor a 60 minutos en el Hospital Universitario Fundación Santa Fe de Bogotá durante el año 2020.

Criterios de Selección

Criterios de Inclusión:

- Pacientes hombres y mujeres mayores de 18 años
- Pacientes con clasificación ASA 1-3.
- Cirugía programada con duración mayor o igual a 60 minutos
- Anestesia general e intubación endotraqueal

Criterios de Exclusión

- Antecedente de patología pulmonar
- Cirugía de tórax o neurocirugía
- Hipertensión endocraneana
- Inestabilidad hemodinámica (presión arterial sistólica menor de 90 mmHg o presión arterial media menor de 55 mmHg).
- Embarazo

Tamaño muestral

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó el *software* gratuito y de código abierto para estadísticas sobre epidemiología OpenEpi, versión 3.01.

Tomando como parámetros de referencia los valores de saturación de oxígeno (SaO_2) de los pacientes en el postoperatorio inmediato, siendo en promedio $SaO_2 = 90\%$ en el grupo control y $SaO_2 = 93\%$ en el grupo de intervención (con maniobra de reclutamiento), con una diferencia de 3% entre los dos grupos (3-5), se utilizó para el cálculo del tamaño de la muestra el módulo de diferencia de medias, con un nivel de confiabilidad (intervalo de confianza) de 95% y un poder del 80%, con una razón entre los grupos de 1:1, lo cual nos da un tamaño por grupo de 103 pacientes, 206 en total, más un 10% por ajuste de pérdidas (20 pacientes), para un tamaño de la muestra de 226 pacientes (113 por grupo).

Recolección de la información

Los datos serán almacenados y recolectados utilizando el software RedCap disponible en la institución. El investigador encargado de la recolección de los datos será cegado a la asignación de la intervención. Solo los investigadores tendrán acceso a la base de datos para garantizar la anonimidad y confidencialidad de los participantes.

Descripción de las Variables

Maniobra de reclutamiento pulmonar escalonado: Variable independiente principal ya que define la asignación de grupo de intervención versus control. Condición del paciente de haber sido asignado aleatoriamente a realizársele dicha intervención o no.

Características demográficas, antropométricas: Variables independientes. Condiciones propias y previas de los pacientes del estudio. Pueden ejercer efecto sobre el desenlace ya sea como variable de interacción (p. ej. edad e IMC) o como variable de confusión (p. ej. procedencia).

Características quirúrgicas y anestésicas: Variables independientes. Intervenciones y técnicas quirúrgicas y anestésicas que se realizan cuando los pacientes son llevados a cirugía. Algunas pueden estar ejerciendo interacción (p. ej. cirugía laparoscópica).

Mecánica ventilatoria: Variables dependientes. Son los cambios de la distensibilidad pulmonar estática y dinámica del pulmón que se producen durante la ventilación del paciente y que pueden ser afectadas por las características propias del paciente, de la cirugía y también por la maniobra de reclutamiento.

Oxigenación: Variables dependientes. Las cuáles serán medidas en diferentes momentos en el pre-intra- y postoperatorio. La principal es la saturación de oxígeno tomada mediante pulsooximetría a los 30 minutos del postoperatorio (variable de desenlace más importante).

Tiempos de recuperación y hospitalización: Variables de desenlace. Corresponde a la duración del paciente recuperándose antes de ser dado de alta o trasladado a hospitalización, y al tiempo de hospitalización. Este tiempo puede ser afectado por el tipo de paciente, tipo de cirugía y también puede ser afectado por la oxigenación.

Diagrama de Variables

MR= Maniobra de reclutamiento, MV= mecánica ventilatoria

Nombre	Definición conceptual	Definición conceptual	Escala de medida
--------	-----------------------	-----------------------	------------------

Código de Identificación	Número único de identificación del ciudadano	Número único usado para la identificación y reconocimiento de los pacientes del estudio	Identificación.
Maniobra de Reclutamiento	Estrategia de ventilación para disminuir las complicaciones pulmonares perioperatorias	Realización o no de maniobras de reclutamiento pulmonar	Z. No
			X. Si
Edad	Duración de la vida del participante	Edad en años cumplidos del paciente	Años
Talla	Estatura de una persona, medida desde la planta del pie hasta el vértice de la cabeza	Talla en metros	Metros
Peso	Magnitud que mide la fuerza con la que la gravedad presiona o atrae un cuerpo hacia la tierra	Cálculo del peso actual de los pacientes	Kilogramos
IMC	Medida que relaciona el peso del cuerpo con la altura	Relación entre el peso y la talla al cuadrado	Kg/m ²
Sexo	Condición orgánica que distingue a los hombres de las mujeres	Sexo según identificación	0. Masculino
			1. Femenino

PEEP	Presión positiva al final de la espiración	Presión positiva al final de la espiración	Centímetros de Agua
CO2 espirado	Cantidad de CO2 al final del ciclo respiratorio	Capnografía registrada	Milímetros de Mercurio
Presión Pico 1	Máxima presión registrada durante la ventilación a volumen corriente	Presión máxima al suministrar el volumen corriente posterior a maniobras de reclutamiento post intubación	Centímetros de Agua
Presión de meseta de vía aérea 1	Presión con la vía aérea abierta después de una pausa de 2 a 3 segundos de oclusión	Presión en pausa inspiratoria posterior a maniobras de reclutamiento post intubación	Centímetros de agua
PAM 1	Media aritmética de los valores de las presiones sistólica y diastólica.	Presión arterial media posterior a maniobras de reclutamiento post intubación	Milímetros de mercurio
Presión Pico 2	Máxima presión registrada durante la ventilación a volumen corriente	Presión máxima al suministrar el volumen corriente posterior a maniobras de reclutamiento preextubación	Centímetros de Agua
Presión de meseta de vía aérea 2	Presión con la vía aérea abierta después de una pausa de 2 a 3 segundos de oclusión	Presión en pausa inspiratoria posterior a maniobras de reclutamiento preextubación	Centímetros de agua

PAM 2	Media aritmética de los valores de las presiones sistólica y diastólica.	Presión arterial media posterior a maniobras de reclutamiento preextubación	Milímetros de mercurio
SaO2 1	Cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina	Saturación arterial de oxígeno posterior a la maniobra de reclutamiento post intubación	Porcentaje
SaO2 2	Cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina	Saturación arterial de oxígeno posterior a la maniobra de reclutamiento preextubación	Porcentaje
ASA	Evaluación y registro subjetivo preoperatorio del estado general del paciente antes del procedimiento quirúrgico	Clasificación ASA registrada en la valoración preanestésica	I, II, III, IV, V.
Tiempo quirúrgico	Tiempo desde el inicio de la insición quirúrgica hasta el cierre de la piel	Duración en horas del procedimiento quirúrgico	horas
Dispositivo de rescate	Dispositivo utilizado para la administración de oxígeno suplementario	Necesidad de administrar oxígeno suplementario por un dispositivo externo	Si No
Terapia respiratoria	Método terapéutico para el manejo de afecciones pulmonares	Requerimiento de terapia respiratoria en el postoperatorio por complicaciones pulmonares	Si No

Hospitalización	Estancia en una institución hospitalaria en calidad de paciente	Permanecer hospitalizado por complicaciones pulmonares	Si No
Hospitalización en UCI	Hospitalización con cuidados especializados y monitoría permanente	Requerir cuidado especializado en UCI por complicaciones pulmonares	Si No
SpO2 con O2 suplementario	Saturación de oxígeno en la sangre	Saturación de oxígeno en la sangre mientras el paciente se encuentra con un dispositivo de oxígeno suplementario	Porcentaje
SpO2 sin O2 suplementario	Saturación de oxígeno en la sangre	Saturación de oxígeno en la sangre mientras el paciente se encuentra sin dispositivo de oxígeno suplementario	Porcentaje
Síntomas en recuperación	Tos, disnea, cianosis, alteración del estado de conciencia	Si el paciente presenta síntomas de desaturación durante su estancia en recuperación	Si No
Síntomas a las 24 horas	Alteración del organismo que pone de manifiesto la existencia de una enfermedad y sirve para determinar su naturaleza.	Si el paciente presenta síntomas de desaturación 24 horas después del procedimiento	Si No
Síntomas a las 48 horas	Alteración del organismo que pone de manifiesto la existencia de una enfermedad y sirve para determinar su naturaleza.	Si el paciente presenta síntomas de desaturación 48 horas después del procedimiento	Si No

Reingreso	Reincorporación a un lugar donde previamente se ha encontrado	Nueva hospitalización por complicaciones pulmonares derivadas del procedimiento quirúrgico	Si No
Tipo de cirugía	Características que hacen un procedimiento quirúrgico diferente a otro	Tipo de cirugía a la cual es sometido el paciente	1. Laparoscopia 2. No laparoscópica

Hipótesis

Las maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado realizadas en el intraoperatorio mejoran la oxigenación de los pacientes llevados a cirugía bajo anestesia general comparado con los pacientes a los que no se les realiza dichas maniobras.

Hipótesis Nula

No existe diferencia significativa en el promedio de saturación y oxigenación tisular entre los pacientes llevados a cirugía a quienes se les realizan maniobras de reclutamiento pulmonar intraoperatorio y a los que no se les realizan dichas maniobras.

Hipótesis Alterna

El promedio de saturación y oxigenación tisular de los pacientes llevados a cirugía a quienes se les realizan maniobras de reclutamiento pulmonar intraoperatorio es significativamente mayor que el de los pacientes a los que no se les realizan dichas maniobras.

Técnica de Recolección de la Información

Fuentes de Información

Las fuentes de información son primarias ya que se obtienen directamente del paciente desde el momento del ingreso al estudio y se continúan recolectando de los monitores de signos vitales, el ventilador de la máquina de anestesia y del tiempo de estancia en el postoperatorio.

Proceso de Obtención de la Información

Captación de los participantes: se seleccionarán todos los pacientes programados para cirugía que cumplan con los criterios de admisibilidad. La administración de la intervención será a elección del anesthesiólogo a cargo del caso.

Cegamiento: El paciente, el recolector de las mediciones y el estadístico que analizará los datos estarán cegados a la intervención.

Recolección de Datos: Los datos serán recolectados por uno de los investigadores al ingreso, y por dos colaboradores entrenados en la recolección estandarizada de la información al egreso de cirugía, consignándose en el formato de recolección disponible en el software RedCap. Todas las medidas deberán ser presenciales, en caso contrario se excluirá el paciente.

Efectos Adversos: Se evaluará la presencia de efectos adversos. Por efecto adverso se define a cualquier episodio médico que se produzca, esté o no relacionado con la VM convencional o individualizada, y que no esté relacionado con el estado clínico del paciente.

Materiales y Métodos

Todos los pacientes deben cumplir los criterios de ventilación pulmonar protectora

1. Volumen corriente entre 6 y 8 mL/Kg de peso ideal
2. Presión pico menor de 35 cmH₂O
3. PEEP de 5 cmH₂O
4. Fracción inspirada de oxígeno entre 50 y 70%
5. Frecuencia respiratoria para mantener EtCO₂ entre 30 y 35 mmHg

Ambos grupos recibirán preoxigenación con una FiO₂ entre 80 y 100%, y respiraciones a volumen corriente durante dos minutos.

Grupo control: ventilación protectora SIN reclutamiento

Se utilizarán las medidas de ventilación protectora ya descritas, sin embargo, no se realizará el esquema de reclutamiento propuesto. Se realizarán las medidas de distensibilidad pulmonar y signos vitales después de la intubación y posteriormente cada hora y 20 minutos previo a la extubación.

Grupo intervención: ventilación protectora y reclutamiento

Maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado

La maniobra de reclutamiento alveolar se realizará de la siguiente manera:

Se realizarán previa y posteriormente a las maniobras la medición de la presión meseta, presión pico, signos vitales y Saturación arterial de oxígeno. Se realizarán las maniobras siempre y cuando la situación hemodinámica del paciente lo permita; esta decisión será a criterio del anestesiólogo a cargo

del caso. La primera maniobra se realizará 10 minutos posterior a la intubación. Se realizará un cambio a ventilación controlada por presión y se ajustarán los parámetros así:

- PEEP 10 cm/H₂O y presión pico de 20 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 15 cm/H₂O y presión pico de 25 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 20 cm/H₂O y presión pico de 30 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 15 cm/H₂O y presión pico de 25 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 10 cm/H₂O y presión pico de 20 cm/H₂O durante 30 segundos

Posteriormente se continuará con el manejo ventilatorio según el criterio del anestesiólogo, vale la pena aclarar que durante el resto de la cirugía el paciente puede ser ventilado tanto por presión como por volumen, teniendo en cuenta que en el momento de realizar las mediciones de presión en la vía aérea se deben ajustar los parámetros a ventilación por volumen con pausa inspiratoria por 50%.

La siguiente maniobra se realizará 20 minutos antes de la extubación, con similares patrones ventilatorios, así:

- PEEP 10 cm/H₂O y presión pico de 20 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 15 cm/H₂O y presión pico de 25 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 20 cm/H₂O y presión pico de 30 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 15 cm/H₂O y presión pico de 25 cm/H₂O durante 30 segundos
- PEEP 10 cm/H₂O y presión pico de 20 cm/H₂O durante 30 segundos

Posteriormente se continuará el fin del caso según criterio del anestesiólogo a cargo. De ser necesario realizar alguna maniobra de reclutamiento adicional por la condición clínica del paciente, puede ser realizada en cualquiera de los dos grupos, sin que esto altere la inclusión de un paciente en un grupo o en otro. Al finalizar el procedimiento el paciente es extubado y llevado a sala de

recuperación post-anestésica. Se medirá la saturación de oxígeno a la llegada del paciente, a los 15, 30, 45, 60 y 90 minutos.

En el postoperatorio se llevará el registro de la saturación de oxígeno del paciente, la presencia de síntomas y las intervenciones realizadas de mientras permanece en recuperación y/o en hospitalización, tomando en cuenta el momento en el que se da la orden de egreso.

Control de Sesgos

Sesgo de selección: Se podría incurrir en este sesgo durante la selección de los pacientes. Para controlarlo se tendrán criterios de inclusión y exclusión bien definidos.

Sesgo de información: Se podría incurrir con este sesgo si se recolecta la información de manera no estandarizada. Para controlarlo, el correcto diligenciamiento de los base de datos será realizado por los investigadores y dos colaboradores entrenados debidamente para tal fin y se tendrá una manual de codificación de variables. Las mediciones serán objetivizadas a través de parámetros medidos con monitores adecuadamente calibrados

Sesgo de confusión: Podrían existir algunas variables demográficas como la procedencia de los pacientes, que pueden estar relacionadas tanto con los factores asociados como con los desenlaces (Oxigenación y tiempo de estancia). Se realizará un análisis estratificado.

Análisis de los Datos

Se utilizará el software estadístico R® versión 3.4.3 2018 para el análisis de los datos. Se hará una descripción de la muestra por medio de un análisis univariado. Las variables nominales se describirán por medio de frecuencias absolutas y relativas. Las variables cuantitativas serán evaluadas para normalidad utilizando la prueba de Shapiro Wilks a un nivel de significancia del 95% ($p < 0,05$). Si la

distribución es normal, se utilizará la media aritmética como medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión. Para aquellas variables cuantitativas sin distribución normal, se utilizará la mediana y los rangos intercuartílicos.

De acuerdo al comportamiento de las variables en el análisis univariado, se evaluará la asociación entre éstas si presentan interés. Se harán las siguientes pruebas: chi cuadrado (χ^2) y/o exacta de Fischer para analizar la asociación con variables nominales, prueba de Anova II vías y/o Sheirer Ray Hear para comparar las variables cuantitativas con o sin distribución normal. Se hará un análisis multivariado para el análisis del desenlace clínico post-operatorio “menor oxigenación” planteando un análisis de regresión logística para identificar factores asociados a un peor desenlace. Se tomará como diferencia estadísticamente significativa un valor de p menor o igual a 0.05.

Consideraciones Éticas

El presente proyecto se acoge y sigue las “Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud” establecidas en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, de acuerdo con los aspectos éticos de la investigación en seres humanos y lo clasificado en el artículo 11, ésta investigación se considera con riesgo mínimo. La conducción del estudio no afectará la normal prestación del servicio en salud. El proyecto será enviado a consideración y aprobación por el Comité Corporativo de Ética en Investigación de la Fundación Santa Fe de Bogotá, previo a su ejecución. Al terminar el estudio nos comprometemos a presentar un informe final al comité, con un resumen de los resultados y las conclusiones de la investigación, adicional a la publicación y difusión de los mismos según los principios éticos descritos en la declaración de Helsinki para las investigaciones médicas en seres humanos.

Durante el estudio propuesto, los parámetros de manejo anestésico, incluyendo los que se evaluarán, estarán bajo la responsabilidad y criterio médico del anesesiólogo tratante. Todos los

<p>Aprobación de protocolo/Comité ética FSFB</p>													
<p>Recolección de la muestra/Coinvestigadores y asistente de investigación</p>													
<p>Análisis de resultados/Investigador principal y coinvestigadores</p>													
<p>Elaboración informe final/Investigador principal y coinvestigadores</p>													
<p>Publicación en revista</p>													

Al comparar las características demográficas en los dos grupos observamos que se trata de una muestra homogénea, a excepción de la edad, ya que en el grupo de pacientes expuestos se encontraban la mayoría de los mayores de 60 años (60%) (*tabla 1*).

En cuanto a las características de la cirugía también se encontraron diferencias en los dos grupos, en el grupo de pacientes expuestos se encontraban la mayoría de los que fueron sometidos a procedimientos de mayor duración (73,4%), mientras que la mayoría de los paciente que fueron llevados a cirugía laparoscopia se encontraban en el grupo no expuesto (63,1%) (*tabla 1*).

Posteriormente se analizaron las características demográficas y del procedimiento de los pacientes que presentaron desaturación en los dos grupos y se encontro que los pacientes hombres presentaron mayor porcentaje de desaturación cuando no se realizaron maniobras de reclutamiento en comparación a las mujeres (64,29% vs 57,69%) con una p estadísticamente significativa ($p=0,01$), (*tabla 2*).

La edad fue determinante para presentar desaturación en los dos grupos, ya que los pacientes mayores o iguales a 60 años tanto los que recibieron maniobras de reclutamiento como los que no tuvieron mayor tendencia a la desaturación. En el grupo de menores de 60 años, la mayoría de los pacientes que presentaron desaturación fueron los no expuestos (68% vs 32%), pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,31$) (*tabla 2*).

El IMC también se asocio a diferencias en la distribución de la saturación en los dos grupos, los paciente con sobrepeso y obesidad fueron los que más presentaron desaturación cuando no se realizaron maniobras de reclutamiento (76% y 80% respectivamente) (*tabla 2*).

La distribución de la desaturación fue similar en los pacientes ASA I, II y III, siendo mayor el porcentaje de pacientes desaturados en el grupo no expuesto ASA III, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,85$) (tabla 2).

El tipo de cirugía y la duración fueron los factores importantes que se relacionaron con la desaturación postoperatoria en los pacientes no expuestos, el porcentaje de paciente que fueron llevados a cirugía laparoscópica que presentaron desaturación fueron el 75,5% de los no expuestos con un p estadísticamente significativa ($p=0,06$), y, el porcentaje de paciente que fueron llevados a cirugía mayor o igual a 3 horas que presentaron desaturación fueron el 62,8% de los no expuestos ($p=0,03$) (tabla 2).

Aunque los paciente no expuestos a maniobras de reclutamiento fueron los que más requirieron dispositivo de oxígeno de rescate, terapia respiratoria, hospitalización, admisión a UCI, reingreso y fueron los que más presentaron síntomas en recuperación (postoperatorio inmediato), a las 24-48 horas posterior al procedimiento no se encontró diferencia estadísticamente significativa con el grupos de expuestos (tabla 3).

Tabla 1: características demográficas y del procedimiento

Variable	Expuestos (n=110)	No expuestos (n=111)	Total	p-valor
Sexo				
Femenino	61 (55,45%)	58 (52,2%)	119	0,63
Masculino	49 (44,55%)	53 (47,7%)	102	
Edad				
<60	68 (61,82%)	83 (74,77%)	151	0,03
≥60	42 (38,18)	28 (25,23%)	70	
IMC				
Normal	64 (58,18%)	52 (46,8%)	116	0,23
Sobrepeso	39 (35,45%)	51 (45,9%)	90	
Obesidad	7 (6,36%)	8 (7,2%)	15	
ASA				
1	20 (18,18%)	25 (22,52%)	45	0,53
2	47 (42,73%)	50 (45,05%)	97	
3	43 (39,09%)	36 (32,43%)	79	

Tipo de cirugía				
Laparoscópica	35 (31,82%)	60 (54,05%)	95	0.001
No laparoscópica	75 (68,18%)	51 (45,95%)	126	
Tiempo quirúrgico (horas)				
<3	52 (47,27%)	90 (81,08%)	142	<0.001
>=3	58 (52,73%)	21 (18,92%)	79	

Tabla 2: Desaturación

Variable	Expuestos (n=21)	No expuestos (n=33)	Total	p-valor
Sexo				
Femenino	11 (42,31%)	15 (57,69%)	26	0,01
Masculino	10 (35,71%)	18 (64,29%)	48	
Edad				
<60	8 (32%)	17 (68%)	25	0,31
>=60	13 (44,8%)	16 (55,1%)	29	
IMC				
Normal	14 (58,33%)	10 (41,6%)	24	0,03
Sobrepeso	6 (24%)	19 (76%)	25	
Obesidad	1 (20%)	4 (80%)	5	
ASA				
1	4 (40%)	6 (60%)	10	0,85
2	9 (42,85%)	12 (57,15%)	21	
3	8 (34,7%)	15 (65,3%)	23	
Tipo de cirugía				
Laparoscópica	8 (24,24%)	25 (75,75%)	33	0,006
No laparoscópica	13 (61,90%)	8 (38,09%)	21	
Tiempo quirúrgico (horas)				
<3	8 (42,1%)	11 (57,9%)	19	0,03
>=3	13 (37,14%)	22 (62,8%)	35	

Tabla 3: descenlaces secundarios

Variable	Expuestos (n=110)	No expuestos (n=111)	p-valor
Dispositivo de rescate	23 (20,9%)	30 (27,03%)	0,28
Terapia respiratoria	28 (25,45%)	30 (27,03%)	0,79

Hospitalización	1 (0,92%)	5 (4,5%)	0,1
Admisión a UCI	0	1 (0,9%)	0,31
Reingreso	0	0	
Síntomas			
Recuperación (postoperatorio inmediato)	27 (24,55%)	31 (27,93%)	0,56
24 horas postoperatorias	16 (14,55%)	18 (16,22%)	0,73
48 horas postoperatorias	5 (4,55%)	4 (3,6%)	0,72

Discusión

Nuestros hallazgos indican que el uso de maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio disminuye la incidencia de desaturación postoperatoria medida por saturación de oxígeno.

Las maniobras de reclutamiento son estrategias protectoras utilizadas en el intraoperatorio para disminuir los efectos secundarios asociados a la ventilación mecánica como la disminución de la capacidad funcional residual y el aumento del riesgo de atelectasias y lesión pulmonar (6,10,15) que conducen hipoxemia postoperatoria (5,7,16). Se ha descrito que la incidencia de complicaciones pulmonares postoperatorias es alrededor de 2% a 39% en cirugías no cardíacas (18).

Con respecto a los resultados publicados acerca del uso de estas estrategias en pacientes anestesiados, se ha observado una disminución del grado de atelectasia en el período postanestésico inmediato y una mejoría en la oxigenación con disminución de la mortalidad, estancia en UCI y días de requerimiento de ventilador (21). Sin embargo, aún se desconocen aspectos como cuál es la maniobra de reclutamiento más adecuada y efectiva, por cuánto tiempo se debe aplicar y en qué casos debería indicarse, entre otras inquietudes.

La oximetría de pulso es una herramienta útil, no invasiva, de fácil aplicación e interpretación, disponible en todos los escenarios clínicos que se relaciona de forma certera con la presión arterial de oxígeno, una saturación de oxígeno mayor a 90% se relaciona con una presión arterial de oxígeno mayor a 60 mmHg en el 94% de los casos (25).

Con este estudio encontramos que existe un beneficio de las maniobras de reclutamiento pulmonar en pacientes sometidos a cirugía previamente sanos sobre los parámetros de oxigenación durante el postoperatorio, sobretodo en paciente hombres, mayores de 60 años, con sobrepeso y obesidad, independientemente del ASA que fueran llevados a cirugía laparoscópica o con duración mayor a 3 horas; aunque esta mejoría en la saturación no se correlacione de una forma estadísticamente significativa a los desenlaces clínicos, si se evidencia una tendencia a disminuirlos.

El tamaño de la muestra definitivamente se convierte en una limitación de nuestro estudio para realizar medidas de asociación con mayor precisión. El uso de oximetría de pulso como una medida de correlación de la presión arterial de oxígeno puede no ser tan específica como realizar la medición directa con gases sanguíneos, pero nos ofrece la ventaja de menor complejidad técnica.

Conclusión

La ventilación mecánica se correlaciona con una incidencia de desaturación postoperatoria importante, en nuestro estudio se encontró que el 24,4% de los paciente pulmonarmente sanos que se llevaron a cirugía presentaron desaturación. La utilización de maniobras de reclutamiento pulmonar escalonado intraoperatorio mostró una disminución de esta complicación (63,3% vs 38,8%), siendo los pacientes hombres, mayores de 60 años, con sobrepeso y obesidad, llevados a cirugía laparoscópica o con duración mayor a 3 horas quienes más se beneficiaron de esta intervención aunque esto no se correlacione con cambios estadísticamente significativos en los desenlaces clínicos.

Referencias

1. Desborough JP. The stress response to trauma and surgery. *Br J Anaesth.* 2000;85(1):109–17.
2. Ball L, Costantino F, Orefice G, Chandrapatham K, Pelosi P. Intraoperative mechanical ventilation: State of the art. *Minerva Anesthesiol.* 2017;83(10):1075–88.
3. Hedenstierna G, Tokics L, Strandberg A, Lundquist H, Brismar B. Correlation of gas exchange impairment to development of atelectasis during anaesthesia and muscle paralysis. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1986;30(2):183–91.
4. Aust H, Eberhart LHJ, Kranke P, Arndt C, Bleimüller C, Zoremba M, et al. Hypoxemia after general anesthesia. *Anaesthesist.* 2012;61(4):299–309.
5. Daley MD, Norman PH, Colmenares ME, Sandler AN. Hypoxaemia in adults in the post-anaesthesia care unit. *Can J Anaesth.* 1991;38(6):740–6.
6. Moller JT, Wittrop M, Johansen SH. Hypoxemia in the Postanesthesia Care Unit: An Observer Study. *Anesthesiology.* 1990;73(5):890–5.
7. Tusman G, Belda JF. Treatment of anesthesia-induced lung collapse with lung recruitment maneuvers. *Curr Anaesth Crit Care* [Internet]. 2010;21(5–6):244–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cacc.2010.07.007>
8. Rama-Maceiras P. Atelectasias perioperatorias y maniobras de reclutamiento alveolar. *Arch Bronconeumol* [Internet]. 2010;46(6):317–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2009.10.010>
9. Claxton BA, Morgan P, Mckeague H, Mulpur A, Berridge J. Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation after cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia.* 2003;58(2):111–6.
10. Tusman G, Böhm SH. Prevention and reversal of lung collapse during the intra-operative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2010;24(2):183–97. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2010.02.006>
11. Kilpatrick B, Slinger P. Lung protective strategies in anaesthesia. *Br J Anaesth.* 2010;105 Suppl:108–16.
12. Garcia AJ, Zanella S, Koch H, Doi A, Ramirez JM. Networks within networks. The neuronal control of breathing [Internet]. 1st ed. Vol. 188, *Progress in Brain Research.* Elsevier BV.; 2011. 31–50 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-53825-3.00008-5>
13. Ghaferi AA, Birkmeyer JD, Dimick JB. Variation in hospital mortality associated with surgery. *N Engl J Med.* 2009;361(14):1368–75.
14. Tusman G, Böhm SH, Warner DO, Sprung J. Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2012;25(1):1–10.
15. Cui Y, Cao R, Li G, Gong T, Ou Y, Huang J. The effect of lung recruitment maneuvers on post-operative pulmonary complications for patients undergoing general anesthesia: A meta-

analysis. PLoS One. 2019;14(5):1–21.

16. Hedenstierna G, Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2010;24(2):157–69. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2009.12.002>
17. Hartland BL, Newell TJ, Damico N. Alveolar recruitment maneuvers under general anesthesia: A systematic review of the literature. *Respir Care*. 2015;60(4):609–20.
18. O’Gara B, Talmor D. Perioperative lung protective ventilation. *BMJ*. 2018;362(December 2017):k3030.
19. Navarro-Ripoll R, Aliaga Medina JL, López-Baamonde M, López Hernández A, Perdomo Linares JM. Lung recruitment maneuvers: Opening the door to a hidden enemy. *Rev Española Anesthesiol y Reanim (English Ed)* [Internet]. 2020;67(2):99–102. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.redare.2019.10.005>
20. Young CC, Harris EM, Vacchiano C, Bodnar S, Bukowy B, Elliott RRD, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. *Br J Anaesth* [Internet]. 2019;123(6):898–913. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2019.08.017>
21. Ghosh A, Elwell C, Smith M. Cerebral near-infrared spectroscopy in adults: A work in progress. *Anesth Analg*. 2012;115(6):1373–83.
22. Scheeren TWL, Schober P, Schwarte LA. Monitoring tissue oxygenation by near infrared spectroscopy (NIRS): Background and current applications. *J Clin Monit Comput*. 2012;26(4):279–87.
23. Yu Y, Zhang K, Zhang L, Zong H, Meng L, Han R. Cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) for perioperative monitoring of brain oxygenation in children and adults (Review) SUMMARY OF FINDINGS FOR THE MAIN COMPARISON. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2018;(1). Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD010947/abstract%5Cnhttp://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1002/14651858.CD010947/asset/CD010947.pdf?v=1&t=iguyxow9&s=7ec5ad1e7938139d81be8495ebc6ca4295c4882d>
24. Nielsen HB. Systematic review of near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygenation during non-cardiac surgery. *Front Physiol*. 2014;5 MAR(March):1–15.
25. Goodgame, Ben; Zeserson, Eli; Hess, J. Daniel; Hoon, Cynthia; Lamb, Keith; Maheshwari, Vinay; Johnson, Steven; Reed, James; Breyer, Michael 414, *Critical Care Medicine*: December 2012 - Volume 40 - Issue 12 - p 1-328