

**REPÚBLICA DE CUBA**  
**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS MÉDICAS**  
**CARLOS J. FINLAY**  
**CAMAGÜEY**  
**HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE**  
**Dr. ANTONIO LUACES IRAOLA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR**  
**EN PACIENTES VENTILADOS**

Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Médicas

**Dr. JULIO JESÚS GUIROLA DE LA PARRA**

**Ciego de Ávila**

**2017**

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS MÉDICAS**

**CARLOS J. FINLAY**

**CAMAGÜEY**

**HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE**

**Dr. ANTONIO LUACES IRAOLA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR  
EN PACIENTES VENTILADOS**

Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Médicas

**Autor: Dr. Julio Jesús Guirola de la Parra**

**Tutor: Dr. C. Volfredo Camacho Assef**

**Ciego de Ávila**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

La presentación de una tesis doctoral es el resultado de un proceso de investigación que incluye la labor de numerosas personas e instituciones por eso mis agradecimientos a:

Al colectivo de trabajadores del servicio de Cuidados Intensivos del hospital, en especial a los residentes y enfermeros, que durante tres largos años hicieron posible el cumplimiento del proyecto para la realización de esta investigación.

Dr.C. Volfredo Camacho Assef quien además de asumir la tutoría de esta tesis ha sido guía y ejemplo para mi desarrollo profesional.

Dra.C. Nuria Rosa Iglesias Almanza que con su incansable bregar ha impulsado a la terminación de esta investigación.

Dr.C. María Julia Machado Cano por contribuir a la redacción del informe final de esta investigación con su experiencia y sabiduría.

Dr.C. Hipólito Peralta Benítez y Dra.C. Adelaida Ballbé quienes con sus amplios conocimientos realizaron detalladas revisiones de la tesis en aras de lograr un mejor trabajo.

A la Dra. Odalys, Dr. Maikel y el profesor Agustín por su colaboración en la realización de los análisis estadísticos de los resultados de la investigación.

A mi esposa la Dra. Ketty Alvarado Bermúdez por estar siempre a mi lado y exigirme que siempre busque la perfección en mi obra.

## **DEDICATORIA**

**A mi familia por lo que representa para mí y en especial a mis hijos por todo el tiempo que he dejado de dedicarles.**

## **SÍNTESIS**

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre los aspectos que caracterizan las maniobras de reclutamiento alveolar en el contexto de la ventilación protectora, lo que permitió definir los términos de técnica, variante y modo de reclutamiento alveolar. Con dicho análisis y sobre la base de los conocimientos de fisiología, fisiopatología y los efectos de la ventilación mecánica artificial y las maniobras de reclutamiento alveolar sobre el sistema respiratorio se diseñó y fundamentó una nueva variante de maniobra de reclutamiento. Se realizó un estudio experimental con control histórico con el objetivo de evaluar los efectos de la nueva variante de maniobra de reclutamiento sobre: incidencia de complicaciones, días de ventilación, estadía en la unidad de cuidados intensivos y mortalidad. Los pacientes del grupo experimental y el control histórico fueron homogéneos según edad, causas de ventilación y clasificación de las escalas de pronósticos. La maniobra que se aplicó no influyó en los días de ventilación y la estadía en cuidados intensivos, pero sí disminuyó de forma significativa las complicaciones y la mortalidad. La mortalidad real del grupo con reclutamiento fue inferior a la pronosticada por las escalas utilizadas. Los efectos adversos derivados de la maniobra fueron escasos y no graves.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Capítulos y acápite</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Antecedentes</b> .....	1
<b>Actualidad del tema</b> .....	6
<b>Justificación de la investigación</b> .....	6
<b>Problema científico</b> .....	7
<b>Objeto de investigación</b> .....	7
<b>Objetivo general</b> .....	7
<b>Hipótesis</b> .....	8
<b>Diseño metodológico de la investigación</b> .....	8
<b>Beneficios esperados</b> .....	9
<b>Límites del alcance de la investigación</b> .....	9
<b>Aporte teórico</b> .....	9
<b>Aporte práctico</b> .....	9
<b>Novedad científica</b> .....	10
<b>Estructura de la tesis</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 1. MANIOBRAS DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR EN EL</b> <b>CONTEXTO DE LA VENTILACIÓN PROTECTORA</b> .....	12
<b>1.1. Definición</b> .....	14

<b>1.2. Antecedentes históricos .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3. Elementos que justifican el reclutamiento alveolar en pacientes con pulmones sanos y enfermos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.1. Pacientes con pulmones sanos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.2. Pacientes con pulmones enfermos .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. Efectos del reclutamiento sobre el cortocircuito intrapulmonar y el espacio muerto .....</b>	<b>22</b>
<b>1.5. Factores que influyen en la respuesta al reclutamiento alveolar .....</b>	<b>24</b>
<b>1.6. Contraindicaciones de las maniobras de reclutamiento alveolar .....</b>	<b>26</b>
<b>1.7. Técnicas, variantes y modos de efectuar las maniobras de reclutamiento alveolar .....</b>	<b>27</b>
<b>1.8. Frecuencia de realización de las maniobras de reclutamiento alveolar .....</b>	<b>33</b>
<b>1.9. Duración de las maniobras de reclutamiento alveolar .....</b>	<b>35</b>
<b>1.10. Monitorización de las maniobras de reclutamiento alveolar .....</b>	<b>37</b>
<b>1.11 Efectos adversos de las maniobras de reclutamiento alveolar .....</b>	<b>39</b>
<b>1.12. Conclusiones .....</b>	<b>41</b>

<b>CAPÍTULO 2. DISEÑO DE UNA NUEVA VARIANTE DE MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR .....</b>	<b>42</b>
2.1. Redefinición de términos empleados en relación con las maniobras de reclutamiento alveolar .....	42
2.2. Diseño y fundamentación de la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar.....	44
2.3. Flujograma de actuación clínica para seleccionar los pacientes que recibieron la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar y el procedimiento para su aplicación.....	50
2.3.1.Elaboración del flujograma de actuación clínica .....	50
2.3.2.Funcionamiento del flujograma .....	51
2.3.3.Símbolos utilizados en el flujograma .....	53
2.3.4.Medidas que facilitaron la adherencia al flujograma .....	55
2.4. Descripción del procedimiento que se siguió para aplicar la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar.....	56
2.5. Conclusiones .....	58
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA NUEVA VARIANTE DE MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR ASOCIADA A LA VENTILACIÓN PROTECTORA .....</b>	<b>60</b>
3.1. Diseño metodológico .....	60

<b>3.1.1. Tipo de estudio</b> .....	60
<b>3.1.2. Criterios de inclusión</b> .....	62
<b>3.1.3. Criterios de exclusión</b> .....	62
<b>3.1.4. Criterios de salida</b> .....	63
<b>3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	63
<b>3.1.6. Análisis estadístico</b> .....	63
<b>3.1.7. Definición y operacionalización de las variables</b> .....	64
<b>3.1.8. Aspectos éticos</b> .....	68
<b>3.2. Comparación del grupo experimental con el grupo control histórico</b> ...	69
<b>3.3. Mortalidad y supervivencia pronosticada por APACHE II, grados de severidad de la definición de Berlín y LIS y la real que aconteció en ambos grupos</b> .....	73
<b>3.4. Comportamiento de las variables dependientes evaluadas</b> .....	77
<b>3.5. Complicaciones asociadas a la ventilación mecánica artificial y efectos adversos secundarios al uso de la maniobra de reclutamiento alveolar</b> .....	87
<b>3.6. Conclusiones del capítulo</b> .....	91
<b>CONCLUSIONES</b> .....	94

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	95
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	96
<b>ANEXOS</b> .....	131

## **LISTADO DE SIGLAS UTILIZADAS**

VMA: Ventilación mecánica artificial

VP: Ventilación protectora

FiO<sub>2</sub>: Fracción inspirada de oxígeno

VC: Volumen corriente

EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

LPAV: Lesión pulmonar aguda asociada al ventilador

PEEP: Presión positiva al final de la espiración

SDRA: Síndrome de dificultad respiratoria aguda

UCI: Unidad de cuidados intensivos

NAV: Neumonía asociada a la ventilación

MRA: Maniobras de reclutamiento alveolar

CFR: Capacidad funcional residual

IS: Insuflación sostenida

SPO: Estados postoperatorios

PA-aO<sub>2</sub>: Diferencia alvéolo arterial de oxígeno

TAC: Tomografía axial computarizada

TIE: Tomografía de impedancia eléctrica

EAP: Edema agudo del pulmón

LIS: Lung Injury Score

## **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

### **Antecedentes**

La ventilación mecánica artificial (VMA) tiene el objetivo de suplir de forma temporal las funciones del sistema respiratorio y es una de las técnicas más utilizadas en cuidados intensivos.<sup>1</sup> Su uso contribuye a mejorar la supervivencia en diversas situaciones clínicas, pero a pesar de los grandes avances que se alcanzan en este campo, sus efectos adversos se asocian al aumento de la morbilidad y mortalidad en los pacientes que la requieren.<sup>2</sup> A nivel internacional se reportan tasas entre un 30 y 40 %, las que varían en dependencia de la causa por la que se utiliza.<sup>3-6</sup>

La mortalidad en los pacientes con VMA está determinada por múltiples factores que van desde los antecedentes patológicos hasta la causa que motivó la ventilación mecánica, pero no hay duda en que las complicaciones propias de esta técnica de sustitución de órgano juegan un papel importante.

Desde sus inicios, durante la epidemia de poliomielitis de 1952 en Copenhague, se observa que causa daño pulmonar estructural. En 1967 se acuña el término “pulmón del respirador” para describir los infiltrados alveolares difusos y las membranas hialinas halladas en el examen post mortem de pacientes ventilados.<sup>7</sup>

Las evidencias científicas acumuladas en las últimas tres décadas del siglo pasado ayudan a comprender los efectos de la ventilación mecánica sobre los pulmones sanos y enfermos y sus posibles mecanismos de producción, lo que permite enunciar los términos de VILI para la lesión inducida por el ventilador en

modelos animales y el de VALI para describir las complicaciones pulmonares asociadas al empleo de la ventilación en humanos.<sup>8</sup>

En la actualidad los conceptos de barotrauma (daño que se produce por presiones altas en la vía aérea), volutrauma (daño que se produce por sobredistensión), biotrauma (inflamación sistémica y pulmonar por liberación de mediadores inflamatorios), atelectrauma (daño que se produce por reclutamientos y colapsos repetidos) y toxicidad por oxígeno están bien reconocidos por los intensivistas.<sup>9</sup>

Otras complicaciones como las neumonías asociadas al ventilador (NAV) y las atelectasias se reportan con frecuencia; en la aparición de las primeras influyen varios factores y en las segundas no están del todo establecidas sus causas, pero se aceptan tres mecanismos básicos: por compresión, absorción de gas alveolar y las alteraciones del agente tensioactivo.<sup>10</sup>

Los antecedentes de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la obesidad, la edad, las intervenciones quirúrgicas, el tipo de anestesia, el uso de fracciones inspiradas de oxígeno ( $FiO_2$ ) elevadas y la selección incorrecta del volumen corriente (VC) favorecen la aparición de atelectasias.<sup>10,11</sup> Esta complicación afecta la oxigenación y empeora la evolución final del paciente.

Durante la VMA los pulmones se afectan por sobredistensión alveolar o por colapso y apertura cíclica de las unidades alveolares, mecanismos que favorecen la aparición de lesión pulmonar aguda asociada al ventilador (LPAV).<sup>12</sup>

La sobredistensión alveolar ocurre al final de la inspiración y se asocia con el uso de VC o presión inspiratoria elevada, con riesgo de rotura de las vías aéreas y paredes alveolares en las regiones no dependientes del pulmón.<sup>13,14</sup> El colapso y

la reapertura cíclica de las unidades alveolares se desarrollan en las regiones dependientes, expuestas a estrés significativo cuando la vía aérea y los alvéolos se abren en inspiración y colapsan en espiración.<sup>15</sup> Este mecanismo está en relación con el uso de VC bajos y PEEP insuficiente.<sup>16,17</sup>

Para disminuir el daño que provoca la sobredistensión en los pulmones lesionados se emplean VC pequeño y presión meseta baja. Con esta estrategia ventilatoria se logra reducir la mortalidad,<sup>18,19</sup> pero no se evita la lesión pulmonar que provoca la hipoventilación de determinadas áreas pulmonares y las producidas por el cierre y apertura cíclica de las unidades alveolares.<sup>20</sup>

Estos mecanismos son responsables de la aparición de atelectrauma y biotrauma que conducen a una lesión indistinguible del síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA),<sup>21,22</sup> que junto a las atelectasias y las neumonías repercuten en la mortalidad de los pacientes ventilados.

Caballero A y col.<sup>23</sup>, en un estudio sobre la prevalencia de la ventilación mecánica en Cuba, reportan que el 30 % de los pacientes que ingresan en las unidades de cuidados intensivos (UCI) se ventilan con una mortalidad de 52,5 % en el año 2005 y 51,7 % en 2010.

En la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola ingresan en el periodo 2005-2012 entre 450 y 500 pacientes como promedio por año, de ellos se ventilan el 25 %, con una mortalidad entre 45 y 50 %.\*

---

\* Movimiento hospitalario 2005-2012. Departamento de Registros Médicos. Hospital Provincial General Docente Dr. Antonio Luaces Iraola, Ciego de Ávila (no publicado)

El autor considera que los múltiples factores que influyen en estas tasas de mortalidad, se pueden agrupar en: los que dependen de la enfermedad de base y la indicación de VMA, los dependientes de la estrategia ventilatoria y sus complicaciones y los que se derivan de los protocolos de destete que se emplean. Sobre el primer grupo es difícil actuar y en ocasiones depende del conocimiento y experiencia del personal asistencial, así como de aspectos éticos a la hora de decidir la indicación e inicio de la ventilación.

En cuanto al tercer grupo de factores, en la UCI del Hospital General Provincial Docente de Ciego de Ávila se aplica un protocolo de atención y existen investigaciones que demuestran resultados favorables con su aplicación.<sup>24</sup>

En relación con el segundo grupo, desde el año 2002, en esta UCI están protocolizados los principios de la ventilación protectora (VP), que permiten disminuir las complicaciones derivadas de la sobredistensión alveolar, como son los barotraumas y los volutraumas, pero no se puede afirmar que por estas acciones se disminuyen las complicaciones derivadas del colapso alveolar como las atelectasias, la neumonía asociada a la ventilación (NAV) y el biotrauma, resultado que coincide con los reportes de otros autores<sup>22,25,26</sup> y constituye el principal argumento que justifica el empleo de las maniobras de reclutamiento alveolar (MRA).

Las MRA son procedimientos ventilatorios en los que se utiliza el aumento sostenido de presión en la vía aérea con el objetivo de reclutar unidades alveolares colapsadas, aumentar las áreas pulmonares disponibles para el intercambio gaseoso y mejorar la oxigenación arterial.<sup>27</sup>

Los estudios realizados en animales y en humanos permiten afirmar que estas maniobras mejoran los índices de oxigenación y la mecánica ventilatoria, con pocos efectos adversos, sin influir de forma positiva sobre los días de ventilación, la estadía en la UCI y la mortalidad.<sup>28-30</sup> Estos resultados constituyen la causa por la cual no se justifica su uso rutinario en la práctica médica.

El objetivo de las MRA es lograr la apertura de los alvéolos colapsados mediante un aumento de la presión transpulmonar, que se corresponde con la presión de apertura alveolar. Este aumento se puede lograr por diversas técnicas, lo que justifica la existencia de numerosas variantes de MRA.

Los resultados de estudios experimentales donde se comparan determinadas MRA entre sí o con la ventilación estándar, incluidos en revisiones sistemáticas y metanálisis,<sup>31-33</sup> confirman que las MRA mejoran la oxigenación y la mecánica ventilatoria, lo que puede resultar suficiente para justificar su utilización. Sin embargo, no existen los elementos para afirmar que las MRA influyen en los días de ventilación, la estadía en la UCI y la mortalidad.

El conocimiento que se tiene en relación con las MRA es contradictorio, al igual que el empleo de los términos para referirse al reclutamiento alveolar. Una encuesta realizada a 64 médicos de siete UCI colombianas concluye que existe heterogeneidad en las respuestas relacionadas con el conocimiento sobre las MRA y que en la actualidad no hay un consenso acerca de cuál es la forma más eficaz y segura de aplicarlas.<sup>34</sup>

Palencia E y col.<sup>35</sup> en 2011 en el artículo “Tratamiento de la hipoxemia refractaria en el SDRA”, donde se encuesta a profesionales de las UCI sobre las medidas no

farmacológicas utilizadas en el SDRA con hipoxemia refractaria, refieren que el 82 % de los participantes considera las MRA como la primera opción, resultado contradictorio si se tienen en cuenta las evidencias existentes hasta el momento. Al igual que Santos RS y col.<sup>22</sup> el autor, considera que es necesario validar esta terapia con investigaciones que no existen hasta la fecha y que son imprescindibles para desarrollar su potencial terapéutico. Estos trabajos permitirán precisar aspectos relacionados con la utilidad y seguridad terapéutica de las MRA, sus efectos respiratorios y sistémicos, la variante óptima de reclutamiento y los regímenes de administración más adecuados.

### **Actualidad del tema**

Con el desarrollo de la medicina cada día son más los pacientes que requieren asistencia ventilatoria artificial, ya sea como parte de una terapia sustitutiva por insuficiencia respiratoria o por la realización de grandes y complicadas cirugías, sin embargo, las tasas de morbilidad y mortalidad de los pacientes que la reciben continúan elevadas.

### **Justificación de la investigación**

La estrategia de VP no corrige del todo las complicaciones derivadas de la VMA. El uso de VC bajos favorece la hipoventilación de determinadas áreas pulmonares y mantiene elevada la incidencia de complicaciones, los días de ventilación, la estadía en la UCI y la mortalidad en estos pacientes.

Las MRA, con sus efectos beneficiosos sobre la oxigenación y la mecánica ventilatoria pueden complementar la estrategia de VP empleada en la actualidad, pero no existen evidencias científicas suficientes para apoyar esta afirmación.

La divergencia en el empleo de los términos técnica, variante y modo, para referirse al reclutamiento alveolar y la diversidad de variantes de maniobras utilizadas impiden establecer un modo de actuar uniforme, por lo que es necesario redefinir los términos e implementar una nueva variante de maniobra con su flujograma de actuación clínica.

### **Problema científico**

La estrategia de VP que se aplica en la actualidad presenta insuficiencias que mantienen elevada la incidencia de complicaciones, los días de ventilación, la estadía en la UCI y la mortalidad en los pacientes ventilados. De ahí que se define como problema científico: ¿Cómo disminuir las complicaciones, los días de ventilación, la estadía en la UCI y la mortalidad en los pacientes con VMA?

**Objeto de investigación:** proceso de reclutamiento alveolar.

### **Objetivo general**

Implementar una maniobra de reclutamiento alveolar en los pacientes ventilados con una estrategia de ventilación protectora en la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola de Ciego de Ávila.

### **Objetivos específicos**

1. Analizar la teoría disponible sobre las maniobras de reclutamiento alveolar en los pacientes ventilados con una estrategia de ventilación protectora.
2. Diseñar una nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar.
3. Evaluar los efectos de la nueva maniobra de reclutamiento alveolar en los pacientes ventilados con una estrategia de VP en la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola de Ciego de Ávila.

## **Hipótesis**

Una variante de MRA encaminada a corregir las insuficiencias de la ventilación protectora contribuye a la disminución de las complicaciones, los días de ventilación, la estadía en UCI y la mortalidad en los pacientes ventilados.

## **Diseño metodológico de la investigación**

En la primera etapa se realiza una revisión exhaustiva de la literatura científica sobre las características de las MRA, con el objetivo de diseñar y fundamentar una nueva variante de maniobra. En la segunda etapa se realiza un estudio experimental con un control histórico<sup>36</sup> para evaluar los efectos de la nueva variante de maniobra. Para minimizar las limitantes del estudio se cumplen requisitos, que se reflejan en el capítulo tres.

## **Métodos de la investigación**

### **Del nivel teórico:**

- Histórico-lógico: para determinar la evolución y el desarrollo del conocimiento científico sobre las MRA.
- Hipotético-deductivo: para confeccionar la hipótesis e inferir las conclusiones.
- Analítico-sintético: para el análisis crítico de las fuentes documentales empleadas, las particularidades del objeto de estudio y la adecuada interrelación de los elementos que lo integran.

### **Del nivel empírico:**

- Observación: para recoger la información primaria de los pacientes y el proceso de asistencia médica.

- Medición: para obtener valores sobre las cualidades del objeto de estudio y procesar los datos obtenidos a través de métodos estadísticos.
- Experimental: al considerar como grupo control una serie histórica y como grupo experimental los pacientes ventilados que recibieron la MRA.
- Método clínico: para el análisis de historias clínicas, examen físico e interpretación de exámenes complementarios y determinar si los pacientes cumplen con los criterios para aplicar la MRA.

### **Beneficios esperados**

Con la aplicación de la nueva variante de MRA propuesta, asociada a la estrategia de VP, se disminuyen las complicaciones, los días de ventilación, la estadía en UCI y la mortalidad de los pacientes ventilados.

### **Límites del alcance de la investigación**

Se trata de un estudio que se realiza en un hospital provincial, donde se utiliza un control histórico conformado por pacientes con tratamiento convencional que no recibe la maniobra y no coincide en el tiempo con los del grupo experimental.

### **Aporte teórico**

Fundamentación fisiopatológica y clínica de los procedimientos que definen la nueva variante de MRA aplicada a pacientes con una estrategia de VP. Redefinición de los términos de técnica, variante y modo de reclutamiento alveolar.

### **Aporte práctico**

Nueva variante de MRA con su flujograma de actuación clínica aplicada a pacientes con una estrategia de VP.

### **Novedad científica**

Se diseña una nueva variante de MRA en cuanto a la forma de seleccionar el nivel de presión de apertura alveolar, el tiempo de duración y la frecuencia de aplicación en los pacientes con VMA, tengan o no daño pulmonar.

Las principales variables que se estudian son los días de ventilación, la estadía en UCI y la mortalidad relacionada con este proceder médico, con escasa referencia en la literatura científica.

### **Estructura de la tesis**

La tesis está conformada por: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas. En el primer capítulo se realiza un análisis de la teoría disponible sobre las MRA. En el segundo se definen los términos de técnica, variante y modo de reclutamiento alveolar y se presenta el diseño y fundamentación de la nueva variante con el flujograma de actuación clínica y el procedimiento seguido para su aplicación. En el tercer capítulo se exponen los resultados de la aplicación de la nueva variante de MRA en pacientes ventilados con una estrategia de VP.

**CAPÍTULO 1. MANIOBRAS DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR EN  
EL CONTEXTO DE LA VENTILACIÓN PROTECTORA**

## **CAPÍTULO 1. MANIOBRAS DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR EN EL CONTEXTO DE LA VENTILACIÓN PROTECTORA**

En este capítulo se analiza la teoría disponible sobre los efectos de las MRA en los pacientes con VMA y los aspectos que justifican el reclutamiento alveolar en pacientes con pulmones sanos y enfermos con una estrategia de VP.

Objetivo del capítulo:

Analizar la teoría disponible sobre las MRA en los pacientes ventilados con una estrategia de ventilación protectora.

Para dar cumplimiento al mismo se consideran los siguientes aspectos:

- Elementos que justifican su uso en pacientes con pulmones sanos y enfermos.
- Repercusión sobre el cortocircuito intrapulmonar y espacio muerto.
- Factores que influyen en la respuesta al reclutamiento.
- Técnicas, variantes y modos que se emplean en su aplicación.
- Frecuencia y duración de las MRA.
- Elementos que se utilizan para su monitorización.
- Contraindicaciones y efectos adversos.

Los conocimientos que se tienen de la fisiología respiratoria en la actualidad y los avances tecnológicos que se alcanzan en el campo de la VMA facilitan el desarrollo de nuevas estrategias ventilatorias en aquellos pacientes que requieren VMA.

En los últimos años la VP cobra relevancia y unido a ella, las MRA. Al ser este un tema de reciente aparición en el ámbito médico, existen aspectos que se desconocen o están poco sistematizados en la literatura especializada.

Entre estos aspectos están, los que se relacionan con sus efectos fisiopatológicos, las técnicas, variantes y modos que se utilizan para lograr el reclutamiento de los alvéolos colapsados, los pacientes que pueden beneficiarse o no con estas maniobras, los posibles efectos adversos, así como la influencia de las MRA sobre los días de ventilación, la estadía en UCI y la mortalidad.

Para el desarrollo de este capítulo se realizó una revisión documental de las principales fuentes de información disponibles en español e inglés.

La estrategia de búsqueda incluyó la revisión de las bases de datos en español: CUMED, Scielo y Lilacs; en inglés: Pubmed/Medline y Cochrane Library. Estas bases incluyeron criterios de indexación y palabras claves referidos en el Descriptor para las Ciencias de las Salud (DeCs). En la ventana Consulta por Palabras se introdujeron las siguientes: maniobras, reclutamiento, alveolar, pulmonar, respiratorio y ventilación, en español e inglés y se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 1).

Tabla1. Resultados de la búsqueda del descriptor a emplear en el DeCS.

<b>Palabras</b>	<b>Español</b>	<b>Inglés</b>
<b><u>Maniobras-Maneuvers</u></b>	1	2
<b><u>Reclutamiento-Recruitment</u></b>	6	6
<b><u>Alveolar-Alveolar</u></b>	16	16
<b><u>Respiratorio-Lung</u></b>	32	35
<b><u>Respiración Artificial-Respiration</u></b>	13	13

En ninguno de los casos (tabla 1) se encontró la combinación de las palabras empleadas que determinara un descriptor específico para MRA, no obstante, a

este resultado se usaron los términos Maniobras de Reclutamiento Alveolar para las bases de datos en español y Alveolar Recruitment Maneuvers para las bases de datos en idioma inglés.

Se identificaron diferentes grupos de artículos:

- Los que hacen referencia a las MRA como parte de la terapéutica del SDRA y de otras enfermedades pulmonares.
- Los que describen el empleo de MRA con el objetivo de prevenir las atelectasias.
- Los que consideran los cambios de posición como MRA.
- Artículos de análisis, controversias, opiniones personales y cartas a editores.
- Los que informan el resultado de encuestas a profesionales en relación con el nivel de conocimiento sobre las MRA.
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre las MRA.
- Artículos sobre el uso de MRA en animales.
- Artículos sobre informes de series de casos en humanos que recibieron MRA.

### **1.1. Definición**

El reclutamiento alveolar se define como la reexpansión de áreas pulmonares colapsadas mediante un incremento breve y controlado de la presión transpulmonar.<sup>37</sup> Está dirigido a crear y mantener una situación libre de colapso alveolar con la finalidad de aumentar el volumen al final de la espiración y mejorar el intercambio gaseoso.

De esta manera, el término de reclutamiento alveolar se refiere a la apertura de los alvéolos colapsados, mientras que el desreclutamiento se refiere al colapso de los alvéolos abiertos.

Las MRA son procedimientos ventilatorios en los que se utiliza el aumento sostenido de presión en la vía aérea con el objetivo de reclutar unidades alveolares colapsadas, aumentar las áreas pulmonares disponibles para el intercambio gaseoso y mejorar la oxigenación arterial.<sup>27</sup>

Para Marini,<sup>38</sup> constituyen insuflaciones con presión positiva por encima del VC prefijado durante la ventilación con presión positiva intermitente, que tienen como objetivo lograr la máxima dilatación fisiológica en la mayor cantidad de unidades alveolares posibles.

Las MRA se consideran también como los procedimientos por el cual los alvéolos se reabren durante la inspiración, gracias a una presión que supera su presión crítica de apertura.<sup>39</sup> La maniobra de reclutamiento completa consiste en abrir los alvéolos durante la inspiración y evitar que estos se cierren en la espiración.

Debe destacarse que, además del uso de maniobras ventilatorias, existen otras formas de lograr el reclutamiento pulmonar en los pacientes con VMA como: el empleo de ventilación de alta frecuencia, ventilación líquida y la ventilación en decúbito prono.<sup>25</sup>

## **1.2. Antecedentes históricos**

Si bien la historia de las MRA en los últimos 20 años está en relación estrecha con el empleo de la VP que se desarrolla como parte del tratamiento del SDRA, estudios experimentales en animales y en humanos de los años 50 del siglo

pasado constituyen los antecedentes que aportan la base de los conocimientos actuales sobre el tema:

Day y col.<sup>40</sup> en 1952 aplican diferentes niveles de presión para revertir atelectasias en pulmones de animales y observan que las presiones bajas no son eficaces, aunque se mantengan durante un tiempo prolongado, mientras que las presiones elevadas logran abrir el pulmón, pero resultan dañinas si persisten en el tiempo.

Klinge y col.<sup>41</sup> en 1970 estudian la relación volumen/presión dentro de los alvéolos y los cambios de volumen que afectan la estructura alveolar.

En la década de los años 90 del pasado siglo se dan a conocer las primeras publicaciones de aplicación de MRA en pacientes bajo anestesia con el objetivo de resolver las atelectasias perioperatorias.<sup>42,43</sup>

En una revisión sistemática que realiza el autor,<sup>85</sup> que toma como criterio de selección a los artículos que muestran series de pacientes sometidos a MRA desde el año 2000 al 2012, se encuentra que en 50 de 51 artículos de autores extranjeros el número de pacientes oscila entre cinco y 100 y solo en un estudio multicéntrico publicado por Meade en 2008<sup>44</sup> se incluyen 983 enfermos.

En esta revisión se encuentran 48 artículos que evalúan los índices de oxigenación y de mecánica ventilatoria y solo tres que analizan mortalidad, con grupos controles o con series históricas de pacientes con ventilación convencional (tabla 1, anexo 1).

En Cuba cuatro trabajos publicados cumplen con el criterio mencionado. El primero se realiza en el Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola de Ciego de Ávila en 2004, donde se les aplica una MRA a siete pacientes y

se comprueba mejoría de la oxigenación sin la aparición de efectos adversos.<sup>45</sup> El segundo, en el Hospital Celia Sánchez Manduley de Manzanillo en 2005, que compara una estrategia de ventilación protectora unida a una MRA con decremento de PEEP con una serie histórica y demuestra disminución de la mortalidad.<sup>46</sup>

En el tercer estudio, que se publica en Ciego de Ávila en 2008, se compara una variante de MRA en un grupo de pacientes con SDRA con una serie histórica y se encuentra una disminución significativa de la mortalidad, sin influir en los días de ventilación y la estadía en la UCI.<sup>47</sup>

El cuarto trabajo, que se publica en el 2015 sobre una MRA escalonada que se realiza a 13 pacientes con SDRA en el Hospital Universitario Calixto García Iñiguez de La Habana, concluye que la maniobra es segura y logra una mejoría sustancial y prolongada de la oxigenación.<sup>48</sup>

### **1.3.Elementos que justifican el reclutamiento alveolar en pacientes con pulmones sanos y enfermos**

#### **1.3.1. Pacientes con pulmones sanos**

Los pulmones normales presentan una tendencia constante al colapso debido a la gran cantidad de fibras elásticas que poseen y por la tensión superficial de los líquidos que recubren el alvéolo. Esta tendencia se contrarresta por la presión intrapleural negativa y por el efecto estabilizador de la sustancia tensioactiva.<sup>10</sup>

En determinadas situaciones clínicas los pacientes con pulmones sanos también requieren de VMA, como son los casos intervenidos con anestesia general, los que presentan depresión del centro respiratorio y enfermedades neuromusculares.

En estos pacientes, la ventilación con presiones positivas no evita el colapso pulmonar y el daño pulmonar asociado a la ventilación.<sup>14</sup>

Particular importancia adquiere el paciente que se somete a grandes cirugías donde la anestesia general reduce la capacidad funcional residual (CFR), la distensibilidad pulmonar y la oxigenación arterial.<sup>49</sup> Esto favorece que del 16 a 20 % del parénquima pulmonar se encuentre hipoventilado y colapsado, lo que genera zonas de baja relación ventilación/perfusión y cortocircuitos pulmonares.<sup>50</sup>

En los pacientes con anestesia también se pierde el reflejo de suspiro, que de forma fisiológica se efectúa de nueve a 10 veces por hora con el propósito de mantener la compliancia pulmonar y disminuir la formación de atelectasias por reclutamiento de los alvéolos colapsados.<sup>51</sup>

En pacientes obesos el fenómeno de colapso pulmonar es más acentuado, como lo evidencian los estudios que utilizan imágenes de tomografía axial computarizada.<sup>10,52</sup> En este sentido, existe relación directa entre el porcentaje de tejido pulmonar colapsado y el cortocircuito que se produce, mecanismo que afecta la oxigenación arterial en los pacientes.<sup>53</sup> Estos elementos, unidos al fenómeno de apertura y cierre cíclico de los alvéolos, generan atelectrauma, seguido de biotrauma y lesión pulmonar indistinguible del SDRA, sobre todo si la ventilación se prolonga en el tiempo.<sup>7</sup>

Gajic y col.<sup>54</sup> en 2005 presentan los resultados del análisis de 3 261 pacientes con VMA, de los cuales, el 6,2 % desarrolla SDRA después de 48 horas del inicio del soporte ventilatorio. Los autores realizan un análisis de regresión logística en el que las variables se ajustan en función de las características del paciente en el

momento de su inclusión en el estudio y de los factores de riesgo para el desarrollo del SDRA y encuentran que la aparición de este se relaciona con el empleo de un volumen circulante superior a 700 ml y una presión pico superior a 30 cmH<sub>2</sub>O. Estos resultados avalan la necesidad del uso de las MRA asociadas a estrategias de VP en pacientes sin lesión pulmonar.

Con posterioridad, en el año 2012 se publica un metanálisis sobre la ventilación con bajos VC en pacientes sin distrés respiratorio, donde se encuentran mejores resultados clínicos y mayores beneficios cuando esta estrategia se establece de forma precoz en los quirófanos.<sup>55</sup>

Futier y col.<sup>56</sup> en 2013 publican un estudio multicéntrico, aleatorizado a doble ciega que incluye pacientes con cirugía abdominal, donde se compara una estrategia convencional sin PEEP y MRA con una de VP con PEEP y MRA. La segunda estrategia se acompaña de menos complicaciones postoperatorias y de una reducción de la utilización de los cuidados de salud.

En 2015, Hartland y col.<sup>57</sup> señalan en una revisión sistemática que, en pacientes sometidos a anestesia general, el empleo de MRA permite usar FiO<sub>2</sub> más bajas, reducir las complicaciones respiratorias postoperatorias y mejorar la evolución de los pacientes.

El análisis de la función pulmonar, las evidencias inequívocas de que la VMA produce lesión pulmonar y el resultado de metanálisis y estudios multicéntricos aleatorizados a doble ciega, analizados con anterioridad, sugieren que en los pacientes sin lesión pulmonar previa que requieran apoyo respiratorio debe aplicarse una estrategia de ventilación protectora que incluya MRA. Dicha

estrategia evita incrementos de la presión transpulmonar y lesión del fibroesqueleto pulmonar, responsables de algunos tipos de daños pulmonares asociados a la ventilación mecánica.

### **1.3.2. Pacientes con pulmones enfermos**

En los pacientes con pulmones enfermos, como ocurre en el SDRA, se describe una lesión difusa que afecta a ambos pulmones, pero los estudios tomográficos realizados por Gatinoni<sup>58</sup> revelan un patrón no uniforme con regiones colapsadas o consolidadas, definidas como áreas dependientes y otras abiertas y ventiladas. En estas situaciones, las estrategias ventilatorias con empleo de altas presiones picos y elevados volúmenes corrientes se asocian al agravamiento del daño pulmonar y a una mayor frecuencia de barotrauma.<sup>59</sup>

Por otro lado, la ventilación mecánica con el uso de VC bajos en pacientes con pulmones enfermos reduce la mortalidad,<sup>18,19</sup> pero no está exenta de efectos adversos.

Entre los efectos adversos se destacan el atelectrauma y el biotrauma, derivados del uso de VC bajos, los cuales, a través de varios mecanismos como son la apertura y el cierre cíclico de las vías aéreas y las unidades pulmonares, los efectos sobre la función del surfactante y la hipoxia regional conducen a: desprendimiento epitelial, formación de membranas hialinas, edema pulmonar, colapso alveolar, liberación de mediadores inflamatorios y translocación bacteriana. Estas situaciones son capaces de generar daños en pulmones sanos o empeorar un daño preexistente.<sup>12,19,60,61</sup>

Por estas razones el autor considera que en los pacientes con pulmones enfermos se debe trazar una estrategia ventilatoria cuidadosa, que establezca un balance entre la sobredistensión pulmonar causada por la aplicación de presiones y volúmenes excesivos y la aparición de colapso alveolar con desarrollo de atelectasias por uso de volúmenes y presiones bajas.

Esta estrategia debe tener en cuenta los principios de la VP con sus beneficios, unida al uso de MRA que logran mantener la apertura pulmonar con reducción de las consecuencias negativas de la hipoventilación y el colapso alveolar.

La combinación de una estrategia de ventilación protectora con la realización de MRA ofrece tres importantes ventajas para los pacientes ventilados desde el punto de vista fisiopatológico:

- Apertura de los alvéolos colapsados con efectos positivos sobre el intercambio gaseoso y por tanto menos requerimiento de oxígeno.
- Efectos beneficiosos sobre la mecánica ventilatoria que permiten tener un pulmón abierto sin necesidad de usar volúmenes y presiones elevados para mantener el apoyo respiratorio.
- En combinación con un nivel de PEEP adecuado evita la apertura y cierre cíclico de las unidades funcionales respiratorias con sus consecuentes efectos nocivos.

Son numerosos los estudios<sup>27,32,33,44,45,62</sup> que avalan los efectos beneficiosos de las MRA sobre la oxigenación y la mecánica respiratoria, pero pocos de ellos evalúan sus efectos sobre los días de ventilación, estadía en UCI y la mortalidad,

por lo tanto, son áreas de incertidumbre a solucionar con investigaciones clínicas y así poder establecer estas maniobras como procedimientos médicos sistemáticos. Los pacientes con pulmones enfermos, sobre todo los que presentan SDRA, se caracterizan desde el punto de vista fisiopatológico por tener alteraciones del espacio muerto e incremento del cortocircuito intrapulmonar, por lo que la estrategia ventilatoria que se emplee para mantener una oxigenación adecuada, mientras se trata la enfermedad de base, debe ir dirigida a corregir estas alteraciones.

#### **1.4.Efectos del reclutamiento sobre el cortocircuito intrapulmonar y el espacio muerto**

El reclutamiento alveolar es un fenómeno anatómico que depende de forma exclusiva de la penetración de gas en regiones pulmonares no aireadas o poco aireadas; produce un aumento de la CFR y por tanto del área de intercambio gaseoso con mejoría de la oxigenación arterial.<sup>31</sup>

En la oxigenación arterial, además de la aireación pulmonar, influyen otros factores como el flujo pulmonar regional, la saturación de oxígeno de la sangre venosa mezclada y el gasto cardíaco, que a su vez se pueden afectar durante la realización de una MRA.<sup>63</sup>

A partir de estos conocimientos aparecen nuevos conceptos como el de reclutamiento anatómico, que se refiere a la reducción de la masa de tejido pulmonar colapsado medido por TAC de tórax y el de reclutamiento funcional, referido a la disminución del cortocircuito intrapulmonar estimado a partir del contenido arterial y venoso mixto de oxígeno.<sup>64</sup>

Según Tomicic y col.<sup>64</sup> el reclutamiento anatómico y el reclutamiento funcional están en estrecha relación, lo que se evidencia en las siguientes situaciones:

- Si la presión transpulmonar logra un reclutamiento parcial mediante determinada técnica de reclutamiento alveolar; el desplazamiento de la perfusión hacia las regiones dependientes (colapsadas) puede prevalecer sobre el efecto beneficioso esperado, al mejorar la aireación sobre el cortocircuito regional. En esta situación, tanto el reclutamiento anatómico como el funcional resultan inadecuados para lograr los mejores objetivos ventilatorios.
- Si la presión aplicada logra una reexpansión extensa del tejido pulmonar colapsado, el reclutamiento anatómico y el funcional son adecuados y la maniobra exitosa.
- Si la presión transpulmonar se eleva de forma excesiva, se produce una sobredistensión pulmonar con repercusión sobre el gasto cardíaco y la tensión arterial. En este caso el reclutamiento anatómico es excesivo con deterioro hemodinámico que afecta la oxigenación arterial.

Esta última situación clínica se corresponde con lo referido por Jardin<sup>65</sup>: "...incluso si está pobremente aireado, un pulmón dañado con una circulación preservada sobrevivirá. Por el contrario, un pulmón aireado al máximo, pero sin ninguna circulación es un órgano inútil..."

Por otra parte, el comportamiento del espacio muerto en un paciente que recibe una MRA depende del grado de reclutamiento logrado, lo que implica tres situaciones diferentes.<sup>64</sup>

- Espacio muerto por efecto del cortocircuito o espacio muerto ficticio: es consecuencia de la perfusión de zonas no ventiladas por una MRA parcial y se corresponde con aquellas áreas pulmonares que continúan colapsadas, donde la presión de apertura alveolar aplicada no es suficiente.
- Espacio muerto por alvéolos ventilados, pero no perfundidos: también es consecuencia de una MRA parcial y está en relación con las áreas pulmonares que se lograron reclutar, pero que al desviarse el flujo hacia las áreas colapsadas mantienen una desproporción entre ventilación y perfusión a favor de la primera.
- Espacio muerto verdadero: se debe a un pulmón “excesivamente” ventilado, con una marcada sobredistensión que provoca colapso capilar, caída del gasto cardíaco y de la tensión arterial.

De esta manera, el objetivo de las MRA es producir un aumento de la presión transpulmonar, que expanda los alvéolos colapsados, favorezca la liberación de sustancia tensioactiva, estabilice los alvéolos y reduzca la lesión inducida por el colapso cíclico durante la ventilación mecánica.<sup>67</sup>

### **1.5. Factores que influyen en la respuesta al reclutamiento alveolar**

En la práctica médica no es fácil lograr el reclutamiento adecuado, lo que varía de un paciente a otro y a su vez depende de varios factores.<sup>25,28,68</sup>

Factores que influyen en la respuesta al reclutamiento:

- Tipo de lesión (pulmonar o extrapulmonar): en el SDRA extrapulmonar existe, al menos al inicio, una menor afectación alveolar con predominio de edema intersticial que se asocia con mayor capacidad de reclutamiento. Sin embargo,

la ocupación del interior del alvéolo da lugar a que exista menos tejido reclutable, como por ejemplo sucede en una neumonía.<sup>28</sup>

- Fase evolutiva (precoz o tardía): de acuerdo a los cambios histológicos que se producen en un paciente con SDRA solo es eficaz reclutar en las fases iniciales, en las tardías el deterioro de la elasticidad pulmonar impide revertir el colapso y aumenta el riesgo de barotrauma.<sup>69</sup>
- Compliancia toracoabdominal: Grasso y col.<sup>69</sup> reportan que las MRA no son eficaces en aquellos pacientes con limitación para la expansión de la caja torácica.
- Posición del paciente: este factor tiene gran influencia en la respuesta al reclutamiento alveolar, el decúbito prono lo favorece y se considera una MRA al aumentar la presión transpulmonar en la región dorsal y mejorar el intercambio gaseoso.<sup>28,70</sup>
- Uso de drogas vasoactivas: estas pueden modificar el gasto cardíaco, la distribución del flujo sanguíneo pulmonar y el intercambio gaseoso y por tanto la respuesta al reclutamiento.<sup>68</sup>
- Estrategia ventilatoria antes y después de las MRA: cuando se ventila con VC bajos puede originarse cierre alveolar que afecta de forma negativa el reclutamiento, pero si se asocia a una PEEP adecuada se evita en cierta medida el colapso y a su vez el reclutamiento se hace más fácil. Si el paciente con VC bajo y PEEP recibe una MRA las siguientes maniobras logran una mejor apertura alveolar, pues se sabe que los alvéolos guardan memoria para el reclutamiento.<sup>71</sup>

Las estrategias que emplean un mayor VC y en particular una PEEP más elevada previa a las maniobras se asocian con una menor respuesta, pues parten de un pulmón ya reclutado.<sup>71</sup>

- Variante de MRA empleada (nivel de presión transpulmonar alcanzado y duración): la interacción entre la presión y el tiempo es crítica en la eficacia y tolerancia de las MRA.<sup>68</sup>

A partir de modelos matemáticos se demuestra el rol de la presión y el tiempo en el reclutamiento y desreclutamiento alveolar. De acuerdo con esos modelos se sabe que las unidades alveolares tienen presión de apertura y de cierre dependiente del tiempo, la que puede cambiar según el daño pulmonar.<sup>72</sup>

Albert SP y col.<sup>73</sup> consideran que el reclutamiento alveolar no ocurre de forma inmediata cuando se aplica la presión, sino que es un fenómeno temporal y continuo mientras la presión se mantiene. Para reclutar un alvéolo colapsado se requiere de un tiempo adecuado para el llenado alveolar que por lo general no es menor a un minuto.<sup>29</sup>

### **1.6. Contraindicaciones de las maniobras de reclutamiento alveolar**

Se consideran como contraindicaciones para efectuar las MRA las siguientes situaciones clínicas:<sup>12,22,32</sup>

- Inestabilidad hemodinámica: no se recomienda realizarla en los pacientes que tengan tensión arterial sistólica inferior a 100 mmHg.
- Presencia de alguna forma clínica de barotrauma (neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo).
- Hipertensión endocraneana.

- Biopsias o resecciones pulmonares recientes.
- Arritmias cardíacas.

### **1.7. Técnicas, variantes y modos de efectuar las maniobras de reclutamiento alveolar**

Las MRA se realizan en pacientes acoplados a un respirador artificial en cualquiera de las modalidades conocidas, pueden afectar una o las dos fases del ciclo respiratorio y cuando su duración se prolonga influyen sobre uno o más ciclos respiratorios.<sup>25</sup>

En la literatura científica se proponen numerosas maneras de realizar las MRA, sin embargo, existe gran confusión en cuanto a la óptima para lograr reclutar los alvéolos colapsados.<sup>32,74-76</sup>

De igual forma se emplean varios términos en los artículos que se refieren a las MRA, entre los que se destacan: técnica, tipo, variante, modo, método y estrategia, sin lograr una definición clara para cada uno de ellos.

Para algunos autores los dos métodos de reclutamiento más destacados son: el uso de altos niveles de CPAP y el empleo de presión control con PEEP.<sup>69,77-79</sup>

Para Chiumello y col.<sup>26</sup> existen varios tipos de MRA, tales como: insuflación sostenida (IS) a alta presión, suspiros intermitentes y aumentos escalonados de PEEP y presión inspiratoria o de ambas. Según este autor el método óptimo para el reclutamiento alveolar aún no está identificado, ni existe alguno estandarizado por lo que las maniobras se realizan de formas diversas de acuerdo a la experiencia individual de cada médico.

Perasso y col.<sup>80</sup> consideran como tipos de MRA a: IS con altas presiones, incremento del VC o maniobra de capacidad vital, suspiros intermitentes, prolongación del tiempo inspiratorio, incrementos escalonados de la PEEP e incremento de presión inspiratoria.

Según Borges y col.<sup>81</sup> las técnicas para el reclutamiento alveolar son: la IS con altas presiones y el incremento de la PEEP.

En las revisiones sistemáticas se consideran como técnicas de reclutamiento a las vías por la cuales se alcanza una presión transpulmonar capaz de lograr la apertura de los alvéolos colapsados y estas son: incremento de la presión inspiratoria, el aumento del volumen corriente, el uso de PEEP y de CPAP.<sup>32,33</sup>

Las dos primeras técnicas no ofrecen dudas, pero las dos últimas pueden considerarse similares, al tener en cuenta que la PEEP es una técnica o modo complementario de ventilación que se obtiene mediante una maniobra mecánica que provoca que la presión en las vías aéreas e intratorácica no descienda al nivel de la presión atmosférica en ninguna de las dos fases del ciclo respiratorio, mientras que la CPAP se considera un modo de ventilación, en el cual se aplica presión positiva al final de la espiración durante la respiración espontánea de un paciente acoplado a un ventilador. La PEEP y la CPAP se obtienen al manipular el mismo mando en la mayoría de los ventiladores artificiales.

Según Caballero y col.<sup>82</sup> la PEEP puede ser administrada en ventilaciones controladas, asistidas o espontáneas, en este último caso recibe el nombre de CPAP. De acuerdo a estos conceptos el autor considera que cuando se refieren a CPAP como técnica de reclutamiento, en realidad se emplea PEEP, pues se trata

de pacientes ventilados en modalidades controladas o asistoadministradas por presentar insuficiencia respiratoria severa o estar en estado de relajación y sedación.

En cuanto a las técnicas de reclutamiento alveolar en la literatura aparecen las siguientes denominaciones:<sup>77</sup>

- Técnica de reclutamiento que emplea curva de volumen presión.
- Técnica de reclutamiento mediante el empleo de ventilación con liberación de presiones.
- Técnica de reclutamiento con vigilancia del espacio muerto y capnografía volumétrica.
- Técnica de reclutamiento alveolar mediante la medición de la presión transpulmonar.
- Técnica de reclutamiento alveolar mediante tomografía por impedancia.
- Técnica de reclutamiento estándar con incremento o descenso gradual de PEEP y uso de CPAP.

Estas denominaciones, más que verdaderas técnicas de reclutamiento, responden a diferentes métodos de selección del valor de presión transpulmonar necesario para lograr la apertura pulmonar o a los medios auxiliares para evaluar los efectos de las MRA sobre la mecánica pulmonar.

Varios artículos exponen en forma de tablas resúmenes las diferentes variantes de MRA utilizadas por los autores y en ellas se aprecia la gran variedad de procedimientos ventilatorios que se emplean para lograr el aumento de la presión transpulmonar con el objetivo de alcanzar el reclutamiento alveolar.<sup>22,25,31,57,80,83</sup>

Las maniobras con aumento de volumen corriente son las que primero se utilizan, incluso sin relacionarlas con el concepto de MRA, ya que una forma de efectuarla es a través del suspiro con el doble del VC que se puede programar en muchos de los ventiladores que se conocen desde las dos últimas décadas del siglo pasado.

En la actualidad, las maniobras con aumento del volumen corriente son las menos usadas en la práctica médica, lo que está en relación con la posibilidad de causar más efectos adversos al manejar volúmenes constantes predeterminados, con presiones que varían en dependencia de la compliancia y la resistencia en las vías aéreas, lo que genera severos daños pulmonares y trastornos hemodinámicos.<sup>66</sup>

Las MRA con aumento de la presión inspiratoria se emplean con frecuencia y en dependencia del valor de presión seleccionado logran el reclutamiento de los alvéolos colapsados, con ellas se tiene control del nivel de presión, cuyo uso cauteloso previene algunas complicaciones.<sup>80</sup>

No obstante, esta técnica tiene el inconveniente de que la compliancia y la resistencia pueden variar de un paciente a otro e incluso en un mismo paciente en diferentes momentos, lo que trae como consecuencia que los volúmenes obtenidos con determinadas presiones sean excesivos y produzcan sobredistensión, volutraumas y trastornos hemodinámicos.<sup>80</sup>

En niños la combinación del incremento de la presión inspiratoria con PEEP en la modalidad de presión control es la técnica que más se utiliza y tiene el propósito de crear una presión delta de 15 a 20 cmH<sub>2</sub>O, que garantiza un VC en el rango de la VP.<sup>39</sup>

Varios autores refieren que durante la aplicación de una estrategia de VP o la realización de MRA, cuando el valor de la presión delta es superior a 20 cmH<sub>2</sub>O es más frecuente la aparición de las distintas formas clínicas del daño asociado a la ventilación mecánica.<sup>68,84</sup>

En la revisión sistemática en la que se analizan 51 artículos sobre series de pacientes a los que se aplica MRA, las técnicas más empleadas son la PEEP y la CPAP (tabla 2, anexo 1), lo que coincide con otras revisiones sistemáticas.<sup>32,33,85</sup>

En esta revisión se comprueba que cuando la técnica utilizada es el incremento de la presión inspiratoria los valores de presión oscilaron entre 40 y 60 cmH<sub>2</sub>O, en las realizadas con PEEP es entre 15 y 45 cmH<sub>2</sub>O y en la CPAP los valores de presión utilizados son entre 30 y 45 cmH<sub>2</sub>O. Esta última se realiza con el modo de IS, con una duración de 30 a 40 segundos (tablas 3 y 4, anexo 1).

Las variantes que emplean como técnicas los aumentos de la PEEP pueden realizarse de dos formas: con incrementos progresivos (incremento de PEEP) o con descensos graduales (decremento de PEEP). En cualquier caso, los efectos sobre la oxigenación son más prolongados, de cuatro a seis horas.<sup>81</sup>

Estas variantes permiten individualizar la presión de apertura alveolar a las características y severidad del daño pulmonar de cada paciente, además identificar el nivel de PEEP adecuado para evitar el desreclutamiento, elemento que se considera fundamental para perpetuar los beneficios de las maniobras.<sup>25</sup>

Aunque las variantes que utilizan la técnica con decremento PEEP se asocian a pocas complicaciones, el autor considera que cuando los valores iniciales de

PEEP son muy elevados para las condiciones específicas del paciente pueden asociarse a barotraumas y trastornos hemodinámicos.

Otras variantes con PEEP utilizan como valor de referencia el punto de inflexión inferior de la curva de volumen/presión, pero se cuestiona su aplicación por las limitantes que ofrece su determinación con exactitud y por tratarse de un valor que se toma de la rama inspiratoria de la curva, el cual no guarda relación exacta con el valor de PEEP necesario para la apertura alveolar.<sup>64</sup>

Las variantes con incremento y decremento de PEEP y las que se realizan según la curva de volumen/presión tratan de individualizar el valor de presión necesario para cada paciente, en cada momento y evitar los inconvenientes del uso de un valor fijo.

La eficacia de una MRA está vinculada con la PEEP seleccionada, debido a que esta se considera una maniobra de reclutamiento en la medida que incrementa la presión transalveolar inspiratoria y previene el desreclutamiento.<sup>86</sup>

Cuando se aplica PEEP a un paciente ventilado, las presiones en las vías aéreas no descienden a cero y se incrementa el volumen residual, el volumen de reserva espiratorio, la CFR y la presión transpulmonar, lo que constituye el fundamento fisiológico de las MRA.<sup>2</sup>

Estos efectos de la PEEP permiten la apertura alveolar con la consiguiente disminución del cortocircuito intrapulmonar e incremento de la oxigenación. Estos mismos efectos se pueden lograr al incrementar el VC en la modalidad de volumen control o las presiones en la de presión control, pero se corre el riesgo de que ocurra una mayor sobredistensión de las áreas pulmonares que tienen una

mejor compliancia o una menor resistencia en sus vías aéreas, fenómenos este menos probables cuando se usa PEEP.<sup>87,88</sup>

### **1.8. Frecuencia de realización de las maniobras de reclutamiento alveolar**

Uno de los aspectos menos estudiados sobre las MRA es el relacionado con la frecuencia con que se deben efectuar. Si se tienen en cuenta las evidencias científicas publicadas al respecto, no hay elementos para determinar cuál es la más apropiada; no obstante, los conocimientos sobre los fenómenos fisiopatológicos que ocurren en pacientes ventilados con pulmones sanos y enfermos permiten inferir el número de maniobras que deben realizarse al día.

Los pulmones tienen una tendencia constante al colapso, determinada por sus propiedades elásticas y por el efecto de la tensión superficial de los líquidos. Los pacientes con pulmones sanos que requieren VMA por estar en choque, con depresión del centro respiratorio, paralizados por efecto de drogas o alguna enfermedad neuromuscular, con disminución de la compliancia toracoabdominal, entre otras condiciones, tienen una mayor tendencia al colapso y a la aparición de microatelectasia, atelectasias segmentarias y lobares.<sup>51</sup>

Los enfermos con lesiones pulmonares hipoxémicas con aumento del cortocircuito intrapulmonar presentan depleción del surfactante alveolar con tendencia al colapso pulmonar, que se incrementa por el uso de altas concentraciones de oxígeno y bajos VC. Estos elementos son los causantes de que después de treinta minutos de realizar una MRA, si no se deja un nivel de PEEP adecuado, se pierdan sus efectos positivos sobre la oxigenación, el cortocircuito intrapulmonar y el espacio muerto.<sup>43</sup>

Los resultados de estudios en animales y humanos, que se relacionan a continuación, aportan conocimientos necesarios para determinar la frecuencia de las maniobras:

- Estudios experimentales en cerdos sugieren que los alvéolos pueden colapsarse pocos segundos después de una maniobra de reclutamiento si no son estabilizados con PEEP.<sup>89</sup> Estudios clínicos revelan la existencia de memoria del tejido pulmonar para el reclutamiento.<sup>71,90,91</sup>
- Las MRA recurrentes realizadas a ratones saludables mantienen la mecánica pulmonar en rangos fisiológicos durante la ventilación con VC bajos, previenen las atelectasias y reducen el desarrollo de inflamación pulmonar.<sup>92</sup>
- Algunas variables biológicas relacionadas con la oxigenación, el cortocircuito y la presión en vías aéreas mejoran durante la ventilación mecánica controlada cuando se agregan suspiros periódicos o MRA repetitivas.<sup>93</sup>
- Estudios realizados demuestran que la repetición de las MRA cada hora, durante seis horas, no produce daño en el tejido pulmonar, siempre y cuando se mantenga un nivel de PEEP que evite el desreclutamiento.<sup>93</sup>

En la revisión realizada se encuentra que en 40 de los 51 artículos no se hace referencia a la frecuencia con que se realizan las MRA, en siete estudios es de una a tres veces al día y en cuatro de los reportes más de tres veces (anexo 1, tabla 5).<sup>85</sup>

De acuerdo a los conocimientos de fisiología y fisiopatología respiratoria y las conclusiones de los estudios señalados, el autor considera que las MRA deben

realizarse varias veces al día y después que se desacople el paciente del ventilador de forma transitoria por alguna razón.

### **1.9. Duración de las maniobras de reclutamiento alveolar**

El tiempo que dura el aumento de la presión transpulmonar es otro elemento que caracteriza a las MRA. Al respecto se adoptan dos métodos en dependencia de la fase del ciclo respiratorio por la cual se extienda la insuflación: con IS en la inspiración y sin IS durante la inspiración y la espiración o incluso durante varios ciclos respiratorios.<sup>28</sup>

En las investigaciones iniciales sobre el tema el método de IS es el que se utiliza con más frecuencia por la mejoría evidente de la oxigenación, parámetro este fácil de evaluar.<sup>94</sup>

La IS se usa en las técnicas que emplean CPAP, con una duración de 15 a 40 segundos<sup>32</sup> con el objetivo de reducir las atelectasias pulmonares, mejorar la oxigenación y la mecánica respiratoria<sup>94</sup>, así como evitar el desreclutamiento alveolar inducido por las aspiraciones endotraqueales.<sup>95</sup>

Sin embargo, su eficacia es cuestionada, debido a que sus beneficios son de corta duración y se asocia a deterioro circulatorio, incremento del riesgo de barovolutrauma y reducción del aclaramiento de líquido pleural, con disminución de la oxigenación arterial después de transcurrir una hora.<sup>96-98</sup>

En la revisión de 51 artículos se encuentra que en 30 de ellos las variantes de MRA tienen una duración inferior al minuto y se realizan con una IS (anexo 1, tabla 6), aunque en los últimos años se utilizan con más frecuencia las variantes que

mantienen el incremento de la presión transpulmonar durante varios ciclos respiratorios.<sup>25</sup>

El reclutamiento alveolar es un fenómeno temporal, continuo y gradual a medida que se mantiene la presión de insuflación, por lo que la interacción entre la presión y el tiempo es crítica en la eficacia y tolerancia de las MRA.<sup>72,73</sup>

Al respecto Roldan R<sup>29</sup> refiere que para reclutar un alvéolo colapsado se requiere de un tiempo adecuado para el llenado alveolar que por lo general no es menor a un minuto.

Algaba y col.<sup>25</sup> señalan que para abrir un pulmón con atelectasia se debe superar un mínimo de presión y para hacerlo de forma segura es necesario controlar con exactitud la duración de la aplicación de dicha presión.

En pacientes con diagnóstico de SDRA en estados iniciales los cambios en el volumen pulmonar al final de la expiración se inician en los primeros segundos, pero solo se completan pasados dos minutos de efectuadas las variaciones en los niveles de PEEP.<sup>99</sup>

Resulta difícil determinar el tiempo y la presión ideal de las MRA en cada paciente, aunque las maniobras prolongadas a baja presión producen pocas alteraciones hemodinámicas y proporcionan al tejido pulmonar el tiempo necesario para reabrirse de una forma más adecuada.<sup>100</sup>

La presión aplicada y su duración determinan la efectividad de una MRA, pero la eficacia es probable que esté en relación con el número de unidades pulmonares colapsadas. En otras palabras, las MRA son más efectivas cuando el número de unidades alveolares abiertas es mayor. El potencial para el reclutamiento alveolar

depende del número de unidades alveolares colapsadas y se predice si se utilizan variables fisiológicas como relación  $PaO_2/FiO_2$ ,  $PCO_2$  y compliancia. Es importante comprender que mientras la PEEP mantiene el reclutamiento, se necesitan presiones elevadas intermitentes para iniciar el proceso.<sup>12</sup>

### **1.10. Monitorización de las maniobras de reclutamiento alveolar**

Para evaluar la efectividad y monitorizar los efectos de las MRA se aplican varios métodos, unos factibles de realizar, pero muy inespecíficos y otros menos factibles, pero más objetivos para valorar la situación real del paciente.

Parámetros de oxigenación:  $PaO_2$ , relación  $PaO_2/FiO_2$ ,  $SvO_2$  (oxígeno en sangre venosa),  $PA-aO_2$  (diferencia alvéolo arterial de oxígeno) y oximetría de pulso. De acuerdo con sus valores algunos autores clasifican los pacientes en respondedores y no respondedores a las maniobras. Por ejemplo, para Grasso y col.<sup>69</sup> respondedores son aquellos pacientes en los que aumenta al menos un 50 % la relación  $PaO_2/FiO_2$  al terminar la MRA, mientras que en los trabajos de Villagrà y col.<sup>71</sup> y Girgis y col.<sup>101</sup> se consideran con un aumento del 20 %. También se describe que si con una  $FiO_2$  del 100 % se logra una relación  $PaO_2/FiO_2$  mayor de 350 se produce un reclutamiento máximo, con una masa de tejido pulmonar colapsado menor al 5 %.<sup>10,81,102</sup>

Parámetros que miden mecánica pulmonar: compliancia, espacio muerto y cortocircuito intrapulmonar. Estos se emplean para evaluar las MRA y la mayoría de los autores informan variaciones positivas después de su realización.<sup>103,104</sup>

Curvas de volumen/presión: a pesar de sus limitaciones se utilizan para determinar la presión de apertura y cierre alveolar, y por tanto, para seleccionar el

nivel de PEEP necesario para lograr el reclutamiento alveolar y evitar el desreclutamiento, pero su mayor valor es para identificar sobredistensión durante la realización de la MRA.<sup>105,106</sup>

La radiografía de tórax, técnica sencilla y disponible en todas las UCI, permite evaluar la corrección de las atelectasias y la aparición de barotraumas después de la realización de una MRA, pero no ofrece información exacta sobre el grado de reclutamiento.<sup>104</sup>

La tomografía axial computarizada, se considera el examen más exacto para evaluar el reclutamiento pulmonar porque permite una evaluación cuantitativa de este. Los estudios tomográficos sirven como referentes para determinar la fiabilidad de los parámetros de oxigenación, de mecánica respiratoria y las curvas de presión/volumen como métodos de seguimiento de las MRA. Su limitante es la disponibilidad para su uso en los pacientes que se ventilan en las UCI.<sup>12,107</sup>

La tomografía de impedancia eléctrica (TIE), nuevo método de monitorización en el paciente crítico con ventilación mecánica, cobra especial interés, por su aplicación en la evaluación de la ventilación y la perfusión pulmonar. Esta técnica constituye en un recurso atractivo por ser no ionizante, no invasiva y factible de utilizarla a pie de cama. Dada su capacidad de evaluar las características regionales de la estructura pulmonar y de proporcionar datos en un corte axial del parénquima con zonas heterogéneas, se convierte en una herramienta de monitorización ideal en pacientes con lesión pulmonar aguda.<sup>108</sup>

La capacidad de la TIE para mostrar la relación ventilación/perfusión a nivel regional se perfecciona en los últimos años y en la actualidad se considera una

técnica que ayuda a optimizar la selección de los parámetros en el ventilador, incluidos los referentes a las MRA. No obstante, tiene limitaciones como las que se asocian a la calibración e interpretación de la información que ofrece el tomógrafo en relación con los cambios clínicos que acontecen en el enfermo.<sup>109</sup>

La evaluación ultrasonográfica es un medio excelente disponible en las UCI para evaluar el incremento del volumen pulmonar y las zonas de colapso durante las maniobras de reclutamiento. Este procedimiento adquiere particular relevancia para detectar el efecto de las MRA sobre el funcionamiento del ventrículo derecho.<sup>110,111</sup>

A pesar de disponer de estos parámetros y medios para el monitoreo del reclutamiento alveolar, ninguno por sí solo se considera el estándar de oro, por lo que se hace necesario el empleo y la valoración de varios de ellos para obtener la información más exacta.

### **1.11 Efectos adversos de las maniobras de reclutamiento alveolar**

Las MRA pueden producir efectos adversos en el propio sistema respiratorio y en otros. Sin embargo, la mayoría de los autores plantean que estos efectos son poco frecuentes y consideran a las MRA un procedimiento seguro.<sup>32,33,62</sup>

Efectos adversos que se reportan durante la realización de las MRA:

- **Barotraumas:** complicaciones poco frecuentes, que se producen como consecuencia del aumento de la presión intrapulmonar durante las maniobras. Su aparición se relaciona más con determinadas variantes de maniobras y con la lesión pulmonar primaria, que a un fenómeno inherente a este procedimiento.<sup>35,62,112</sup>

- Trastornos hemodinámicos: el efecto hemodinámico principal que se encuentra durante la realización de una MRA es la disminución significativa del gasto cardíaco con caída de la tensión arterial de forma transitoria, fenómeno que es reversible en pocos minutos tras finalizar la misma. El grado de deterioro hemodinámico que se produce por las MRA y su impacto clínico no solo depende de las consecuencias derivadas de la elevación de las presiones intratorácicas, sino de otros factores como la técnica que se emplea para el reclutamiento, el estado cardiovascular previo del paciente, la gravedad de la sepsis y en gran medida de la volemia en el momento de realizar la maniobra.<sup>113,114</sup>
- Episodios de desaturación: el incremento del espacio muerto verdadero en un pulmón “excesivamente” ventilado, con marcada sobredistensión provoca colapso capilar, caída del gasto cardíaco y de la tensión arterial, efectos estos responsables de los episodios de desaturación.<sup>10,32</sup>
- La translocación bacteriana y la liberación de citoquinas inflamatorias desde el pulmón a la circulación sistémica y a otros órganos también son descritas como efectos adversos de las MRA.<sup>115</sup>
- El aumento de la presión intratorácica incrementa la presión venosa central, reduce el drenaje venoso encefálico y aumenta la presión intracraneal (PIC); efectos que favorecen el sangrado quirúrgico, con desarrollo de edema cerebral.<sup>75</sup>

El autor considera que las MRA utilizadas de forma juiciosa, temprana, individualizada y protocolizada, en el contexto de la ventilación protectora, pueden

tener un impacto positivo sobre la mortalidad y evolución clínica de los pacientes ventilados, pendiente de confirmación por estudios bien diseñados.

### **1.12. Conclusiones**

Las MRA están indicadas en los pacientes ventilados con pulmones sanos por la ausencia de suspiro y tendencia al colapso y en los que tienen pulmones enfermos por la pérdida del surfactante y la presencia de áreas colapsadas.

Las MRA por sus efectos sobre el cortocircuito intrapulmonar y el espacio muerto mejoran los índices de oxigenación.

Además del tipo de lesión pulmonar y su fase evolutiva existen otros factores extrapulmonares que influyen en el reclutamiento.

No existe uniformidad en la utilización de los términos técnica, variante y modo de reclutamiento alveolar en la literatura.

La imposibilidad de conocer la presión transpulmonar y el tiempo de apertura y cierre de las unidades alveolares impide determinar con exactitud las presiones a utilizar, la frecuencia y duración de las MRA y justifican el gran número de variantes ensayadas en la práctica médica.

Para la monitorización de las MRA se emplean índices de oxigenación, de mecánica respiratoria y exámenes imagenológicos.

Las MRA tienen contraindicaciones y efectos adversos.

**CAPÍTULO 2. DISEÑO DE UNA NUEVA VARIANTE DE MANIOBRA  
DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR**

## **CAPÍTULO 2. DISEÑO DE UNA NUEVA VARIANTE DE MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR**

Las divergencias en el uso de los términos que se emplean para referirse a las MRA y la inexistencia de una variante bien fundamentada que se acepte como referente por la mayoría de los investigadores justifica el desarrollo de este capítulo que tiene como objetivo:

Diseñar una nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar.

Para dar cumplimiento al mismo se realizaron las siguientes tareas:

1. Redefinición de los términos de técnica, variante y modo de reclutamiento alveolar.
2. Diseño y fundamentación de una nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar.
3. Elaboración del flujograma de actuación clínica para la selección de los pacientes y el procedimiento para la aplicación de la nueva variante de maniobra.

### **2.1. Redefinición de términos empleados en relación con las maniobras de reclutamiento alveolar**

El proceso de reclutamiento alveolar incluye la realización de variaciones en los volúmenes y presiones en las vías aéreas de los pacientes mediante la manipulación de parámetros ventilatorios con una frecuencia y duración determinada.<sup>85</sup> La posibilidad de efectuar dicho proceso de variadas formas justifica la existencia de numerosos términos como se describió en el primer capítulo.

Con el fin de unificar criterios sobre los términos relacionados con las MRA que permita una mejor comprensión y garantice resultados uniformes en esta investigación, se definieron los términos de técnica, variante y modo.

El autor definió como técnica de reclutamiento alveolar la vía por la cual se logra elevar la presión transpulmonar que puede ser por incremento de la presión inspiratoria, de PEEP, del VC o por una combinación de ellas.

Las variaciones de estos tres parámetros ventilatorios para realizar las MRA se logran en los ventiladores artificiales al programar un valor fijo, al realizar aumentos graduales o descensos escalonados. Una vez que se obtienen los incrementos en los valores de volumen o presión, de la forma que se menciona, se mantienen durante un tiempo específico y se repiten con una determinada frecuencia al día.<sup>85</sup>

La combinación de la forma, según se proceda con el ventilador para alcanzar los incrementos en las presiones y volúmenes para elevar la presión transpulmonar, la duración de dichos incrementos y la frecuencia diaria, constituyó la variante de MRA para el autor.

La duración de los incrementos de las presiones o los volúmenes al efectuar la MRA afecta la fase inspiratoria, todo un ciclo respiratorio o varios ciclos.<sup>25</sup> El autor consideró que según la fase del ciclo respiratorio sobre la cual se actúe, se define el modo de reclutamiento alveolar que puede ser: con IS, cuando se actúa solo en la inspiración o sin IS cuando se extienda por ambas fases del ciclo respiratorio e incluso por varios ciclos.

Existen otros tres términos con los cuales los autores se refirieron a las MRA sin lograr una definición clara para cada uno de ellos: tipo, método y estrategia. En el caso del tipo se relacionó con lo que el autor consideró técnica y el método con el modo, que es como más se reconoció y se empleó. El de estrategia, aunque se relacionó con el de variante, se empleó para describir un proceso más amplio que incluyó la selección del VC y la modalidad ventilatoria.

Después de este análisis el autor concluyó que para referirse a las MRA se empleen los términos de técnica, variante y modo los cuales se definieron a continuación:

Técnica: vía por la cual se logra elevar la presión transpulmonar, que puede ser por incremento de la presión inspiratoria, de PEEP, del volumen corriente o por una combinación de ellas.

Variante: combinación de la forma en que se elevan las presiones y el volumen, para incrementar la presión transpulmonar, la duración de dicho incremento y la frecuencia con que se realiza.

Modo: depende de la fase del ciclo respiratorio sobre la cual se actúe y puede ser con insuflación sostenida, si se actúa solo en la inspiración o sin insuflación sostenida cuando se extienda por ambas fases e incluso por varios ciclos respiratorios.

## **2.2. Diseño y fundamentación de la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar**

El diseño de la nueva variante de MRA se sustentó en el análisis crítico de los resultados de la revisión exhaustiva de la literatura sobre el tema en relación con

sus efectos fisiológicos, las técnicas, variantes y modos utilizados, efectos adversos, indicaciones y contraindicaciones de las maniobras; así como en el conocimiento de los aspectos fisiológicos y fisiopatológicos de los pulmones y los efectos de la VMA sobre el sistema respiratorio.

El diseño de esta variante de MRA implicó la aplicación de PEEP como técnica de reclutamiento alveolar porque la misma puede ser aplicada en todas las modalidades ventilatorias convencionales. La PEEP se considera una maniobra de reclutamiento por sí misma en la medida que incrementa la presión transalveolar inspiratoria final y la presión transpulmonar, y a su vez previene el desreclutamiento alveolar.<sup>86</sup>

La aplicación de PEEP en un paciente ventilado impide que las presiones en las vías aéreas descendan a cero durante la espiración y produce un aumento del volumen residual, del volumen de reserva espiratorio, de la CFR y de la presión transpulmonar que logra la expansión de los alvéolos colapsados sin producir hiperinsuflación.<sup>2</sup>

El empleo de PEEP como técnica de reclutamiento ofrece la ventaja de que los efectos positivos sobre la oxigenación sean más prolongados que cuando se utilizan otras técnicas de reclutamiento.<sup>81</sup>

En esta variante se propuso alcanzar el nivel de PEEP deseado, mediante su ascenso gradual hasta lograr el doble del que tenía el paciente y ocho cmH<sub>2</sub>O en los que no la tenían programada.

Se propuso un ascenso gradual (aumento de la PEEP paso a paso) porque las MRA con estas características son más efectivas, sobre todo cuando se aplican al

parénquima pulmonar heterogéneo, con diferentes constantes de tiempo para la apertura de las vías respiratorias pequeñas. De esta forma también se reduce el impacto biológico derivado del incremento de las presiones cuando se realizan de forma abrupta.

El valor de PEEP aplicado a los pacientes se particularizó sobre la base de las características clínicas individuales, para esto se tuvo en cuenta el valor de PEEP con el cual el paciente alcanzó índices de oxigenación aceptables ( $PO_2$  mayor que 85 mmHg, oximetría de pulso superior a 90 %, en ausencia de compromiso hemodinámico) y a partir del mismo, se comenzó el ascenso gradual de las presiones espiratorias hasta duplicarla (valor máximo).

Se desecharon las variantes con incrementos y decrementos progresivos hasta obtener un valor de PEEP predeterminado para todos los pacientes por igual porque las condiciones pulmonares no siempre son las mismas y por tanto durante la realización de la maniobra se pueden generar efectos adversos respiratorios y hemodinámicos.<sup>103</sup>

En estas variantes se emplean valores máximos de PEEP predeterminados para todos los pacientes por igual, en muchas ocasiones valores superiores a 30 cmH<sub>2</sub>O, los cuales son responsables de la aparición de los efectos adversos reportados con este proceder médico.

De esas variantes se adoptó la forma en que se asciende y desciende para alcanzar el valor de PEEP propuesto en la nueva variante (ascenso y descenso escalonados).

En la nueva variante se propuso mantener el doble del nivel de PEEP durante dos minutos, pues se conoce que las unidades alveolares tienen un nivel de presión y un tiempo de apertura y cierre muy variables y que el reclutamiento alveolar no ocurre de forma instantánea; se trata de un fenómeno temporal, continuo y gradual cuando la presión se mantiene, lo que determina la eficacia de las MRA<sup>72,73</sup>

Otro elemento que justificó prolongar la maniobra por dos minutos fue que la principal causa de ventilación en las UCI es el SDRA. En este síndrome está comprobado que los cambios en el volumen pulmonar al final de la espiración se inician en los primeros segundos, pero que solo se completan pasados dos minutos de efectuadas las variaciones en los niveles de PEEP.<sup>99</sup>

La combinación de valores discretos de PEEP por dos minutos permitió la realización de una maniobra que proporciona al tejido pulmonar el tiempo necesario para reabrirse de forma adecuada y con pocos efectos hemodinámicos.

Una vez terminada la maniobra se mantuvo el valor de PEEP previo y en los pacientes que no la tenían indicada se programó un valor de cuatro cmH<sub>2</sub>O con el propósito de mantener un pulmón abierto que garantizara los incrementos de la CFR, la disminución del agua pulmonar extravascular y los efectos sobre la relación ventilación perfusión logrados con las MRA.<sup>27,116</sup>

Establecer un valor de PEEP después de la maniobra contribuye a mantener abiertas las vías aéreas pequeñas y los alvéolos que antes se expandieron por acción de un incremento de la presión transpulmonar y permite que las maniobras siguientes sean más efectivas.<sup>117</sup>

En la nueva variante los valores de PEEP que se propusieron para después de la maniobra tampoco fueron tan elevados, pues está demostrado que, en el curso de la VP la realización de MRA periódicas mejora la oxigenación con posibilidad de utilizar valores de PEEP más bajos.<sup>104</sup>

Por último, otra de las características que debe contemplar una variante de MRA es la frecuencia con que se realice. Se propuso efectuarla tres veces al día y cada vez que se desacopló el paciente del ventilador de forma transitoria por alguna razón. Esta frecuencia de reclutamiento contrarresta la tendencia constante de los alvéolos pulmonares al colapso, la cual aumenta cuando se afecta la sustancia tensioactiva como ocurre en los pacientes con pulmones enfermos.<sup>10</sup>

Con esta frecuencia también se evitó el desreclutamiento que se produce entre cuatro y seis horas después de cada maniobra, independiente del uso de PEEP.

Las características de la variante propuesta permitieron aplicarla con cualquiera de las modalidades ventilatorias convencionales, incluso con presión soporte y CPAP, aplicadas durante el proceso de destete de la VMA. Lovas y col.<sup>114</sup> reportaron incrementos de la oxigenación con las MRA en pacientes que se ventilan con estas modalidades.

Los incrementos de la PEEP durante la realización de la maniobra no afectan el VC, pero sí pueden incrementar las presiones en vías aéreas, por lo tanto, antes de realizar la MRA, el médico actuante fijó la alarma de límite superior de presión en 50 cmH<sub>2</sub>O y no sobrepasó el mismo para evitar complicaciones.

Muchas de las variantes descritas proponen su realización con una FiO<sub>2</sub> de 100 %<sup>12,18,44,103</sup>, pero para que los efectos de la maniobra sobre la oxigenación fueran

más duraderos, el autor propuso realizarla con la misma  $FiO_2$  con la que se ventilaba el paciente.

La MRA se utilizó en pacientes con pulmones enfermos con el objetivo de reclutar áreas pulmonares colapsadas, mejorar los parámetros de oxigenación y mecánica pulmonar y en pacientes con pulmones sanos para evitar el colapso alveolar y la lesión asociada al ventilador.

Se consideró pacientes con pulmones enfermos aquellos con alguna de las formas clínicas de SDRA de acuerdo con los criterios de la conferencia de Berlín.<sup>118</sup>

Se incluyeron dentro del grupo de pacientes con pulmones sanos los que en el momento de iniciada la ventilación no tenían lesión pulmonar y quienes tenían edema pulmonar de causa cardiogénica.

La mayoría de los trabajos que hacen referencia a la utilización de las MRA en pacientes con pulmones sanos se circunscriben a pacientes bajo anestesia, con el fin de prevenir las atelectasias perioperatorias y mejorar la oxigenación.<sup>27,49</sup>

En las UCI, la principal indicación es para los pacientes con pulmones enfermos como los que tienen alguna forma clínica de SDRA. También se emplean en pacientes con pulmones sanos porque en teoría contribuyen a mantener un pulmón libre de colapso con sus efectos positivos sobre la oxigenación y evitan complicaciones como las atelectasias, pero los estudios existentes son insuficientes para confirmar su influencia sobre la mortalidad.<sup>57</sup>

La nueva maniobra se aplicó a todos los pacientes con ventilación invasiva ingresados en la UCI, en ausencia de condiciones clínicas reconocidas que la contraindiquen.

Las pacientes embarazadas se excluyeron por presentar una reducción importante de la compliancia toracoabdominal debido al útero grávido. En ellas es más difícil lograr la apertura alveolar y se requieren presiones transpulmonares elevadas con efectos hemodinámicos negativos.<sup>69</sup>

En pacientes con inestabilidad hemodinámica, arritmias cardíacas graves y síndrome coronario agudo no se realizó la maniobra porque la elevación de la presión intratorácica secundaria al aumento de las presiones respiratorias agrava estas situaciones clínicas.<sup>114</sup> De igual forma el incremento de la presión intratorácica disminuye el drenaje venoso procedente de la cabeza y se incrementa la presión endocraneana,<sup>75</sup> por tal motivo en los pacientes con lesión cerebral no se aplicó.

En pacientes con bulas enfisematosas, con EPOC, asma bronquial severa y resecciones pulmonares se contraindicó la maniobra por el riesgo de provocar alguna de las formas clínicas de barotrauma.<sup>69</sup>

### **2.3. Flujograma de actuación clínica para seleccionar los pacientes que recibieron la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar y el procedimiento para su aplicación**

#### **2.3.1. Elaboración del flujograma de actuación clínica**

Se asumió como definición de flujograma la enunciada por Flores R,<sup>119</sup> quien considera que es la representación gráfica de un proceso o procedimiento.

Para la elaboración del flujograma se tuvieron en cuenta los elementos fisiológicos y fisiopatológicos de la VMA y las MRA. En el caso de las maniobras se enfatizó en sus indicaciones, contraindicaciones y efectos adversos.

El flujograma para la selección de los pacientes y el procedimiento para aplicar la maniobra se analizaron con todos los médicos del servicio bajo la conducción del autor como facilitador. Los aspectos más debatidos y que aportaron nuevos elementos fueron:

1. En los pacientes con trastornos hemodinámicos se estableció con qué dosis de aminas y qué tiempo después de su recuperación se aplicaría la maniobra.
2. No aplicar la maniobra a los pacientes que en los primeros siete días de ventilación no cumplieran con los criterios y quienes pasado este tiempo continuaran ventilados, aunque no existieran contraindicaciones.
3. La posibilidad de que los enfermeros entrenados podían realizar la maniobra, pero siempre en presencia de un médico.

Luego de la discusión grupal se decidió de forma colectiva comenzar su aplicación como parte del proyecto de investigación del autor.

El flujograma representó de forma sintética y visible el conjunto de acciones y la secuencia cronológica seguida por los profesionales participantes en el estudio que determinaron a qué pacientes y en qué momento se aplicaba la MRA.

El flujograma propuesto tuvo un formato vertical y de acuerdo a su propósito se caracterizó por ser analítico, lo que implicó que dentro de la secuencia establecida la persona que lo aplicó debió analizar para qué servía cada una de las operaciones y decidir qué paso seguir.

### **2.3.2. Funcionamiento del flujograma**

- Una vez que el paciente se recibió en la UCI con VMA invasiva o se inició esta, se indicaron exámenes complementarios: hemograma completo, glicemia,

creatinina sérica, ionograma en sangre, gasometría arterial y un Rx de tórax que se repitió cada día.

- En la historia clínica se recogieron los parámetros vitales y ventilatorios de forma horaria de cada paciente.
- Con los elementos aportados por el interrogatorio, el examen físico, los resultados del Rx de tórax y los exámenes de laboratorio se clasificaron los pacientes según las escalas de pronósticos APACHE II,<sup>120</sup> definición de Berlín<sup>118</sup> y LIS.<sup>121</sup> El análisis clínico de los elementos antes señalados también permitió diagnosticar la presencia de complicaciones relacionadas con la VMA y los efectos adversos secundarios de las MRA.
- Todos los pacientes se ventilaron con una estrategia de ventilación protectora, protocolizada en el servicio desde el año 2002.
- A los pacientes sin contraindicaciones y con tensión arterial sistólica superior a 100 mmHg se les realizó la maniobra en los horarios establecidos.
- Si el paciente no tuvo contraindicaciones, pero la tensión arterial sistólica fue inferior a 100 mmHg se inició tratamiento con volumen, aminas o ambas y una vez que se logró tener una tensión arterial sistólica superior a 100 mmHg (recuperación hemodinámica) con una dosis de norepinefrina inferior a un microgramo o de dopamina y dobutamina inferior a cinco microgramos por kg de peso por minuto se realizó la maniobra.
- Los pacientes que no cumplieron los criterios se evaluaron todos los días y al cumplirlos, si tenían siete días o menos de ventilación se les inició la maniobra y si tenían más de siete días no se les aplicó.

- Los efectos adversos que se presentaron durante la maniobra se reflejaron en la historia clínica del paciente.
- En el caso de la hipotensión se esperó cinco minutos, transcurrido este tiempo si no se recuperó, se inició tratamiento con volumen, aminos o ambos.
- El cumplimiento del flujograma durante la guardia fue responsabilidad del especialista.

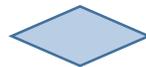
### 2.3.3. Símbolos utilizados en el flujograma



Elipse u óvalo: indicó el inicio y el final del diagrama de flujo.



Rectángulo: se utilizó para señalar cada actividad o tarea.



Rombo: se utilizó para señalar la decisión de una conducta.



Flecha: se utilizó para unir los símbolos entre sí e indicó la dirección del proceso.

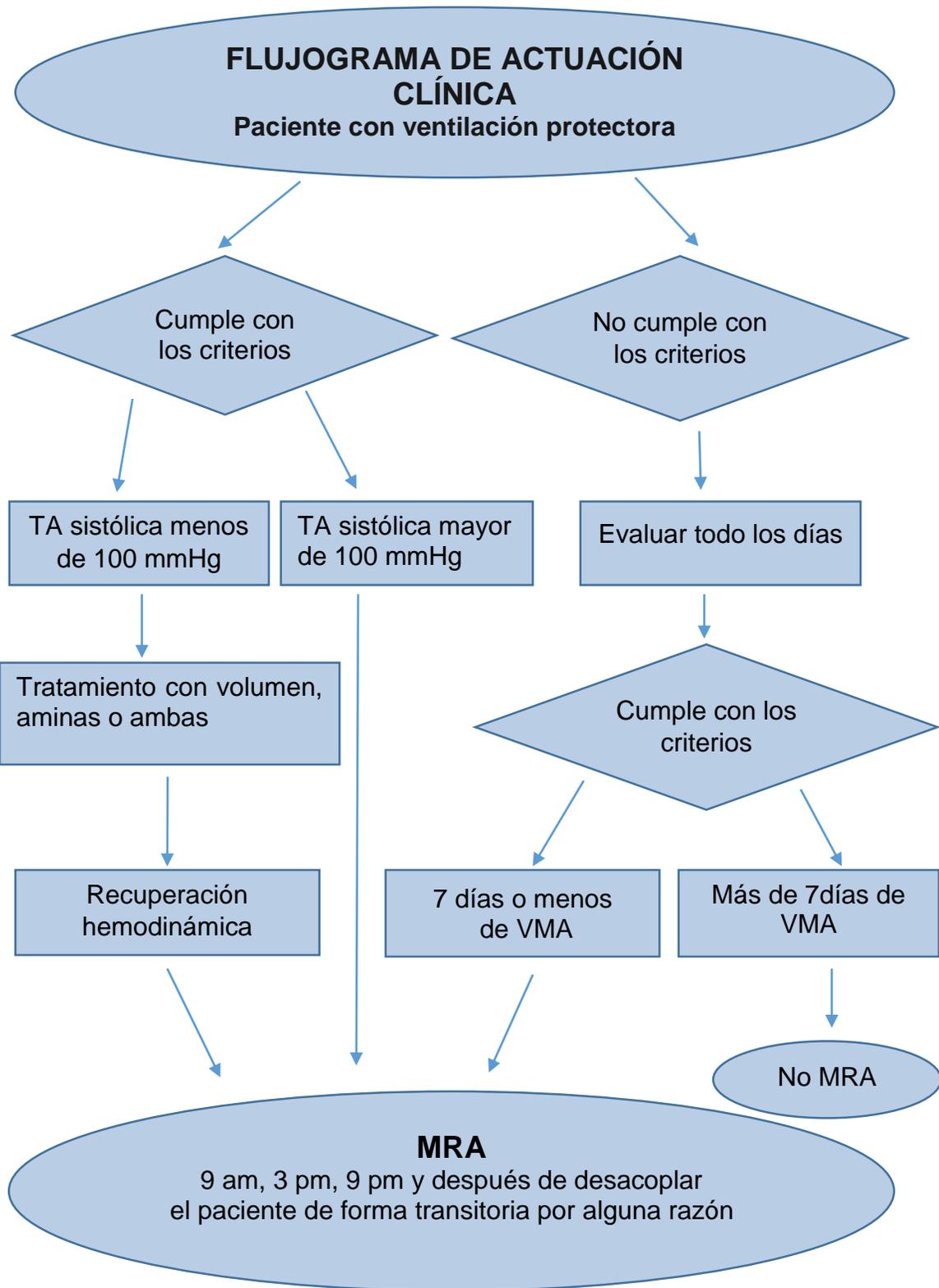


Gráfico 1. Flujograma de actuación clínica en pacientes ventilados

### **2.3.4. Medidas que facilitaron la adherencia al flujograma**

#### 1. Capacitación:

a) Taller dirigido a médicos y enfermeros del servicio con el objetivo de desarrollar habilidades en la aplicación del flujograma y la nueva variante de MRA.

Contenido:

- Criterios para la inclusión de pacientes en el estudio.
- Funcionamiento del flujograma de actuación clínica.
- Contraindicaciones de la maniobra de reclutamiento que se diseñó.
- Procedimiento para aplicar la maniobra de reclutamiento se diseñó.
- Complicaciones de la VMA.
- Efectos adversos de las maniobras.

b) Taller dirigido a los médicos residentes que trabajaron en el proyecto con el objetivo de desarrollar habilidades en la recolección de datos de la historia clínica.

Contenido:

- Datos generales de los pacientes.
- Antecedentes patológicos personales, enfermedades que motivaron el ingreso y causas de la ventilación.
- Parámetros utilizados para completar las escalas de pronósticos empleadas.
- Datos relacionados con la variable independiente.
- Datos relacionados con las variables dependientes.

#### 2. Información documental:

a) Se colocó un documento impreso con el flujograma y con la técnica de la maniobra en un lugar visible de cada cubículo.

b) Se plasmó en la historia clínica como indicación médica la realización de la maniobra.

3. Evaluación del cumplimiento:

a) Evaluación diaria en la entrega de guardia del cumplimiento del flujograma.

b) Análisis en los pases de visita y discusiones de casos del cumplimiento del flujograma.

c) Evaluaciones mensuales por el investigador principal de:

- Recursos humanos y materiales necesarios para cumplir con el flujograma.
- Calidad de la información recolectada por los demás miembros del equipo.

#### **2.4. Descripción del procedimiento que se siguió para aplicar la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar**

A continuación se relacionan las acciones que se realizaron con cada paciente en el momento de aplicar la maniobra que se diseñó:

- Los pacientes se ventilaron con los equipos disponibles en el servicio (Servo 300, BIRD 8400 STi, Evita 4 y Sabina).
- Se utilizó la modalidad ventilatoria que seleccionó el especialista actuante de acuerdo con las condiciones de cada paciente y siempre se cumplió con los principios de la VP (VC calculado de seis a ocho ml/kg de peso predicho y presión meseta inferior a 30 cmH<sub>2</sub>O).
- A todos los pacientes se les monitorizó la frecuencia cardíaca, la tensión arterial y la saturación de la hemoglobina por oximetría de pulso de forma continua con los monitores multipropósito de la serie Doctus.
- Se fijó el límite superior de presión inspiratoria en 50 cmH<sub>2</sub>O.

- Se programó el límite superior de volumen corriente calculado a 12 ml/kg de peso predicho en los ventiladores que lo permitían.
- Se tomó la tensión arterial antes y después de cada MRA.
- Se mantuvo la monitorización continua de la oximetría de pulso durante la maniobra.
- En pacientes ventilados con PEEP se realizó un aumento gradual de la misma (dos cmH<sub>2</sub>O cada dos ciclos respiratorios) hasta obtener el doble del valor inicial o la activación de las alarmas de presión o volumen. En pacientes ventilados sin PEEP se realizó la MRA con aumento gradual de la presión espiratoria hasta alcanzar un valor de ocho cmH<sub>2</sub>O. Durante la aplicación de la maniobra nunca se excedió la presión inspiratoria pico por encima de 50 cmH<sub>2</sub>O. En los casos en que se llegó a este valor sin lograr el doble del nivel de PEEP se realizó la maniobra con la PEEP con la cual el paciente alcanzó presiones picos de 50 cmH<sub>2</sub>O.
- Una vez que se alcanzó el doble de la PEEP se mantuvo durante dos minutos, luego se regresó de forma inversa y escalonada al valor basal o hasta cuatro cmH<sub>2</sub>O de PEEP en los pacientes en los que no se utilizó al inicio.
- Se realizó la MRA con una frecuencia de tres veces al día y siempre que fue necesario desacoplar el paciente del ventilador de forma transitoria por alguna razón.
- Se realizó la MRA durante los primeros siete días de ventilación.
- Se usaron sedantes y relajantes de acuerdo con los criterios establecidos en la UCI.

- Para el destete de los pacientes se siguió el protocolo aprobado en el servicio.

Personal que ejecutó las maniobras:

- Especialistas y residentes entrenados.
- Enfermeros entrenados en presencia de un residente o especialista del servicio.

## **2.5. Conclusiones**

La técnica de reclutamiento se definió como la vía por la cual se logra elevar la presión transpulmonar; la variante de MRA como la combinación de la forma en que se elevan las presiones y los volúmenes, la duración de dicho incremento y la frecuencia con que se realiza y el modo según la fase del ciclo respiratorio en que se actúe, que puede ser con insuflación sostenida, si se actúa solo en la inspiración o sin insuflación sostenida cuando se extiende por ambas fases e incluso por varios ciclos respiratorios.

La nueva variante de MRA se caracterizó por emplear como técnica un incremento progresivo de la PEEP hasta lograr un valor individualizado para cada paciente, con una duración de dos minutos y una frecuencia de tres veces al día.

El flujograma que se diseñó se basó en el método clínico y permitió determinar a qué pacientes y en qué momento aplicar la nueva MRA.

El procedimiento para aplicar la nueva MRA recogió un grupo de acciones a realizar con los pacientes, los monitores y los ventiladores artificiales que garantizaron uniformidad y seguridad para los pacientes que la recibieron.

**CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA NUEVA  
VARIANTE DE MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR  
ASOCIADA A LA VENTILACIÓN PROTECTORA**

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA NUEVA VARIANTE DE MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR ASOCIADA A LA VENTILACIÓN PROTECTORA**

En este capítulo se presenta la evaluación de la aplicación de la nueva variante de MRA a pacientes ventilados en la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola de Ciego de Ávila.

### **Objetivo**

Evaluar los efectos de la nueva maniobra de reclutamiento alveolar en los pacientes ventilados con una estrategia de VP en la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola de Ciego de Ávila.

Para dar cumplimiento al mismo se realizaron las siguientes tareas:

1. Comparación del grupo experimental con un grupo de control histórico de acuerdo a edad, causas de ventilación y gravedad según las escalas de pronósticos empleadas.
2. Comparación de la mortalidad y supervivencia pronosticada por diferentes escalas y la real de ambos grupos.
3. Comparación de los días de ventilación, estadía en la UCI y la mortalidad en los pacientes de ambos grupos.
4. Análisis de la incidencia de las complicaciones asociadas a la VMA en ambos grupos.
5. Determinación de los efectos adversos secundarios a la MRA.

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Tipo de estudio**

Para evaluar el efecto de la nueva variante de MRA en pacientes con ventilación mecánica artificial con una estrategia de VP se realizó un estudio experimental con control histórico.<sup>36</sup>

Se consideró como grupo control una serie histórica que se conformó por todos los pacientes ventilados desde enero de 2010 a diciembre de 2012 (97 pacientes) y un grupo experimental que incluyó los pacientes ventilados con los mismos criterios de inclusión, que recibieron la nueva variante de MRA, en el período de enero de 2013 a diciembre de 2015 (101 pacientes). Ambos grupos de pacientes se atendieron en la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola, de Ciego de Ávila.

Los estudios con controles históricos tienen limitantes en cuanto a la validez de los resultados,<sup>36</sup> pero no tienen las implicaciones éticas derivadas del uso de un proceder médico como las MRA, con efectos beneficiosos sobre los índices de oxigenación y mecánica ventilatoria, aunque sin evidencias científicas suficientes para confirmar su influencia sobre la mortalidad en pacientes ventilados.

La validez de los resultados de un estudio con control histórico se logra si los grupos que se comparan son lo más homogéneo posible en cuanto a factores de confusión, seguimiento de los pacientes y evaluación de los resultados.<sup>36</sup>

Para identificar si ambos grupos fueron homogéneos se realizó una evaluación de comparabilidad de los grupos con respecto a factores de confusión tales como la edad y las causas que motivaron la VMA; se aplicaron escalas de pronósticos como la de daño pulmonar de Murray (Lung Injury Score, LIS),<sup>121</sup> y de riesgo de

muerte como (APACHE II<sup>120</sup> y definición de Berlín<sup>118</sup>) y se realizó el análisis estadístico para determinar posibles diferencias entre grupos.

Para las escalas de pronósticos se escogió el peor valor de los parámetros registrados en las primeras 24 horas de haber ingresado el paciente en la UCI.

Los pacientes del control histórico se atendieron en un período cercano al del grupo experimental, lo que minimizó diferencias con respecto al tratamiento, medios diagnósticos, personal y equipamiento de la UCI, así como a la forma de evaluación de los resultados.

### **3.1.2. Criterios de inclusión**

Todos los pacientes que recibieron VMA invasiva durante su ingreso en la UCI del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola de Ciego de Ávila en el período de tiempo que se estudió.

### **3.1.3. Criterios de exclusión**

Se consideraron como criterios de exclusión:

- Embarazadas.
- Pacientes con inestabilidad hemodinámica (hipotensión sostenida a pesar de la reanimación con fluidos y aminas) ( $TAS \leq 100$  mmHg).
- Pacientes con arritmias cardíacas graves y síndrome coronario agudo.
- Pacientes con evidencias clínicas, radiológicas o ambas de volutraumas, barotraumas o con riesgos como: pacientes con bulas enfisematosas, con EPOC o asma bronquial severa o auto PEEP superior a seis cmH<sub>2</sub>O.
- Pacientes con biopsias o resecciones pulmonares recientes.
- Pacientes con evidencia de hipertensión endocraneana.

- Pacientes con más de siete días de ventilación.

#### **3.1.4. Criterios de salida**

Pacientes de ambos grupos a quienes se retiró la VMA invasiva o que fallecieron antes de las 24 horas.

#### **3.1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se elaboró una ficha de registro de datos que se completó con la información de la historia clínica de los pacientes (Anexo 2).

La ficha se estructuró con cinco bloques:

- a) Datos generales de los pacientes.
- b) Antecedentes patológicos personales, enfermedades que motivaron el ingreso y causa de ventilación.
- c) Parámetros que se utilizaron para completar las escalas de pronósticos.
- d) Datos que se relacionaron con la variable independiente.
- e) Datos que se relacionaron con las variables dependientes.

#### **3.1.6. Análisis estadístico**

Los datos del estudio fueron codificados y procesados con el programa SPSS (statistical package for social sciences) versión 20.0 para Windows. Se emplearon medidas de estadística descriptiva. Se aplicaron además, pruebas estadísticas para demostrar dependencia entre las variables, paramétricas, como la prueba t de Student para la comparación de medias en las variables cuantitativas con distribución normal, y no paramétricas, como la prueba U de Mann-Whitney para variables cuantitativas que no seguían una distribución normal. Para las variables ordinales se utilizó la prueba de independencia basada en la distribución de Chi

cuadrado de Pearson y su variante de corrección por continuidad de Yates para dos variables dicotómicas. El análisis de riesgo se realizó a través del riesgo relativo a partir de su estimación puntual e intervalos de confianza.

La prueba no paramétrica de Kaplan-Meier se utilizó para estimar funciones de supervivencia y se emplearon diferentes pruebas ponderadas para evaluar diferencias significativas entre dos de dichas funciones. Se consideró con significación estadística un valor de  $p \leq 0,05$  en todos los casos.

### **3.1.7. Definición y operacionalización de las variables**

#### **Variable independiente**

Nueva variante de MRA: variable cualitativa nominal dicotómica que se evaluó en frecuencias absolutas y relativas y consistió en la aplicación de una maniobra ventilatoria que se realizó para lograr la expansión de áreas pulmonares colapsadas mediante un incremento de la presión transpulmonar.

#### **Variables dependientes**

Días de ventilación: variable cuantitativa continua que se evaluó en medidas de tendencia central y de dispersión y consistió en el tiempo en días desde el inicio de la VMA hasta que el paciente se separó del ventilador.

Estadía en UCI: variable cuantitativa continua que se evaluó en medidas de tendencia central y de dispersión y consistió en el tiempo en días que el paciente permaneció en UCI.

Mortalidad a los 28 días: variable cualitativa nominal dicotómica que se evaluó en frecuencias absolutas y relativas y consistió en la aparición del suceso fatal a los 28 días de iniciada la VM.

**Tabla 2. Otras variables estudiadas**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional
Variables de caracterización de los pacientes		
Causas de ventilación	Causa de insuficiencia respiratoria que llevó al paciente a la VMA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•SDRA intrapulmonar: insuficiencia respiratoria aguda con hipoxemia refractaria, que cumplió los criterios de la conferencia de Berlín, que se produjo por una enfermedad pulmonar.</li> <li>•SDRA extrapulmonar: insuficiencia respiratoria aguda con hipoxemia refractaria, que cumplió los criterios de la conferencia de Berlín, que se produjo por una enfermedad fuera de los pulmones.</li> <li>•Afecciones neuromusculares: pacientes con pulmones sanos que requirieron de VMA por tener trastornos en la regulación o control muscular de la respiración (Accidente cerebrovascular, coma, crisis miasténica, síndrome de Guillain-Barré, intoxicaciones por psicofármacos).</li> <li>•Estados postoperatorios (SPO): pacientes con cirugía reciente y con pulmones sanos que llegaron a la UCI ventilados.</li> <li>•Edema agudo del pulmón (EAP): pacientes con insuficiencia respiratoria</li> </ul>

		<p>aguda de causa cardiovascular que necesitaron VMA.</p> <p>•Otras: paciente con cualquier enfermedad que requirió ventilación para disminuir el trabajo respiratorio o garantizar la vida (choque, paro cardiorrespiratorio, entre otras).</p>		
Edad	Años cumplidos al ingreso en UCI.	18 y más		
Riesgo de muerte según APACHE II <sup>120</sup>	Estimación de la probabilidad de morir para pacientes críticos basados en valores fisiológicos evaluados a partir de <u>Acute Physiology Score</u> , la edad y el estado de salud presente evaluado por <u>Chronic Health Evaluation</u> )	Puntaje	Quirúrgicos %	No quirúrgicos %
		≤ 4	2	4
		5 - 9	4	8
		10 - 14	8	12
		15 - 19	12	25
		20 - 24	29	40
		25 - 29	35	50
		30 - 34	70	70
		> 34	88	80

Pronóstico de supervivencia según escala de daño pulmonar de Murray. <sup>121</sup>	Estimación del grado de daño pulmonar y su relación con la supervivencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daño pulmonar severo (&gt; 2,5)</li> <li>• Supervivencia del 18 % (&gt; 3,5)</li> <li>• Supervivencia del 30 % (2,5 - 3,5)</li> <li>• Supervivencia del 59 % (1,1 - 2,4)</li> <li>• Supervivencia &gt; 66 % (&lt; 1,1)</li> </ul>								
Pronóstico de mortalidad según grados de severidad de la definición de Berlín. <sup>118</sup>	Estimación de la probabilidad de morir de acuerdo a la relación PaO2/FiO2.	<table border="0"> <tr> <td>Grado de severidad del SDRA</td> <td>Pronóstico de mortalidad.</td> </tr> <tr> <td>Ligero</td> <td>24 a 30 %</td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td>29 a 34 %</td> </tr> <tr> <td>Severo</td> <td>42 a 48 %</td> </tr> </table>	Grado de severidad del SDRA	Pronóstico de mortalidad.	Ligero	24 a 30 %	Moderado	29 a 34 %	Severo	42 a 48 %
Grado de severidad del SDRA	Pronóstico de mortalidad.									
Ligero	24 a 30 %									
Moderado	29 a 34 %									
Severo	42 a 48 %									
Variables asociadas a las complicaciones de la ventilación mecánica										
NAV	Proceso neumónico que desarrollaron los enfermos en ventilación mecánica entre las 48 horas de la intubación y las 48 horas del retiro de la VMA.	Sí No								
Atelectasia	Colapso alveolar que se produjo por cualquier mecanismo fisiopatológico, con alteraciones de la ventilación perfusión y evidencias radiológicas.	Sí No								
Barotraumas: Neumotórax Neumomediastino Enfisema subcutáneo	Presencia de aire fuera del árbol traqueobroncoalveolar que se comprobó por elementos clínicos y exámenes imagenológicos.	Sí No								
Traqueítis	Inflamación aguda de la tráquea secundaria a la traqueostomía o uso del tubo endotraqueal que se asoció o no a infección bacteriana.	Sí No								
Variables asociadas a los efectos adversos derivados de las MRA										
Barotraumas: Neumotórax	Presencia de aire fuera del árbol traqueobroncoalveolar que se comprobó por	Sí No								

Neumomediastino Enfisema subcutáneo	elementos clínicos e imagenológicos después de efectuar las MRA.	
Trastornos hemodinámicos	Disminución de la TA sistólica por debajo de 100 mmHg en pacientes normotensos o de un 30 % de la TA sistólica en pacientes hipertensos una vez que se terminó la MRA.	Sí No
Arritmias cardíacas	Bradiarritmias o taquiarritmias que se comprobaron por el examen físico, el monitor o por ECG durante la realización de la MRA.	Sí No
Episodio de desaturación	Disminución de la saturación de la hemoglobina mayor de 10 % del valor basal previo que se determinó por oximetría de pulso.	Sí No

### 3.1.8. Aspectos éticos

La investigación se sometió a consideración y aprobación por el Consejo Científico del Hospital General Provincial Docente Dr. Antonio Luaces Iraola, el Comité de Ética de las Investigaciones del propio hospital y el Consejo Científico Provincial de la Salud.

Se tuvo en cuenta la adherencia a convenios internacionales sobre principios éticos para las investigaciones en seres humanos. En esta investigación se respetaron los principios promulgados en la Declaración de Helsinki, (en particular la última revisión: 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013), que recoge los principios éticos para las investigaciones en seres humanos.<sup>122</sup>

Se solicitó a los familiares el consentimiento informado para la aplicación de la variante de MRA (anexo 3).

### 3.2. Comparación del grupo experimental con el grupo control histórico

La edad se considera por varios autores<sup>5,123,124</sup> como factor de mal pronóstico en los pacientes ventilados. La media de esta variable en el grupo experimental sobrepasó en cinco a la del grupo control, lo que supuso mayor mortalidad en el grupo experimental.

La media de la puntuación de APACHE II en el grupo experimental superó en tres puntos a la del grupo control, pero el pronóstico de mortalidad predicha y ajustada por APACHE II fue similar en ambos grupos.

Las medias de las edades y la puntuación de APACHE II fueron similares desde el punto de vista estadístico, lo que confirmó que de acuerdo a estas variables los grupos fueron homogéneos, como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3. Comparación de la edad y la escala de Apache II entre el grupo experimental y el control histórico.**

<b>Variables</b>	<b>Grupos</b>	<b>Nº</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>DE</b>	<b>p</b>
<b>Edad en años</b>	Control	97	53,48	20,169	0,058*
	Estudio	101	<b>58,40</b>	15,60	
<b>Puntuación Apache II</b>	Control	97	18,66	7,51	0,172**
	Estudio	101	<b>21,54</b>	11,12	
<b>Mortalidad predicha</b>	Control	97	36,98	23,14	0,603**
	Estudio	101	37,48	21,23	
<b>Mortalidad ajustada</b>	Control	97	38,02	20,94	0,902**
	Estudio	101	38,09	19,01	

\*t-Student para muestras independientes. \*\*U Mann-Whitney (tabla 7, anexo 4)

Las causas de ventilación de los pacientes (gráfico 2), no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos ( $p=0,847$ ).

El edema pulmonar y el colapso alveolar al final de la espiración caracterizaron la causa principal de insuficiencia respiratoria que motivó la VMA en los pacientes de este estudio (SDRA).

La distribución de los tipos de SDRA fue similar en ambos grupos, lo que se destaca, debido a que el SDRA extrapulmonar tiene un potencial de reclutamiento mayor que el pulmonar, donde las zonas condensadas son más difíciles de expandir con la realización de las MRA.<sup>117</sup>

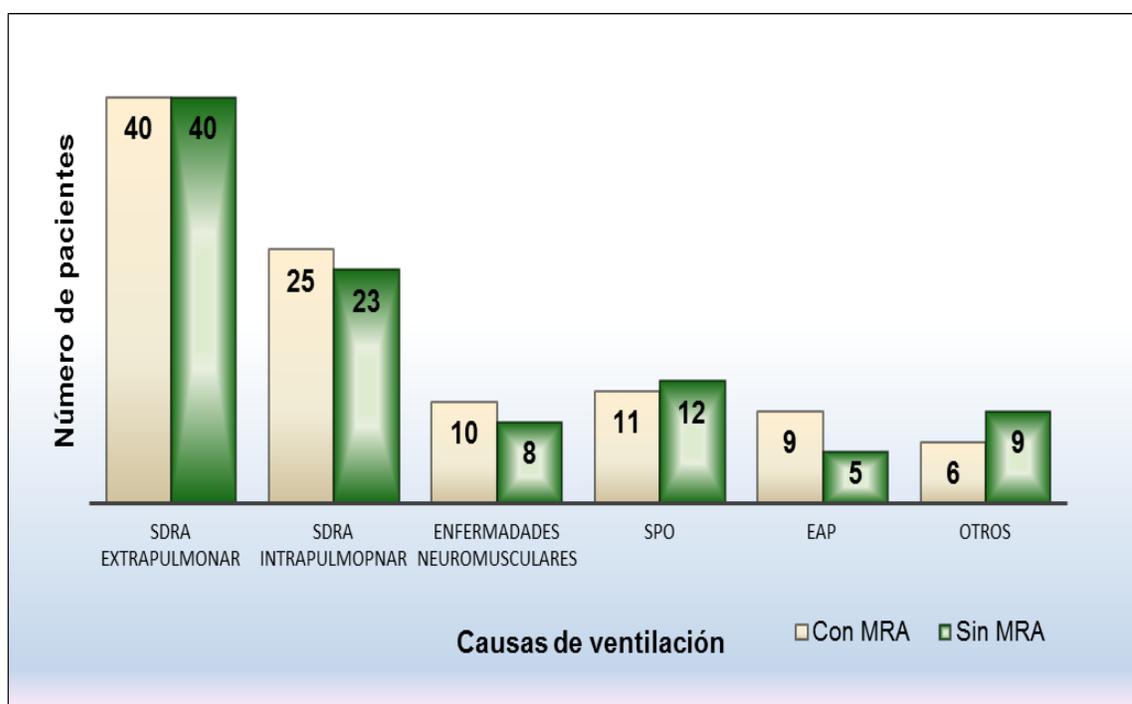
Estudios epidemiológicos demuestran que después de las infecciones nosocomiales y la administración de hemoterapia y fluidoterapia, la VMA constituye la principal causa de SDRA en el contexto intrahospitalario, el cual se evita con el empleo de una estrategia ventilatoria que mantenga el pulmón abierto.<sup>125</sup>

Como se aprecia en el gráfico 2, la nueva MRA se utilizó en pacientes con pulmones sanos que requirieron VMA, como fueron los postoperados y los que tuvieron enfermedades neuromusculares, en quienes, al igual que en pacientes que reciben anestesia general, se pierde el reflejo del suspiro con disminución de la compliancia y la aparición de atelectasia, efectos que pueden ser revertidos con el uso de las MRA.<sup>57,126-128</sup>

En una revisión sistemática reciente, Hartland BL y col.<sup>57</sup> concluyen que las MRA seguidas de PEEP deben ser aplicadas después de la inducción de la anestesia general y durante el mantenimiento porque reducen las complicaciones pulmonares postoperatorias y mejoran los resultados de los pacientes.

Varios autores consideran que la VP con bajos VC y reclutamiento pulmonar es una intervención sencilla y barata con reducción importante en la morbilidad postoperatoria, con pocos efectos adversos.<sup>56,57,129,130</sup> En el gráfico 2 se observa que 11 pacientes ventilados que ingresaron en la UCI después de grandes cirugías, recibieron la nueva variante de MRA.

Las MRA son estrategias viables para la prevención de las complicaciones pulmonares como las atelectasias, para mejorar la mecánica ventilatoria y corregir los trastornos de la oxigenación en pacientes anestesiados, en particular si son obesos.<sup>83,131</sup>



Chi-cuadrado  $p=0,847$  (Fuente: tabla 8, anexo 4)

**Gráfico 2. Causas de ventilación en ambos grupos.**

En la tabla 4 se presenta la distribución de los pacientes de ambos grupos según los valores del LIS, uno de los índices más utilizados para pronosticar la

supervivencia en pacientes ventilados. No hubo diferencias significativas entre los dos grupos, pero el número de pacientes en el último intervalo de la escala en el grupo experimental, que corresponde con el intervalo de menor supervivencia, casi duplicó el número de pacientes en el mismo intervalo del grupo control.

En el rango del LIS superior a 3,5, el de peor pronóstico, no hubo ningún paciente en ambos grupos, debido a que las mediciones se tomaron al inicio de la ventilación, por lo tanto, no se pudo excluir la posibilidad de que algún paciente lo alcanzara en momentos posteriores de su evolución.

**Tabla 4. Distribución de los pacientes de ambos grupos según la escala de daño pulmonar.**

Escala de daño pulmonar	Grupos				Total
	Control		Estudio		
	Nº	%	Nº	%	
< 1,1	27	27,8	27	26,7	54
1,1 - 2,4	57	58,8	51	50,5	108
2,5 - 3,5	13	13,4	<b>23</b>	22,8	36
<b>Total</b>	97	100,0	101	100,0	198

Prueba U de Mann-Whitney  $p=0,298$  (tabla 9, anexo 4)

La distribución de los pacientes según los grados de severidad de la definición de Berlín (tabla 5), escala que se utiliza para pronosticar mortalidad en los pacientes con SDRA, no mostró diferencia estadística entre ambos grupos.

La mayor cantidad de pacientes se distribuyeron en el rango moderado de la escala para ambos grupos.

**Tabla 5. Distribución de los pacientes según los grados de severidad de la definición de Berlín en ambos grupos.**

Grados de severidad de la definición de Berlín	Grupos				Total
	Control		Estudio		
	Nº	%	Nº	%	
<b>Ligero</b>	12	19,0	14	21,5	26
<b>Moderado</b>	39	62,0	40	61,5	79
<b>Severo</b>	12	19,0	11	17,0	23
<b>Total</b>	63	100,0	65	100,0	128

Prueba U de Mann-Whitney  $p=0,901$ (tabla 10, anexo 4)

### **3.3.Mortalidad y supervivencia pronosticada por APACHE II, grados de severidad de la definición de Berlín y LIS y la real que aconteció en ambos grupos**

La mortalidad pronosticada según los diferentes rangos de APACHE II y la real que aconteció en ambos grupos se presenta en la tabla 6. En el grupo control la mortalidad real fue superior a la pronosticada en todos los intervalos de la escala, mientras que, en el grupo experimental, se correspondió con el pronóstico en algunos rangos y en otros se redujo.

En el intervalo pronóstico de 20 a 24 puntos, donde la mortalidad esperada es de un 40 %, la mortalidad real se redujo a la mitad y en los pacientes con puntuaciones superiores a 34 puntos, donde se encontró el mayor número de casos y la mortalidad esperada sobrepasa el 88 %, la mortalidad real fue de un 45,4 %. En estos dos intervalos de la escala de APACHE II la mortalidad que aconteció en los pacientes del grupo experimental fue muy inferior a la pronosticada.

En el resto de los intervalos la mortalidad real del grupo experimental fue similar al pronóstico, a pesar de que los pacientes se clasificaron con los parámetros obtenidos en el momento que se inició la VMA, lo que no excluyó la posibilidad de que en algún momento de su evolución alcanzaran índices de mayor gravedad.

Pérez D y col.<sup>132</sup> en su estudio, señalan que el pronóstico de los pacientes ventilados estuvo relacionado con la severidad de la gravedad sistémica evaluada por la escala de APACHE II, lo cual se corresponde con lo encontrado en el grupo control de este estudio, pero no con los resultados obtenidos en el grupo que recibió la maniobra que se diseñó, donde la mortalidad real fue inferior a la pronosticada en el rango de mayor gravedad.

**Tabla 6. Pronóstico de mortalidad según los rangos de APACHE II y la real lograda en ambos grupos.**

Intervalos de APACHE II y pronóstico de mortalidad	Mortalidad real					
	Grupo control			Grupo estudio		
	Nº	Fallecidos	%	Nº	Fallecidos	%
5 - 9 (8 %)	8	2	25,0	7	1	14,3
10 - 14 (12 %)	31	7	22,6	13	3	23,1
15 - 19 (25 %)	16	10	62,5	25	9	36,0
20 - 24 (40 %)	25	16	64,0	10	2	<b>20,0</b>
25 - 29 (50 %)	7	6	85,7	12	7	58,3
30 - 34 (70 %)	6	6	100,0	1	1	100,0
> 34 (88 %)	4	4	100,0	33	15	<b>45,4</b>
<b>Total</b>	97	51	52,5	101	38	37,6

En la tabla 7 se presenta la supervivencia pronosticada por LIS en ambos grupos. Se encontró una mayor supervivencia en el grupo con MRA para el rango de menos de 1,1 y para el de 2,5 a 3,5 y una supervivencia próxima a la pronosticada para el intervalo de 1,1 a 2,4, mientras que en el grupo sin MRA la supervivencia fue superior a la pronosticada solo en el primer rango y por debajo para los dos rangos restantes, lo cual sugirió que la MRA influyó de forma positiva en la supervivencia de los pacientes ventilados.

**Tabla 7. Pronóstico de supervivencia según escala de daño pulmonar y la real lograda en ambos grupos.**

Rangos de la escala y pronóstico	Supervivencia					
	Grupo control			Grupo estudio		
	Nº	Vivos	%	Nº	Vivos	%
<b>&lt; 1,1 (Superior al 66 %)</b>	27	21	<b>77,7</b>	27	24	<b>88,8</b>
<b>1,1 y 2,4 (Superior al 59 %)</b>	57	23	40,3	51	30	58,8
<b>2,5 y 3,5 (Superior al 30 %)</b>	13	2	15,3	23	9	<b>39,1</b>
<b>Total</b>	97	46	47,4	101	63	62,3

La tabla 8 muestra la comparación entre la mortalidad real de los grupos en estudio con la pronosticada según la definición de Berlín. En el grupo control la mortalidad fue superior a la pronosticada en los tres grados de la escala. En el grupo experimental, la mortalidad fue superior a la pronosticada en los rangos ligero y moderado, mientras que en el severo fue inferior al pronóstico, lo que indicó que los pacientes de mayor gravedad se beneficiaron más con el empleo de la MRA.

El marcado incremento en la mortalidad en cuanto al pronóstico del grupo control y en los dos primeros rangos del grupo experimental pudo estar en relación a

diferencias en los criterios de inclusión con respecto a la definición de Berlín que incluyó 4 188, de los cuales fueron excluidos 518 por no utilizar PEEP,<sup>118</sup> no así en el presente estudio, donde ambos grupos incluyeron pacientes sin uso de PEEP.

**Tabla 8. Pronóstico de mortalidad según la definición de Berlín y la real en ambos grupos.**

Rangos y pronóstico	Mortalidad real					
	Grupo control			Grupo estudio		
	Nº	Fallecidos	%	Nº	Fallecidos	%
<b>Ligero (24 - 30 %)</b>	12	7	58,3	14	5	35,7
<b>Moderado (33 - 36 %)</b>	39	28	71,8	40	19	47,5
<b>Severo (40 - 49 %)</b>	12	9	75,0	11	4	<b>36,4</b>
<b>Total</b>	63	44	69,8	65	28	43,1

En un estudio observacional, multicéntrico, prospectivo de cohorte realizado en 2014,<sup>133</sup> en pacientes con ventilación invasiva y no invasiva, en una muestra de 459 UCI de 50 países, se encontró una mortalidad hospitalaria de 34,9 % en pacientes clasificados según la definición de Berlín como leve, de 40,3 % para SDRA moderado y el 46,1 % en el SDRA grave. Llama la atención que, en el primer rango la mortalidad es inferior a la que se encontró en este estudio, pero superior a la pronosticada, mientras que, en el severo, la mortalidad está en el rango de lo pronosticado, pero muy superior a la que se obtuvo en el grupo que recibió las MRA de este estudio.

Son numerosos los usos propuestos para las escalas de pronósticos en los pacientes críticos, uno de ellos es el de homogeneizar la severidad de la enfermedad en los grupos de pacientes sometidos a investigaciones clínicas y otro es el de evaluar los efectos de un nuevo procedimiento.<sup>132</sup>

En relación con el primero, los valores obtenidos para la puntuación de APACHE II, la mortalidad predicha y la ajustada pronosticada por esta escala, el índice LIS y la definición de Berlín para los casos con SDRA confirmaron la homogeneidad de los grupos para estas variables.

Con respecto al segundo, en dependencia de la exactitud del modelo (expresada en términos de calibración y discriminación), la fiabilidad y la validez del sistema en uso, mostró que la mortalidad y supervivencia de los pacientes del grupo a los que se realizó la variante de MRA fue mejor a la pronosticada por las escalas aplicadas.

#### **3.4. Comportamiento de las variables dependientes evaluadas**

Los días con VMA, la estadía en sala y la mortalidad de los pacientes ventilados varían en dependencia del tipo de UCI. No son iguales para las unidades coronarias, quirúrgicas, médicas, oncológicas o polivalentes. El presente estudio se realizó en una UCI polivalente con la característica de que no recibe pacientes con neurotraumas.

Los días con VMA y la estadía son dos parámetros que evalúan la efectividad de cualquier proceder en los pacientes que se atienden en las UCI. En la tabla 9 se observa que la media de ambas variables fue similar en los dos grupos, lo que coincide con los resultados publicados por Suzumura EA y col.<sup>62</sup> en 2014 en una revisión sistemática y metanálisis.

En un ensayo controlado aleatorio que incluye 20 pacientes, Hodgson y col.<sup>102</sup> no reportan diferencias significativas en los días de ventilación y la estadía en UCI entre el grupo que recibe la MRA y el control, lo cual coincide con este estudio. La

media de los días de estadía en UCI de los pacientes con MRA en dicho estudio (9,9) es similar a la que se encontró en el presente trabajo (9,4).

**Tabla 9. Estadía ventilatoria y en UCI en ambos grupos.**

<b>Estadía ventilatoria y en UCI</b>	<b>Grupo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>P*</b>
<b>Días con VMA</b>	Control	6,81	6,3	0,430
	Estudio	6,79	6,6	
<b>Estadía en UCI</b>	Control	8,93	8,4	0,744
	Estudio	9,44	8,1	

\* U Mann-Whitney (tabla 11, anexo 4)

De cinco estudios en que se evalúa la estadía en UCI, en series de casos donde se aplica MRA<sup>44,134-137</sup>, en cuatro de ellos es superior y en uno inferior a la que reportó el autor de la presente investigación.

Las medias de los días de ventilación y estadía en UCI en los pacientes que sobrevivieron en ambos grupos no evidenciaron diferencias significativas, pero fueron inferiores en el grupo que recibió las MRA con relación al control (tabla 10).

**Tabla 10. Estadía ventilatoria y en UCI en los pacientes egresados vivos en ambos grupos.**

<b>Estadía ventilatoria y en UCI</b>	<b>Grupos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>p*</b>
<b>Días con VMA</b>	Control	6,89	6,3	0,056
	Estudio	5,95	6,5	
<b>Estadía en UCI</b>	Control	10,28	7,4	0,092
	Estudio	9,34	8,4	

\*U Mann-Whitney (tabla 12, anexo 4)

Las medias de los días de ventilación y estadía en UCI de los pacientes que fallecieron se comportaron de forma diferente al subgrupo de pacientes que sobrevivieron, en los que fallecieron fueron superiores en el grupo con reclutamiento (tabla 11).

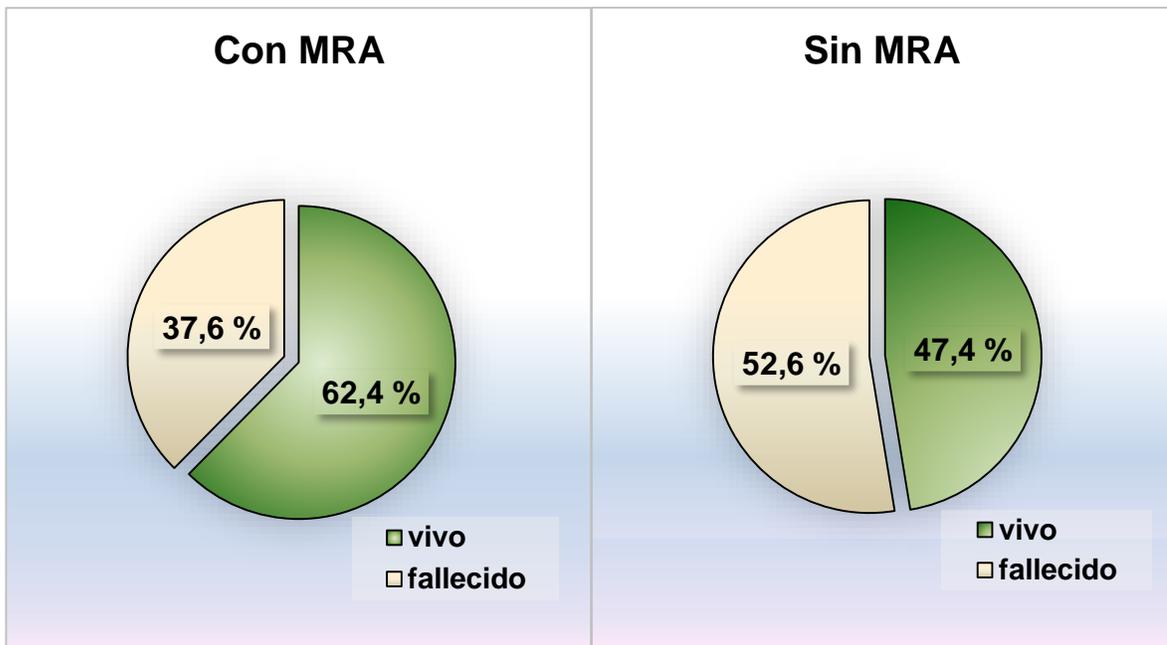
Estos resultados tienen su explicación en los efectos positivos de las MRA sobre los parámetros de oxigenación, la mecánica ventilatoria y la disminución de las complicaciones de la VMA, como se señala en varios metanálisis.<sup>32,33,62</sup> El autor considera necesario realizar estudios con un mayor número de pacientes para efectuar análisis de subgrupos, donde se separen los pacientes vivos y fallecidos y así poder evaluar mejor estas dos variables.

**Tabla 11. Estadía ventilatoria y en UCI en los pacientes fallecidos en ambos grupos.**

<b>Estadía ventilatoria y en UCI</b>	<b>Grupos</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>p*</b>
<b>Días con VMA</b>	Control	6,74	6,4	0,158
	Estudio	8,2	6,6	
<b>Estadía en UCI</b>	Control	7,7	9,1	0,073
	Estudio	9,6	7,6	

\*U Mann-Whitney (tabla 13, anexo 4)

El gráfico 3 refleja la mortalidad en ambos grupos, la misma fue inferior en grupo que recibió la MRA con relación al grupo control, con una diferencia significativa.



Chi-cuadrado  $p=0,049$  (Fuente: tabla 14, anexo 4)

### Gráfico 3. Mortalidad por grupos.

Esta diferencia resultó significativa con un riesgo relativo e intervalos de confianza menores a la unidad lo que indicó que los pacientes expuestos a la maniobra de reclutamiento, presentaron un menor riesgo de fallecer que los no expuestos (tabla 12).

La mortalidad del grupo que recibió las maniobras fue inferior a la que reporta Caballero<sup>23</sup> en las dos encuestas nacionales realizadas sobre ventilación mecánica en Cuba, la primera con 52,5 % en el año 2005 y la segunda con 51,7 % en el 2010, inferior también a la que se reporta en la provincia de Mayabeque en el año 2016, con un 58 %.<sup>138</sup>

Los metanálisis sobre los efectos de las MRA concluyen que la mayoría de los estudios evalúan los índices de oxigenación, la mecánica respiratoria y la aparición de efectos adversos, pero muy pocos analizan la mortalidad y en los que se evalúa no se encuentran diferencias significativas a los 28 días entre los

pacientes en los cuales se usa este proceder y los que no la reciben,<sup>31-33</sup> lo que difiere de los resultados del presente estudio, en el que la mortalidad en los pacientes que recibieron la maniobra fue menor en un 15 % en comparación con el grupo control histórico.

**Tabla 12. Mortalidad y riesgo relativo en ambos grupos.**

Grupos	Mortalidad				Total		p*	RR**
	Fallecido		Vivo		Ne	%		
	Ne	%	Ne	%				
<b>Con MRA</b>	38	37,6	63	62,4	101	100,0	RR: 0,715	
<b>Sin MRA</b>	51	52,6	46	47,4	97	100,0	0,049 IC <sub>Inf</sub> : 0,522 IC <sub>Sup</sub> : 0,979	

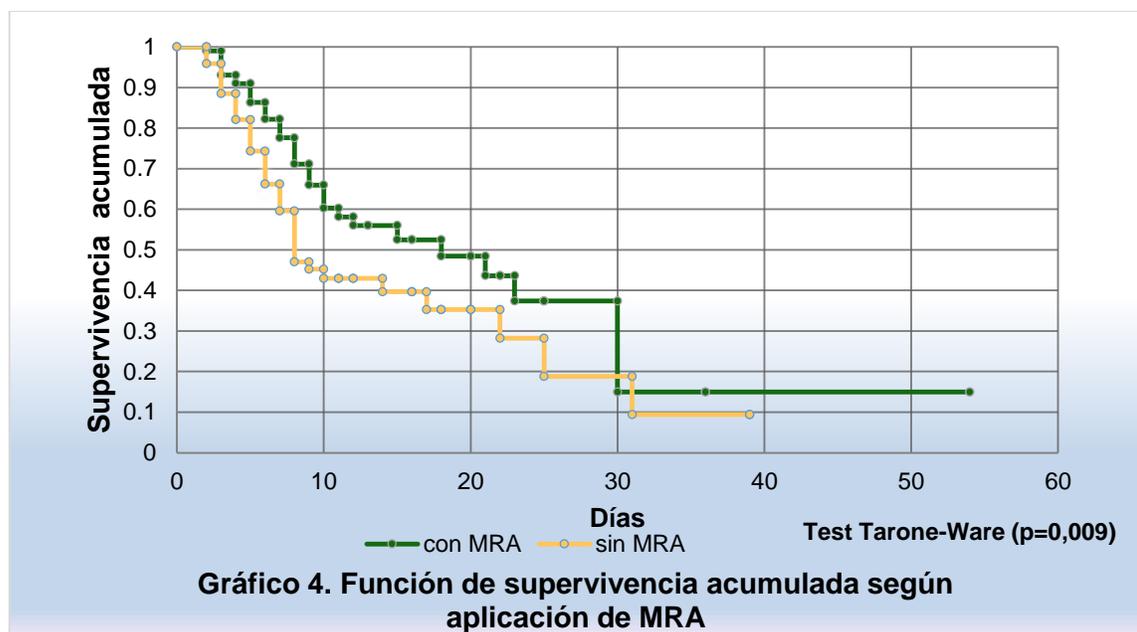
\*Chi-cuadrado de Pearson (Corrección por continuidad) \*\*RR: Riesgo relativo

En el gráfico 4 se muestran las funciones de supervivencia acumulada de Kaplan-Meier para el grupo experimental con una supervivencia superior que resultó significativa. Se aplicó el test de Tarone-Ware porque la mayor diferencia entre las curvas fue en el período intermedio de seguimiento de los pacientes.

El efecto positivo de las MRA sobre la supervivencia de los pacientes ventilados se atribuye a la capacidad de mantener un pulmón abierto con mejoría de la mecánica ventilatoria y la oxigenación, pero su efecto sobre la disminución del estrés entre las áreas pulmonares lesionadas y las normales, que evita el atelectrauma, es el factor más importante.<sup>62,76</sup>

El autor considera que los efectos favorables que tienen las MRA no son suficientes para influir de forma positiva en la supervivencia de los pacientes ventilados, sino que es necesario que la variante que se seleccione logre un equilibrio entre sus acciones beneficiosas (mejoría de la oxigenación, disminución

de la LPAV) y la aparición de efectos adversos (sobredistensión pulmonar, trastornos hemodinámicos, generación de más LPAV).



(Fuente: tabla 15, anexo 4)

En los pacientes con pulmones sanos los efectos de las maniobras son contradictorios y dependen de dos escenarios diferentes: el perioperatorio y la UCI. En el primero, estudios controlados y revisiones sistemáticas recientes demuestran que disminuyen las complicaciones pulmonares y la mortalidad.<sup>57,139,140</sup> En la UCI las MRA disminuyen el desarrollo del SDRA, las infecciones pulmonares y las atelectasias, pero no la mortalidad.<sup>141</sup> Estos resultados coinciden con lo que se encontró en el presente estudio, ya que el subgrupo de pacientes con pulmones sanos mostró una mortalidad superior al del grupo control, aunque no fue significativa (Tabla 13).

Puede parecer contradictorio el hecho de que las maniobras mejoren la oxigenación, la mecánica ventilatoria y disminuyan las complicaciones de la VMA,

sin disminuir la mortalidad de los pacientes con pulmones sanos en la UCI. El autor considera que en este subgrupo de pacientes otros factores, como la comorbilidad, pueden tener mayor influencia, por lo que es necesario realizar estudios con un mayor número de pacientes, que aporten los datos suficientes para un mejor análisis.

**Tabla 13. Mortalidad en los pacientes sin y con SDRA en ambos grupos.**

SDRA	Grupos	Mortalidad				Total		P*	RR**
		Fallecido		Vivo		No	%		
		No	%	No	%				
<b>Sin</b>	con MRA	10	27,7	26	72,2	36	100,0	0,673	-
<b>SDRA</b>	sin MRA	7	20,6	27	79,4	34	100,0		
<b>Con</b>	con MRA	28	43,1	37	56,9	65	100,0	0,004	RR: 0,616
<b>SDRA</b>	sin MRA	44	69,8	19	30,2	63	100,0		IC Inf: 0,44 IC Sup:0,85

\*Chi-cuadrado de Pearson (Corrección por continuidad)\*\*RR: Riesgo relativo

La tabla 13 también refleja la mortalidad de los pacientes con SDRA de ambos grupos. La tasa de mortalidad en el grupo experimental en este trabajo se encontró en el rango de lo reportado para pacientes con SDRA, de 33 a 52 %.<sup>142,143</sup> Su análisis mostró una reducción de 26,7 % con respecto al grupo control, superior al 6 % de lo que reporta una revisión sistemática en 2014.<sup>62</sup>

La mortalidad de los pacientes con SDRA del grupo que recibió las maniobras en el presente estudio fue similar al reporte de Villar y col.<sup>3</sup> (42,7 %), en el estudio ALIEN sobre la incidencia de SDRA en UCI españolas, pero superior al de George A y col.<sup>144</sup> (27,7 %).

Los estudios que evalúan mortalidad con el uso de MRA en pacientes con SDRA muestran tasas muy variadas, lo que puede estar en relación con la diversidad de variantes de maniobras que se utilizan.

Un ensayo clínico aleatorio que incluye 57 pacientes con SDRA (27 en el grupo control y 30 en el experimental), donde se aplica una maniobra con decremento de PEEP, reporta una mortalidad superior en el grupo experimental con relación al control<sup>134</sup> y a la que se logró en este estudio. La variante que se utiliza en ese trabajo difiere de la que realizó el autor de esta investigación en varios aspectos: el valor de PEEP del cual se parte para iniciar la disminución es igual para todos los pacientes y superior al valor de la media del actual estudio; la maniobra en el primero, se efectúa solo una vez al día, mientras que en la presente investigación se realizó como mínimo tres veces.

Los resultados del presente estudio difieren con los de un reciente ensayo clínico aleatorizado, multicéntrico e internacional, donde la mortalidad a los 28 días fue mayor en el grupo experimental que en el control (55,3 % contra 49,3 %).<sup>145</sup> El autor considera que esos resultados se deben a que el protocolo de reclutamiento es mucho más agresivo (valores de PEEP elevados por igual para todos los pacientes), tanto es así que se modifica después de detectar un exceso de efectos adversos.

Los resultados de dos revisiones sistemáticas y metanálisis recientes sobre el uso de MRA en pacientes con SDRA concluyen que las MRA disminuyen la mortalidad en la UCI, sin incrementar el riesgo de efectos adversos mayores, pero no la mortalidad a los 28 días y la hospitalaria. Los autores señalan que al incluir

estudios con otras intervenciones como parte de una estrategia de asistencia respiratoria con pulmones expandidos, se afectan los resultados y por tanto serían necesarias nuevas investigaciones.<sup>146,147</sup>

Estudios tomográficos revelan que los efectos de las MRA sobre la aireación pulmonar son más manifiestos en el SDRA de origen extrapulmonar que cuando se debe a una causa pulmonar. Esta afirmación justifica la poca influencia de las maniobras en el pronóstico de los pacientes con SDRA pulmonar.<sup>12,104,148</sup>

En la tabla 14 se observa que la letalidad en el subgrupo de pacientes con SDRA extrapulmonar que recibió las MRA fue inferior, con una diferencia significativa, cuando se comparó con el control, mientras que en el subgrupo con SDRA intrapulmonar que recibió la MRA la mortalidad fue menor, pero no significativa.

**Tabla 14. Letalidad en ambos grupos según tipo de SDRA.**

Tipo de SDRA	Grupos	Letalidad				Total		p*	RR**
		Fallecido		Vivo		№	%		
		№	%	№	%				
Extra pulmonar	con MRA	18	45,0	22	55,0	40	100,0	0,010	RR: 0,600 IC Inf: 0,400 IC Sup:0,800
	sin MRA	30	75,0	10	25,0	40	100,0		
	Intra pulmonar	con MRA	10	40,0	15	60,0	25		
sin MRA	14	60,9	9	37,5	23	100,0			

\*Chi-cuadrado de Pearson (Corrección por continuidad) \*\* RR: Riesgo relativo

Lo más controversial acerca de las MRA no es su aplicación, sino la variante a utilizar, es decir, la presión a emplear, cuántas veces al día y durante qué tiempo realizarlas. La variante que se efectuó en este estudio tuvo características muy

dinámicas en cuanto a la selección de la PEEP. La media de su valor fue de 13,5 cmH<sub>2</sub>O, con un mínimo de ocho cmH<sub>2</sub>O y un máximo de 28 cmH<sub>2</sub>O. La media del número de maniobras que se realizaron por pacientes fue de 13,6, con un mínimo de dos y un máximo de 32.

Los pacientes con SDRA requirieron valores superiores a la media de PEEP máximas y del número de maniobras. Solo en dos pacientes no fue posible alcanzar el doble del nivel de PEEP inicial, por alcanzar valores de presiones inspiratorias superiores a 50 cmH<sub>2</sub>O.

La PEEP se emplea en todos los pacientes con edema pulmonar por sus beneficios sobre la oxigenación. La selección adecuada de su valor permite evitar el desreclutamiento alveolar y sirve de punto de partida para la selección de los niveles de PEEP a utilizar en la realización de algunas variantes de MRA, con lo cual se logra individualizar los valores de esta para cada paciente y evitar las consecuencias negativas derivadas de protocolos rígidos<sup>86,105</sup>.

Con las MRA se logra la apertura pulmonar con sus efectos beneficiosos sobre la mecánica ventilatoria y la oxigenación, pero para conservarla es crucial mantener un valor de PEEP adecuado, difícil de alcanzar en muchas ocasiones, como lo señalan algunos autores.<sup>149,150</sup>

El empleo de la tomografía de impedancia eléctrica, disponible hoy en día en pocas UCI de países desarrollados, puede ayudar a seleccionar el nivel de PEEP que evite el desreclutamiento postmaniobra.<sup>109</sup> Este medio diagnóstico resuelve la limitante de la TAC que es muy exacta para determinar los valores de PEEP postmaniobra, pero no está disponible a la cabecera de los enfermos.<sup>151</sup>

La variante MRA que se utilizó tuvo en cuenta el valor previo de PEEP del paciente, se realizó con aumentos escalonados y progresivos y se repitió varias veces al día, lo que favoreció un reclutamiento más eficaz y permitió utilizar valores de PEEP no tan elevados.

### **3.5. Complicaciones asociadas a la ventilación mecánica artificial y efectos adversos secundarios al uso de la maniobra de reclutamiento alveolar**

La VMA no es inocua y predispone a los pacientes a desarrollar numerosas complicaciones tales como: LPAV, NAV, eventos venotrombóticos, úlceras por presión, gastritis y otras. La probabilidad de desarrollar estas complicaciones se incrementa con el tiempo que se prolonga el soporte respiratorio en una relación lineal.<sup>152</sup>

La ventilación con presión positiva genera tensión en los límites entre las áreas pulmonares aireadas y no aireadas que caracterizan a los pulmones enfermos, lo cual unido a la apertura y cierre cíclico durante la inspiración y espiración produce daño epitelial y endotelial, inflamación celular y liberación de citoquinas que lesionan más el pulmón y favorecen la aparición de atelectasias y NAV, lo que se evita si se logra la apertura alveolar con las MRA y su mantenimiento con PEEP adecuada.<sup>26,67,115</sup> La estrategia ventilatoria que se aplicó a los pacientes incluidos en este estudio se diseñó sobre la base de este objetivo.

Cuando se elevan las presiones en las vías respiratorias, se liberan mediadores inflamatorios y se potencian las complicaciones pulmonares y extrapulmonares de la VMA, pero estudios en los cuales se miden los niveles plasmáticos de interleucinas 1, 6 y 8 y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) mientras se

realiza la MRA demuestran una disminución de estos, por lo que se considera que las maniobras constituyen un factor protector que se asocia a la estrategia de VP.<sup>153</sup>

Como se refleja en la tabla 15, la disminución de las complicaciones en el grupo experimental en relación con el control fue significativa. La complicación más frecuente en ambos grupos fue la NAV, pero con una incidencia inferior en el grupo con maniobra. Otros autores reportan tasas de NAV superiores a las encontradas en el grupo experimental de este trabajo.<sup>123,154,155</sup>

Estos resultados coinciden con los que se encuentran en una revisión y metanálisis en 2014 en relación con la disminución de las complicaciones de la ventilación donde se aplica una estrategia de VP, con PEEP y MRA en pacientes ventilados sin lesión pulmonar.<sup>141</sup>

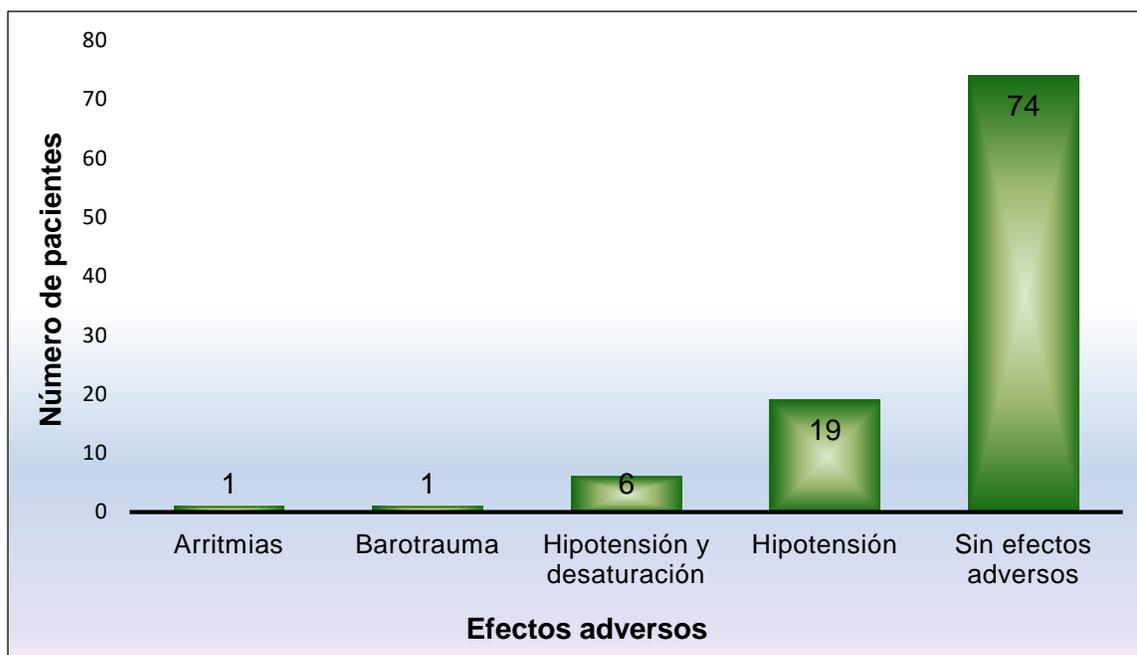
**Tabla 15. Distribución de los pacientes según las complicaciones de la VMA en ambos grupos.**

Complicaciones de la VMA	Sin MRA		Con MRA		Total
	Nº	%	Nº	%	
Sin complicaciones	60	61,8	83	82,2	143
NAV	21	21,6	10	9,9	31
NAV + Atelectasia	9	9,3	4	3,9	13
Atelectasias	5	5,2	1	1,0	6
Otras	2	2,1	3	3,0	5
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>100,0</b>	<b>101</b>	<b>100,0</b>	<b>198</b>

Chi-cuadrado p=0,028, (tabla 16, anexo 4)

Los barotraumas, trastornos hemodinámicos, episodios de desaturación, la translocación bacteriana y el aumento de la presión intracraneal son efectos adversos secundarios a las MRA, pero su incidencia es baja como lo reflejan algunos estudios.<sup>66,113</sup>

En este estudio no se presentaron efectos adversos atribuibles a las MRA en 74 pacientes. La hipotensión transitoria fue la más frecuente, se presentó en 19 pacientes de forma aislada y en seis unida a los episodios de desaturación (gráfico 5). Estos resultados coinciden con lo señalado por Karcz M y col.<sup>156</sup>



(Fuente: tabla 17, anexo 4)

### Gráfico 5. Efectos adversos atribuibles a las MRA.

Kacmarek RM y col.<sup>158</sup>, reportan la hipotensión y los episodios de desaturación como los efectos adversos que se presentan con mayor frecuencia durante la realización de una MRA con decremento de PEEP (hipotensión 35 %, desaturación 34 %) y que la mayoría de los pacientes requieren de la

administración de fluidos para su recuperación. A diferencia de esos resultados en el presente trabajo la incidencia de estos efectos no fue elevada y en todos los casos su recuperación fue inmediata después de suspender o concluir la maniobra.

La hipotensión y los episodios de desaturación solo se presentaron en pacientes hipovolémicos con trastornos hemodinámicos en algún momento de su evolución, lo que coincide con los reportes de Das A y col.<sup>157</sup>, quienes consideran que los pacientes que tienen un gasto cardíaco normal o superior al normal previo a la realización de las maniobras están protegidos su aparición.

Según Grasso<sup>69</sup>, las alteraciones hemodinámicas son frecuentes durante la aplicación de las MRA, pero su trascendencia clínica no es significativa porque regresan a los valores basales de forma inmediata, entre 20 y 30 segundos, afirmación que coincide con lo que observó el autor de esta investigación.

Los barotraumas son los efectos adversos más temidos de las MRA.<sup>113</sup> En un paciente del grupo con maniobra con diagnóstico de neumonía de etiología estafilocócica se reportó la presencia de un neumotórax.

El autor considera que la baja incidencia de barotraumas que se observó en el estudio estuvo en relación con el mantenimiento de un VC inferior a los ocho ml x kg de peso predicho y que los niveles de presión inspiratoria pico y la PEEP durante la maniobra no fueron tan elevados como los que se emplean otros estudios.<sup>44,113</sup>

Gil A y col.<sup>113</sup> reportan una incidencia de neumotórax de 16 % con una variante de MRA donde se utiliza un incremento progresivo de la PEEP hasta alcanzar un

valor de 32-36 cmH<sub>2</sub>O para todos los pacientes, lo cual difiere de este estudio donde el valor máximo de PEEP se individualizó para cada enfermo como ya se explicó en el capítulo anterior.

El informe preliminar de un ensayo multicéntrico controlado con una variante de MRA con PEEP incremental, que se lleva a cabo en Brasil, concluye que la incidencia de eventos adversos es similar entre los grupos, lo que demuestra que cuando el valor de presión que se selecciona se hace de forma gradual e individual para cada paciente, las maniobras son seguras.<sup>159</sup>

Las características de la variante de MRA que se aplicó en este estudio coinciden con la tendencia actual de realizar las MRA de forma lenta y progresiva, con incrementos de la presión de forma escalonada hasta llegar al objetivo.<sup>160</sup>

El autor considera que las MRA con ascensos y descensos graduales de los niveles de PEEP, con valores inferiores a los 30 cmH<sub>2</sub>O, repetidas varias veces al día y uso de PEEP postmaniobra permiten mantener un pulmón abierto con generación de bajas presiones intrapulmonares y una mejor distribución de los volúmenes pulmonares, que favorecen el intercambio gaseoso y la disminución de cortocircuito intrapulmonar con pocos efectos hemodinámicos y baja incidencia de efectos adversos.

### **3.6. Conclusiones del capítulo**

La evaluación de comparabilidad de los grupos en cuanto a: edad, causas que motivaron la VMA, supervivencia de acuerdo al grado de lesión pulmonar y riesgo de muerte, no demostró diferencias entre los grupos.

La mortalidad en el grupo que recibió la nueva variante de MRA fue inferior a la pronosticada por las escalas APACHE II y conferencia de Berlín, mientras que la supervivencia fue superior a la pronosticada por LIS en su rango de mayor gravedad.

La mortalidad fue inferior en el grupo que recibió la nueva variante de MRA, pero no hubo diferencias en relación con los días de ventilación y la estadía en UCI en ambos grupos.

La mortalidad en los pacientes con SDRA fue inferior en el grupo experimental y dentro de ellos los de causa extrapulmonar.

El número de complicaciones de la VMA fue inferior en el grupo experimental. La hipotensión transitoria y los episodios de desaturación fueron los efectos adversos más frecuentes como consecuencia de la MRA.

## **CONCLUSIONES**

## **CONCLUSIONES**

Según la teoría científica disponible las maniobras de reclutamiento alveolar tienen efectos beneficiosos sobre los índices de oxigenación y mecánica ventilatoria, con pocos efectos adversos, pero no sobre los días de ventilación, la estadía en la Unidad de Cuidados Intensivos y la mortalidad.

Se diseñó una nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar que se sustentó en la fisiología y fisiopatología respiratoria, los efectos de la ventilación mecánica artificial sobre el sistema respiratorio y los conceptos de técnica, variante y modo de reclutamiento alveolar que se sistematizaron por el autor. Esta se caracterizó por un incremento progresivo de la PEEP hasta lograr un valor individualizado para cada paciente.

El diseño de la nueva maniobra se complementó con un flujograma de actuación clínica y el procedimiento para su aplicación.

La nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar se acompañó de pocas complicaciones asociadas a la ventilación mecánica, baja mortalidad y pocos efectos adversos.

## **RECOMENDACIONES**

Utilizar las MRA en todos los pacientes ventilados si no existen contraindicaciones.

Realizar investigaciones con un mayor número de pacientes en las cuales se analicen por separado los efectos de las MRA sobre el comportamiento de los días de ventilación y la estadía en UCI en los subgrupos de pacientes vivos y fallecidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Buguedo GT. Introducción a la Ventilación Mecánica. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Medicina. Programa de Medicina Intensiva. Apuntes Med Intens [Internet]. 2000 [citado 15 Nov 2016]: [aprox. 8 pantallas]. Disponible en: <http://publicacionesmedicina.uc.cl/MedicinaIntensiva/Introduccion.html>
2. Hess DR, Bigatello LM. Lung recruitment: the role of recruitment maneuvers. Respir Care [Internet]. 2002 [citado 10 Jul 2014]; 47:308-317. Disponible en: <http://www.rcjournal.com/contents/03.02/03.02.0308.cfm>
3. Villar J, Blanco J, Añón JM, Santos-Bouza A, Blanch L, Ambrós A. The ALIEN study: incidence and outcome of acute respiratory distress syndrome in the era of lung protective ventilation. Intens Care Med [Internet]. 2011 [citado 5 Feb 2012]; 37(12):1932-1941. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00134-011-2380-4.pdf>
4. Plotnikow G, Pratto R, Tiribelli N, Ilutovich S, Andrich E, Gómez R, et al. Ventilación mecánica en pacientes con falla respiratoria aguda hipoxémica. Revista Americana de Medicina Respiratoria [Internet]. 2017 [citado 12 Oct 2017]; 17 (1):54-62. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ramer/v17n1/v17n1a09.pdf>
5. Izhakian S, Buchs AE. Characterization of Patients who were Mechanically Ventilated in General Medicine Wards. Isr Med Assoc J [Internet]. 2015 [citado 12 May 2016]; 17(8):496-9. Disponible en: <https://www.ima.org.il/FilesUpload/IMAJ/0/164/82278.pdf>

6. Gómez LA, Bernal OJ. Caracterización de los pacientes críticos ventilados en la Fundación Santa Fe de Bogotá 2009 a 2013 [Internet]. Venezuela: Fundación Santa Fe de Bogotá [Internet]. 2013 [citado 12 Nov 2014]: [aprox. 12 pantallas]. Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/4633>
7. Slutsky AS, Ranieri VM. Complicaciones de la asistencia respiratoria mecánica. Injuria pulmonar inducida por el respirador. N Engl J Med [Internet]. 2013 [citado 8 Jul 2014]; 369:2126-36. Disponible en: <http://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoID=82360>
8. International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: Ventilator-associated lung injury in ARDS. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 1999 [citado 8 Jul 2012]; 160:2118-24. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm.160.6.ats16060>
9. Carrillo R, Espinoza de los Monteros I, Montero MD, Rosales AO. Ventilación de protección en el transoperatorio. Rev Mexicana de Anestesiología [Internet]. 2015 [citado 8 Jul 2016]; 38(2):91-97. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/cma152d.pdf>
10. Rama-Maceiras P. Atelectasias perioperatorias y maniobras de reclutamiento alveolar. Arch Bronconeumol [Internet]. 2010 [citado 4 Abr 2013]; 46(6):317-24. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/246034653\\_Atelectasias\\_perioperatorias\\_y\\_maniobras\\_de\\_reclutamiento\\_alveolar](https://www.researchgate.net/publication/246034653_Atelectasias_perioperatorias_y_maniobras_de_reclutamiento_alveolar)

11. Güldner A, Kiss T, Serpa Neto A, Hemmes SN, Canet J, Spieth PM, 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* [Internet]. 2015 [citado 4 Feb 2016]; 123(3):692-713. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/Article.aspx?articleid=2383205>
12. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M, et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *New England Journal of Medicine* [Internet]. 2006 [citado 10 Jul 2012]; 354(17):1775-86. Disponible en: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa052052>
13. Arencibia F, Soto R. Daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. *Rev Chil Med Int* [Internet]. 2010 [citado 7 May 2014]; 25(4):205-10. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Arancibia/publication/266484600\\_Dano\\_pulmonar\\_inducido\\_por\\_la\\_ventilacion\\_mecanica/links/54cbd9b90cf298d65659a52a/Dano-pulmonar-inducido-por-la-ventilacion-mecanica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Arancibia/publication/266484600_Dano_pulmonar_inducido_por_la_ventilacion_mecanica/links/54cbd9b90cf298d65659a52a/Dano-pulmonar-inducido-por-la-ventilacion-mecanica.pdf)
14. Estenssoro E, Dubin A. Síndrome De Distrés Respiratorio Agudo. *Med (Buenos Aires)* [Internet]. 2016 [citado 12 Mar 2017]; 76:235-41. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/medba/v76n4/v76n4a08.pdf>
15. Cressoni M, Gotti M, Chiurazzi C, Massari D, Algieri I, Amini M, et al. Mechanical power and development of ventilator-induced lung injury.

- Anesthesiology [Internet]. 2016 [citado 12 Oct 2017]; 124:1100-8. Disponible en: <http://atm.amegroups.com/article/view/15711/15778>
16. Bruhn A, Bugeo D, Riquelme F, Varas J, Retamal J, Besa C, et al. Tidal volume is a major determinant of cyclic recruitment-derecruitment in acute respiratory distress syndrome. *Minerva Anesthesiol* [Internet]. 2011 [citado 4 May 2013]; 77(4):418-26. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Bruhn/publication/51042155\\_Tidal\\_volume\\_is\\_a\\_major\\_determinant\\_of\\_cyclic\\_recruitment-derecruitment\\_in\\_Acute\\_Respiratory\\_Distress\\_Syndrome/links/0c9605192440419b8a000000/Tidal-volume-is-a-major-determinant-of-cyclic-recruitment-derecruitment-in-Acute-Respiratory-Distress-Syndrome.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Bruhn/publication/51042155_Tidal_volume_is_a_major_determinant_of_cyclic_recruitment-derecruitment_in_Acute_Respiratory_Distress_Syndrome/links/0c9605192440419b8a000000/Tidal-volume-is-a-major-determinant-of-cyclic-recruitment-derecruitment-in-Acute-Respiratory-Distress-Syndrome.pdf)
17. Protti A, Andreis DT, Monti M, Santini A, Sparacino CC, Langer T, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation: any difference between statics and dynamics? *Crit Care Med* [Internet]. 2013 [citado 3 Jul 2017]; 41(4):1046-55. Disponible en: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=23385096>
18. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* [Internet]. 1998 [citado 3 Jul 2013]; 338:347-54. Disponible en: <http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM199802053380602>
19. Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *New Eng J Med* [Internet]. 2000

- [citado 13 May 2000]; 342(18):1301-8. Disponible en: <http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM200005043421801>
20. Serpa A, Schultz MJ. Optimizing the Settings on the Ventilator High PEEP for All? JAMA [Internet]. 2017 [citado 18 Oct 2017]; 2317(14):1413-14. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2612909>
21. Treschan TA, Beiderlinden M. Role of recruitment maneuvers for lung-protective ventilation in the operating room remains unclear. Anesthesiology [Internet]. 2015 [citado 8 Jul 2016]; 122:472-73. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=2091880>
22. Santos RS, Silva PL, Pelosi P, Rocco P. Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome: The safe way is the best way. World J Crit Care Med [Internet]. 2015 [citado 8 Jul 2016]; 4(4):278-86. Disponible en: <https://www.wjgnet.com/2220-3141/full/v4/i4/278.htm>
23. Caballero A. Temas de ventilación mecánica [Internet]. Santa Clara: Hospital Universitario Arnaldo Milián Castro, Servicio de Terapia Intensiva; 2010 [citado 3 Feb 2017]: [aprox. 18 pantallas]. Disponible en: [http://tesis.repo.sld.cu/249/1/Caballero\\_L%C3%B3pez.pdf](http://tesis.repo.sld.cu/249/1/Caballero_L%C3%B3pez.pdf)
24. Iglesias NR, Pérez J, Guirola J, Pérez E, Guerra G, Varela A. Resultados de la aplicación de un protocolo para el destete de la ventilación mecánica. Mediciego [Internet]. 2013 [citado 23 Sep 2015]; 19 (1):9-17. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/mediciego/mdc-2013/mdc131e.pdf>
25. Algaba A, Nina N. Puesta al día en Medicina Intensiva: Ventilación mecánica en diferentes entidades. Maniobras de reclutamiento alveolar en el síndrome

- de distrés respiratorio agudo. Med Intens [Internet]. 2013 [citado 9 Ene 2015]; 37(5):355-62. Disponible en: <http://www.medintensiva.org/es/maniobras-reclutamiento-alveolar-el-sindrome/articulo-resumen/S0210569113000168/>
26. Chiumello D, Algieri I, Grasso S, Terragni P, Pelosi P. Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome and during general anesthesia. Minerva Anestesiol [Internet]. 2015 [citado 9 Feb 2016]; 82(2): 210-20. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Luca\\_Bolgiaghi/publication/311972933\\_Current\\_concepts\\_of\\_ARDS\\_A\\_narrative\\_review/links/59b9a001aca27241618d77c4/Current-concepts-of-ARDS-A-narrative-review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luca_Bolgiaghi/publication/311972933_Current_concepts_of_ARDS_A_narrative_review/links/59b9a001aca27241618d77c4/Current-concepts-of-ARDS-A-narrative-review.pdf)
27. Dyhr T, Nygard E, Laursen N. Both lung recruitment maneuver and PEEP are needed to increase oxygenation and volume after cardiac surgery. Acta naesthesiol Scand [Internet]. 2004 [citado 12 May 2012]; 48:187-97. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.0001-5172.2004.00300.x/pdf>
28. Pelosi P, Gama de Abreu M, Rocco P. New and conventional strategies for lung recruitment in acute respiratory distress syndrome. Critical Care [Internet]. 2010 [citado 6 Jul 2012]; 14(2):210. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2887103/>
29. Roldan R. Comentario sobre la controversia acerca de la utilidad de las maniobras de reclutamiento. Med intensiva [Internet]. 2009 [citado 5 Abril 2012]; 33(9):459. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/medinte/v33n9/carta1.pdf>
30. Suzumura EA, Amato MB, Cavalcanti AB. Understanding recruitment maneuvers. Intensive Care Med [Internet]. 2016 [citado 27 Nov 2017]; 42: 908-

11. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00134-015-4025-5.pdf>
31. Oliveira L, Días D. Maniobra de Reclutamiento Alveolar en Anestesia: Cómo, Cuándo y Por Qué Utilizarla. Rev Bras Anesthesiol [Internet]. 2005 [citado 7 Nov 2012]; 55:617-21. Disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/rba/v55n6/en\\_v55n6a06.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rba/v55n6/en_v55n6a06.pdf)
32. Fan E, Wilcox ME, Brower RG, Stewart TE, Mehta S, Lapinsky SE, et al. Recruitment Maneuvers for Acute Lung Injury a Systematic Review. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 2008 [citado 5 Nov 2012]; 178(11):1156-63. Disponible en: [www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200802-335OC](http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200802-335OC)
33. Hodgson C, Keating, Holland AE, Davies AR, Smirneos L, Bradley SJ. Maniobras de reexpansión para adultos con lesión pulmonar aguda sometidos a asistencia respiratoria mecánica (Revisión Cochrane traducida) [Internet]. Biblioteca Cochrane Plus; 2009 [citado 5 Oct 2012]; 3: [aprox. 9 p.]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD006667.pub3/pdf>
34. Wilches EC, Durán D, Muñoz VE. Análisis de las maniobras de reclutamiento alveolar aplicadas en siete Unidades de Cuidado Intensivo. Rev Cienc Salud [Internet]. 2010 [citado 9 Jul 2012]; 8(3):49-59. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v8n3/v8n3a3.pdf>
35. Palencia E, López L, Albaiceta GM. Tratamiento de la hipoxemia refractaria en el SDRA. REMI [Internet]. 2011 [citado 10 Jul 2012]; Jun: [aprox. 8 p.]. Disponible en: <http://medicina-intensiva.com>

36. Jiménez R. Metodología de la investigación: Elementos básicos para la investigación clínica [Internet]. La Habana; 1998 [citado 24 Oct 2013]: [aprox. 95 p]. Disponible en: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_1998.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia_de_la_investigacion_1998.pdf)
37. Constantin JM, Godet T, Jabaudon M, Bazin JE, Futier E. Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. Ann Transl Med [Internet]. 2017 [citado 15 Nov 2017]; 5(14):290. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5537118/>
38. Marini JJ. Evolving concepts in the ventilatory management of ARDS. Clin Chest Med [Internet].1996 [citado 5 Mar 2014]; 17:555-75. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272523105703312>
39. De la Oliva P, Álvarez E. Maniobras de reclutamiento alveolar. En: Casado Flores S, Serrano A, eds. Urgencias y tratamiento del niño grave. 2 nd ed. Madrid: Ergon; 2007. p. 279-81. Disponible en: [http://www.hospitalelcruce.org/hecrep/pdf/utip-004%20ipa\\_sdra.pdf](http://www.hospitalelcruce.org/hecrep/pdf/utip-004%20ipa_sdra.pdf)
40. Day R, Goodfellow AM, Apgar V, Beck GJ. Pressure-time relations in the safe correction of atelectasis in animal lungs. Pediatr [Internet]. 1952 [citado 8 May 2016]; 10(5): [aprox. 12 p]. Disponible en: <http://pediatrics.aappublications.org/content/pediatrics/10/5/593.full.pdf>
41. Klingele NC. Alveolar shape changes with volume in isolated, air-filled lobes of cat lung. J Appl Physiol [Internet]. 1970 [citado 5 Abr 2012]; 28:411-14. Disponible en: <http://jap.physiology.org/content/28/4/411.short>

42. Rothen HU, Sporre B, Enberg G, Wegenius G, Hedenstierna G. Reexpansion of atelectasis during general anaesthesia: a computed tomography study. *Br J Anaesth* [Internet]. 1993 [citado 6 Feb 2012]; 71: 788-95. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.977.4238&rep=rep1&type=pdf>
43. Rothen HU, Sporre B, Enberg G, Wegenius G, Högman M, Hedenstierna G. Influence of gas composition on recurrence of atelectasis after a reexpansion maneuver during general anesthesia. *Anesthesiol* [Internet]. 1995 [citado 6 Feb 2012]; 82:832-42. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=1950418>
44. Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Coepe J, et al. Ventilation Strategy Using Low Tidal Volumes, Recruitment Maneuvers, and High Positive End-Expiratory Pressure for Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome. A Randomized Controlled Trial. *JAMA* [Internet]. 2008 [citado 6 Feb 2012]; 299(6):637-45. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/181425>
45. Pérez L, Guirola J, Pollo J. Aplicación de una maniobra de reclutamiento alveolar. *Mediciego* [Internet]. 2004 [citado 6 Feb 2012]; 10(supl.2): [aprox. 8 p.]. Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol10\\_supl2\\_04/articulos/a6\\_v10\\_supl204.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/mciego/vol10_supl2_04/articulos/a6_v10_supl204.htm)
46. Piñeiro O, Esquivel M, Llana M, Frías D. Tratamiento del síndrome de distrés respiratorio del adulto en el Hospital Celia Sánchez Manduley. Manzanillo. *Granma* [Internet]. 2005 [citado 4 Abr 2013]: [aprox. 11 p.]. Disponible en:

[http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/urgencia/149\\_-\\_tratamiento\\_del\\_s%C3%80ndrome\\_de\\_distr%C3%80s\\_respiratorio\\_del\\_adulto\\_en\\_el\\_hospital\\_celia\\_s%C3%80nchez\\_manduley.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/urgencia/149_-_tratamiento_del_s%C3%80ndrome_de_distr%C3%80s_respiratorio_del_adulto_en_el_hospital_celia_s%C3%80nchez_manduley.pdf)

47. Guirola J, Pérez L, Ibarra R, Alvarado K. Maniobra de reclutamiento alveolar en la injuria pulmonar aguda y el síndrome de distrés respiratorio del adulto. Rev Cub Med Int Emerg [Internet]. 2008 [citado 6 Feb 2011]; 7(4): [aprox. 7 p.]. Disponible en: [http://bvs.sld.cu/revistas/mie/vol7\\_4\\_08/mie05408.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/mie/vol7_4_08/mie05408.htm)
48. San Martín Echemendía A, Triolet Gálvez A, Sánchez León M. Maniobra de reclutamiento alveolar escalonada en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo. Rev Cub Med Int Emerg [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2015]; 14(2):62-75. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedinteme/cie-2015/cie152h.pdf>
49. De Jong A, Futier E, Chanques G, Jung B, Jaber S. Modificaciones intraoperatorias de la función respiratoria. EMC Anestesia-Reanimación [Internet]. 2014 [citado 26 Feb 2015]; (40):1-13. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1280470314681147>
50. Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Tredici S, Pedoto A, Lissoni A, et al. The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics and gas exchange during general anesthesia. Anesth Analg [Internet]. 1998 [citado 6 Feb 2011]; 87:654-60. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/13556557\\_The\\_Effects\\_of\\_Body\\_Mass\\_on\\_Lung\\_Volumes\\_Respiratory\\_Mechanics\\_and\\_Gas\\_Exchange\\_During\\_General\\_Anesthesia](https://www.researchgate.net/publication/13556557_The_Effects_of_Body_Mass_on_Lung_Volumes_Respiratory_Mechanics_and_Gas_Exchange_During_General_Anesthesia)

51. Strandberg A, Tokics L, Brismar B, Lundquist H, Hedenstierna G. Constitutional factors promoting development of atelectasis during anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* [Internet]. 1987 [citado 6 Feb 2011]; 31:21-24. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-6576.1987.tb02513.x/full>
52. Bergard SC, Beitler JR, Malhotra A. Personalizing mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome. *J Thorac Dis* [Internet]. 2016 [citado 6 Feb 2017]; 8(3):172-74. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4805818/pdf/jtd-08-03-E172.pdf>
53. Hartland BL, Newell TJ, Damico N. Alveolar recruitment maneuvers: are your patients missing out? *AANA J* [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2015]; 82(4):307-14. Disponible en: <https://shop.aana.com/aana-journal-course-no-34-part-3-alveolar-recruitment-maneuvers-are-your-patients-missing-out.html>
54. Gajic O, Frutos F, Esteban A, Hubmayr R, Anzueto A. Ventilator settings as a risk factor for acute respiratory distress syndrome in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med* [Internet]. 2005 [citado 6 Feb 2011]; 31:922-6. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00134-005-2625-1.pdf>
55. Serpa A, Cardoso SO, Manetta JA, Pereira VG, Espósito DC, Pasqualucci MO. Association between use of lung-protective ventilation with lower tidal volumes and clinical outcomes among patients without acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis. *JAMA* [Internet]. 2012 [citado 6 Feb 2013];

308(16):1651-59.

Disponible

en:

<http://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/1386591>

56. Futier E, Constantin E M, Paugam-Burtz C, Pascal J, Eurin M, Neuschwander A, et al. A Trial of Intraoperative Low-Tidal-Volume Ventilation in Abdominal Surgery. *N Engl J Med* [Internet]. 2013 [citado 6 Feb 2014]; 369:428-37. Disponible en: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1301082>
57. Hartland BL, Newell TJ, Damico N. Alveolar recruitment maneuvers under general anesthesia: a systematic review of the literature. *Respir Care* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2017]; 60(4):609-20. Disponible en: <http://rc.rcjournal.com/content/60/4/609.short>
58. Gattinoni L, Marini J, Pesenti A, Quintel M, Mancebo J, Brochard L. The "baby lung" became an adult. *Intensive Care Medicine* [Internet]. 2016 [citado 16 Oct 2016]; 42:663-73. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00134-015-4200-8>
59. Carrillo R, Sánchez MJ, Medveczky NI, Elizondo S, Ramírez PM, Sánchez H. Síndrome de insuficiencia respiratoria aguda, 50 años después. *Med Crit* [Internet]. 2017 [citado 26 Oct 2017]; 31(4):246-54. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2017/ti174k.pdf>
60. Pierrakos C, Karanikolas M, Scolletta S, Karamouzou V, Velissaris D. Acute Respiratory Distress Syndrome: Pathophysiology and Therapeutic Options. *J Clin Med Res* [Internet]. 2012 [citado 6 Feb 2015]; 4(1):7-16. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3279495/>

61. Brochard L, Slutsky A, Pesenti A. Mechanical Ventilation to Minimize Progression of Lung Injury in Acute Respiratory Failure. *AJRCCM* [Internet]. 2017 [citado 6 Nov 2017]; 195(4):438–42. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.201605-1081CP>
62. Suzumura EA, Figueiró M, Normilio-Silva K, Laranjeira L, Oliveira C, Buehler AM, et al. Effects of alveolar recruitment maneuvers on clinical outcomes in patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Intens Care Med* [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2015]; 40(9): 1227-40. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00134-014-3413-6>
63. Koefoed-Nielsen J, Nielsen ND, Kjaergaard AJ, Larsson A. Alveolar recruitment can be predicted from airway pressure-lung volume loops: an experimental study in a porcine acute lung injury model. *Crit Care* [Internet]. 2008 [citado 6 Feb 2011]; 12:7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2374591/>
64. Tomicic V, Fuentealba A, Martínez E, Graf J, Batista J. Fundamentos de la ventilación mecánica en el síndrome de distrés respiratorio agudo. *Med Intens* [Internet]. 2010 [citado 6 Feb 2012]; 34(6):418-27. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/medinte/v34n6/revision.pdf>
65. Jardin F. Acute leftward septal shift by lung recruitment maneuver. *Intens Care Med* [Internet]. 2005 [citado 5 Oct 2012]; 31:1148-9. Disponible en: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00134-005-2733-y.pdf>

66. Pestaña D, Royo C, Hernández-Gancedo C, Martínez-Casanova E, Criado A. Hemodynamic variability caused by pressure-volume plotting and alveolar recruitment maneuvers in patients with adult respiratory distress syndrome. Rev Esp Anesthesiol Reanim [Internet]. 2008 [citado 6 Feb 2011]; 55:348-54. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034935608705905?via%3Dihub>
67. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. Intensive Care Med [Internet]. 2012 [citado 6 Feb 2013]; 38(4):577-91. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-012-2513-4>
68. Guerin C, Debord S, Leray V, Delannoy B, Bayle F. Efficacy and safety of recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. Annals of Intensive Care [Internet]. 2011 [citado 9 Nov 2012]; 1: [aprox. 9 p.]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3224504/>
69. Grasso S, Mascia L, del Turco M, Malacarne P, Giunta F, Brochard L, et al. Effects of recruiting maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome ventilated with protective ventilatory strategy. Anesthesiology [Internet]. 2002 [citado 6 Feb 2012]; 96:795-802. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/data/Journals/JASA/931219/0000542-200204000-00005.pdf>
70. Guerin C, Baboi L, Richard JC. Mechanisms of the effects of prone positioning in acute respiratory distress syndrome. Intensive Care Med [Internet]. 2014

- [citado 26 Mar 2016]; 40:1634-42. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/266380434\\_Mechanisms\\_of\\_the\\_effects\\_of\\_prone\\_positioning\\_in\\_acute\\_respiratory\\_distress\\_syndrome](https://www.researchgate.net/publication/266380434_Mechanisms_of_the_effects_of_prone_positioning_in_acute_respiratory_distress_syndrome)
71. Villagr a A, Ochagav a A, Vatua S, Murias G, del Mar Fern andez M, L pez Aguilar J, et al. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2002 [citado 6 Feb 2012]; 165:165-70. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/ajrccm.165.2.2104092>
72. Bates JH, Irvin CG. Time dependence of recruitment and derecruitment in the lung: a theoretical model. *J Appl Physiol Respir Environ Exercise Physiol* [Internet]. 2002 [citado 6 Feb 2012]; 93:705-13. Disponible en: <http://jap.physiology.org/content/jap/93/2/705.full.pdf>
73. Albert SP, Di Rocco J, Allen GB, Bates JH, Lafollette R, Kubiak BD, et al. The role of time and pressure on alveolar recruitment. *J Appl Physiol* [Internet]. 2009 [citado 6 Feb 2012]; 106:757-65. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2660249/>
74. Silva PL, Pelosi P, Rieken P. Recruitment maneuvers for acute respiratory distress syndrome: the panorama in 2016. *Rev Bras Ter Intensiva* [Internet]. 2016 [citado 16 Feb 2017]; 28(2):104-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4943046/pdf/rbti-28-02-0104.pdf>
75. Investigators ART. Rationale, study design, and analysis plan of the Alveolar Recruitment for ARDS Trial (ART): study protocol for a randomized controlled

- trial. *Trials* [Internet]. 2012 [citado 6 Feb 2013]; 13:1-26 Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Augusto\\_Savi/publication/230755631\\_Rationale\\_study\\_design\\_and\\_analysis\\_plan\\_of\\_the\\_Alveolar\\_Recruitment\\_for\\_A\\_RDS\\_Trial\\_ART\\_Study\\_protocol\\_for\\_a\\_randomized\\_controlled\\_trial/links/543ff3a0cf2fd72f99dcbb8/Rationale-study-design-and-analysis-plan-of-the-Alveolar-Recruitment-for-ARDS-Trial-ART-Study-protocol-for-a-randomized-controlled-trial.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Augusto_Savi/publication/230755631_Rationale_study_design_and_analysis_plan_of_the_Alveolar_Recruitment_for_A_RDS_Trial_ART_Study_protocol_for_a_randomized_controlled_trial/links/543ff3a0cf2fd72f99dcbb8/Rationale-study-design-and-analysis-plan-of-the-Alveolar-Recruitment-for-ARDS-Trial-ART-Study-protocol-for-a-randomized-controlled-trial.pdf)
76. Spieth PM, Gama de Abreu M. Lung recruitment in ARDS: We are still confused, but on a higher PEEP level. *Critical Care* [Internet]. 2012 [citado 5 Oct 2014]; 16: [aprox. 9 p.]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3396257/pdf/cc11177.pdf>
77. Carmona JA. Taller de métodos de reclutamiento alveolar. Congreso de ventilación mecánica. Lima, Perú. [Internet]. 2013. [citado 6 enero 2016] :[aprox. 2 pantallas] Disponible en: <file:///H:/Todo/ventil.protec.%202/2013%20taller-de-metodos-de-reclutamiento-alveolar-1.htm>
78. Barbas CSV. Lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome and facilitating resolution. *Crit Care Med* [Internet]. 2003 [citado 6 Feb 2012]; 31(4):265-71. Disponible en: [http://portalbiocursos.com.br/ohs/data/docs/57/249-Lung\\_recruitment\\_maneuvers\\_in\\_acute\\_respiratory\\_distress\\_syndrome.pdf](http://portalbiocursos.com.br/ohs/data/docs/57/249-Lung_recruitment_maneuvers_in_acute_respiratory_distress_syndrome.pdf)
79. Claxton BA, Morgan P, McKeague H. Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation after cardiopulmonary bypass. *Anaesth* [Internet]. 2003

- [citado 6 Feb 2012]; 58:111-16. Disponible en:  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2044.2003.02892.x/full>
80. Perasso O, Capurro J, Sanz R, Gómez L. Maniobras de Reclutamiento Alveolar. Rev Arg Anest [Internet]. 2006 [citado 6 Feb 2012]; 64(5):201-15. Disponible en:  
<https://boletindeanestesiologia.files.wordpress.com/2013/05/reclutamiento-alveolar-2006.pdf>
81. Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Caramenz MP, Arantes PR, Barros F, et al. Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early acute respiratory distress syndrome. Am J Respir Crit Care Med [Internet]. 2006 [citado 6 Feb 2012]; 174(3):268-78. Disponible en:  
[www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200506-976OC](http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200506-976OC)
82. Caballero A, Camacho W. Modos de ventilación. En: Caballero López A, editor. Terapia Intensiva. La Habana: Ciencias Médicas; 2006. p. 485-532.
83. Forgiarini LA, Castilhos J, Forgiarini SG. Maniobra de reclutamiento alveolar e suporte ventilatorio peroperatorio en pacientes obesos sometidos à cirurgia abdominal. Rev Bras Ter Int [Internet]. 2013 [citado 7 Feb 2013]; 25(4): [aprox. 7 p.]. Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=0103507X&AN=115932070&h=IWMkUIYIGbuKV6u9nv1YoOu2nP0N%2BB2wUDY2h0Gs3jjOuIWn9HqvMpfU2WoFsJUISB9e7wF2E4R0RJmw8ECJJw%3D%3D&crl=c>

84. Amato M, Meade M, Slutsky S, Brochard L, Costa E, Schoenfeld D. Driving Pressure and Survival in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2015]; 372:747-55. Disponible en: <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmsa1410639>
85. Guirola J, Iglesias NR, Rivero Y. Maniobras de reclutamiento alveolar. Revisión sistemática. *Rev Cub Med Int Emerg* [Internet]. 2015 [citado 6 Nov 2016]; 14(2):76-87. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedinteme/cie-2015/cie152i.pdf>
86. Hess DR. Recruitment Maneuvers and PEEP Titration. *Respiratory Care* [Internet]. 2015 [citado 10 Dic 2016]; 60(11):1688-1704. Disponible en: <http://rc.rcjournal.com/content/60/11/1688>
87. Buguedo G, Bruhn A, Hernández G, Rojas G, Varela C, Tapia JC, et al. Lung computed tomography during a lung recruitment maneuver in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med* [Internet]. 2003 [citado 6 Feb 2011]; 29(2):218-25. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00134-002-1618-6.pdf>
88. Mauri T, Bellani G, Confalonieri A, Tagliabue P, Turella M, Coppadoro A, et al. Topographic distribution of tidal ventilation in acute respiratory distress syndrome: effects of positive end expiratory pressure and pressure support. *Crit Care Med* [Internet]. 2013 [citado 15 Sep 2016]; 41:1664-73. Disponible en: <http://mrclinica.com.br/atualizacao-cientifica/distribuicao-topografica-vc-na-sdra.pdf>

89. Grasso S, Stripoli T, Sacchi M, Trerotoli P, Staffieri F, Franchini D, et al. Inhomogeneity of Lung Parenchyma during the Open Lung Strategy A Computed Tomography Scan Study. *Am J Respirat Crit Care Med* [Internet]. 2009 [citado 15 Sep 2014]; 180:415-23. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/rccm.200901-0156OC>
90. Neumann P, Rothen HU, Berglund JE, Valtysson J, Magnusson A, Hedenstierna G. Positive end-expiratory pressure prevents atelectasis during general anaesthesia even in the presence of a high inspired oxygen concentration. *Acta Anaesthesiol Scand* [Internet]. 1999 [citado 6 Feb 2012]; 43:295–301. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1399-6576.1999.430309.x/full>
91. Lichtwarck-Aschoff M, Guttman J, Eberhard L, Fabry B, Birle A. Delayed derecruitment after removal of PEEP patients with acute lung injury. *Acta Anaesthesiol Scand* [Internet]. 1997 [citado 6 Feb 2012]; 41:675-84. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-6576.1997.tb04766.x/full>
92. Reiss LK, Kowallik A, Uhlig S. Recurrent Recruitment Maneuvers Improve Lung Mechanics and Minimize Lung Injury during Mechanical Ventilation of Healthy Mice. *PLoS ONE* [Internet]. 2011 [citado 6 Feb 2014]; 6(9):24527. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3174196/pdf/pone.0024527>.
93. Ko SC, Zhang H, Haitsma JJ, Cheng KC, Li CF, Slutsky AS. Effects of PEEP levels following repeated recruitment maneuvers on ventilator-induced lung injury. *Acta Anaesthesiol Scand* [Internet]. 2008 [citado 6 Feb 2011]; 52:514-

21. Disponible en: [http://www.scielo.br/pdf/rbti/v29n2/en\\_0103-507X-rbti-29-02-0231.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbti/v29n2/en_0103-507X-rbti-29-02-0231.pdf)
94. Correa G. Caracterización de la función pulmonar en pacientes adultos despiertos en ventilación mecánica invasiva con diagnóstico de atelectasia, antes y después de ser reclutados con maniobra de insuflación sostenida. *Ciencia & Salud* [Internet]. 2014 [citado 16 Feb 2016]; 3(9):11-17. <http://www.tecnosaludcmw2017.sld.cu/index.php/socoenf/tecnosalud2017/paper/viewFile/58/66>
95. Maggiore SM, Lellouche F, Pigeot J. Prevention of endotracheal suctioning-induced alveolar derecruitment in acute lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* [Internet]. 2003 [citado 6 Feb 2012]; 167:1215-24. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1164/rccm.200203-195OC>
96. Riva DR, Oliveira MB, Rzezinski AF. Recruitment maneuvers in pulmonary and extrapulmonary experimental acute lung injury. *Crit Care Med* [Internet]. 2009 [citado 6 Feb 2012]; 36:1900-8. Disponible en: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=18496360>
97. Constantin JM, Cayot-Constantin S, Roszyk L. Response to recruitment maneuver influence alveolar fluid clearance in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* [Internet]. 2007 [citado 6 Feb 2012]; 106:944-51. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/data/Journals/JASA/931063/0000542-200705000-00011.pdf>

98. Musch G, Harris RS, Vidal Melo MF. Mechanism by which a sustained inflation can worsen oxygenation in acute lung injury. *Anesthesiol* [Internet]. 2004 [citado 6 Feb 2012]; 100:323-30. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=1942943>
99. Garnero A, Tuxen D, Corno G, Durand-Gasselín J, Hodgson C, Arnal JM. Dynamics of end expiratory lung volume after changing positive end-expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome patients. *Crit Care* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2016]; 19(1):340. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-015-1044-0>
100. Mahmoud KM, Ammar A S. A comparison between two different alveolar recruitment maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome. *Int J Critll Inj Sci* [Internet]. 2011 [citado 6 Feb 2012]; 1(2):114-20. Disponible en : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3249842/>
101. Girgis K, Hamed H, Khater Y, Kacmarek RM. A decremental PEEP trial identifies the PEEP level that maintains oxygenation after lung recruitment. *Respir Care* [Internet]. 2006 [citado 6 Feb 2012]; 51:1132-39. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.559.6113&rep=rep1&type=pdf>
102. Hodgson CI, Tuxen DV, Davies AR, Bailey MJ, Higgins AM, Holland AE, et al. A Positive Response to a Recruitment Maneuver with PEEP Titration in Patients with ARDS, Regardless of Transient Oxygen Desaturation during the Maneuver. *J Intens Care Med* [Internet]. 2011 [citado 6 Feb 2012]; 26(1): 41-

49. Disponible en:  
<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0885066610383953>
103. Monge MI, Gil A, Gracia M, Díaz JC. Cambios respiratorios y hemodinámicos durante una maniobra de reclutamiento pulmonar mediante incrementos y decrementos progresivos de PEEP. Med Int [Internet]. 2012 [citado 16 Mar 2013]; 36(2):77-88. Disponible en:  
<http://scielo.isciii.es/pdf/medinte/v36n2/original2.pdf>
104. Trojik T. Shosholcheva M. Radulovska J. Lovach-Chepujnoska M. Evaluation of effects of repetitive recruitment maneuvers. Acta Inform Med [Internet]. 2012 [citado 16 Mar 2013]; 20(2):85-89. Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3544327/pdf/AIM-20-85.pdf>
105. Hess DR. Respiratory mechanics in mechanically ventilated patients. Respir Care [Internet]. 2014 [citado 16 Jun 2016]; 59(11):1773-94. Disponible en:  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.826.5164&rep=rep1&type=pdf>
106. Rimensberger PC, Cox PN, Frndova H, Bryan AC. The open lung during small tidal volume ventilation: concepts of recruitment and "optimal" positive end-expiratory pressure. Crit Care Med [Internet]. 1999 [citado 6 Feb 2014]; 27:1946-52. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/12792087\\_The\\_open\\_lung\\_during\\_small\\_tidal\\_volume\\_ventilation\\_Concepts\\_of\\_recruitment\\_and\\_optimal\\_positive\\_end-expiratory\\_pressure](https://www.researchgate.net/publication/12792087_The_open_lung_during_small_tidal_volume_ventilation_Concepts_of_recruitment_and_optimal_positive_end-expiratory_pressure)

107. Godet T, Constantin JM, Jaber S, Futier E. How to monitor a recruitment maneuver at the bedside? *Curr Opin Crit Care* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2016]; 21(3):253-8. Disponible en: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=25827586>
108. Becher T, Vogt B, Kott M, Schädler D, Weiler N, Frerichs I. Functional Regions of Interest in Electrical Impedance Tomography: A Secondary Analysis of Two Clinical Studies. *PLoS One* [Internet]. 2016 [citado Jun 2017]; 11(3): [aprox. 5 p.]. Disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4806869/NE11\(3\):e0152267.doi:10.1371/journal.pone.0152267](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4806869/NE11(3):e0152267.doi:10.1371/journal.pone.0152267)
109. Long Y, Liu DW, He HW, Zhao ZQ. Positive End-expiratory Pressure Titration after Alveolar Recruitment Directed by Electrical Impedance Tomography. *Chin Med J* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2016]; 128:1421-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4733776/>
110. Carrillo R, Tapia R, Garrido E, Nava JA, Neri R, Flores OI. Evaluación ultrasonográfica del reclutamiento alveolar. *Rev Asoc Mex Med Crit Ter Int* [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2015]; 28(4):273-8. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2014/ti144i.pdf>
111. Du J, Tan J, Yu K, Wang R. Lung recruitment maneuvers using direct ultrasound guidance: a case study. *Respir Care* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2016]; 60(5):93-6. Disponible en: <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/60/5/e93.full.pdf>

112. Del Sorbo L, Goligher E, McAuley DF, Rubenfeld GD, Brochard LJ, Gattinoni L, et al. Mechanical Ventilation in Adults with Acute Respiratory Distress Syndrome. SYSTEMATIC REVIEW. Ann Am Thorac Soc [Internet]. 2017 [citado 6 Dic 2017]; 14(4):261-70. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/pdf/10.1513/AnnalsATS.201704-345OT>
113. Gil A, Monge M I, Gracia M, Díaz J C. Incidencia, características y evolución del barotrauma durante la ventilación mecánica con apertura pulmonar. Med Intens [Internet]. 2012 [citado 6 Feb 2013]; 36(5):335-42. Disponible en: <http://www.medintensiva.org/index.php?p=watermark&idApp=WMIE&piItem=S0210569111003093&origen=medintensiva&web=medintensiva&urlApp=http://www.medintensiva.org/&estadoItem=S300&idiomaItem=es>
114. Lovas A, Szakmány T. Haemodynamic Effects of Lung Recruitment Maneuvers. Biomed Res Internat [Internet]. 2015 [citado 7 Jun 2017]; ID 478970:7. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/478970/>
115. Lachmann RA, Van Kaam AH, Haitzma JJ, Lachmann B. High positive end-expiratory pressure levels promote bacterial translocation in experimental pneumonia. Intens Care Med [Internet]. 2007 [citado 6 Feb 2011]; 33:1800-4. Disponible en: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00134-007-0749-1>
116. Sahetya SK, Brower RG. Lung Recruitment and Titrated PEEP in Moderate to Severe ARDS Is the Door Closing on the Open Lung? JAMA [Internet]. 2017 [citado 6 Nov 2017]; 318(14):1327-9. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2654890>

117. Koutsoukou A. Recruitment Maneuvers in Acute Respiratory Distress Syndrome: Do They Harm? Health Science J [Internet]. 2015 [citado 12 Feb 2017]; 9(3:2): [aprox. 3 p.]. Disponible en: <http://www.hsj.gr/medicine/recruitment-maneuvers-in-acute-respiratory-distress-syndrome-do-they-harm.pdf>
118. ARDS Definition Task Force. Acute Respiratory Distress Syndrome. The Berlin Definition. JAMA [Internet]. 2012 [citado 13 Jul 2016]; 307(23):2526-33. Disponible en: <http://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/1160659>
119. Flores R. Metodología para la elaboración de procedimientos operacionales normalizados, aplicables al manual de aeródromos. Tesis para obtener el título de ingeniero en aeronáutica. México, D.F. [Internet]. 2013 [citado 13 Jul 2016]:1-138 Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12574/1916%202013.pdf?sequence=1>
120. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. Crit Care Med [Internet]. 1985 Oct [citado 6 Feb 2013]; 13(10):818-29. Disponible en: [https://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwix2c\\_On\\_jWAhVLziYKHRaXAn4QFgg0MAI&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F16749867%2F1433507048%2Fname%2FCritical%2525252BCare%2525252BMedicine%2525252B1985%2525252BKnaus.pdf](https://www.google.com.cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwix2c_On_jWAhVLziYKHRaXAn4QFgg0MAI&url=http%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F16749867%2F1433507048%2Fname%2FCritical%2525252BCare%2525252BMedicine%2525252B1985%2525252BKnaus.pdf)

121. Murray JF, Matthay MA, Luce JM, Flick MR. An expanded definition of the adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Resp Dis* [Internet]. 1988 [citado 6 Feb 2013]; 138:720-3. Disponible en: <http://www.atsjournals.org/doi/full/10.1164/ajrccm/138.3.720>
122. Declaración de Helsinki de la AMM -Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil [Internet]. 2013 octubre [citado 18 agosto 2017]. Disponible en: <http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-investigacion/fd-evaluacion/fd-evaluacion-etica-investigacion/Declaracion-Helsinki-2013-Esp.pdf>
123. Núñez Betancourt A, Ramos Fernández O. Factores pronósticos de mortalidad del síndrome de distrés respiratorio agudo. *Rev Cub Med Int Emerg* [Internet]. 2015 [citado 6 Feb 2016]; 14(2):49-61. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedinteme/cie-2015/cie152g.pdf>
124. Añon JM, Gómez Tello V, González E, Córcoles V, Quintana M, de Lorenzo AG, et al. Pronóstico de los ancianos ventilados mecánicamente en la UCI. *Med Intens* [Internet]. 2013 [citado 6 Feb 2014]; 37(3):149-55. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0210569112001428>
125. Gajic O, Dabbagh O, Park PK. Early identification of patients at risk of acute lung injury: evaluation of lung injury prediction score in a multicenter cohort study. *Am J Respirat Crit Care Med* [Internet]. 2011 [citado 6 Feb 2014]; 183(4):462-70. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3056224/>

126. Spieth PM, Güldner A, Uhlig C, Bluth T, Kiss T, Schultz MJ, et al. Variable versus conventional lung protective mechanical ventilation during open abdominal surgery: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2015]; 15:155. Disponible en: <https://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1745-6215-15-155>
127. Silva PL, Moraes L, Santos RS, Samary C, Ramos MB, Santos CL, et al. Recruitment maneuvers modulate epithelial and endothelial cell response according to acute lung injury etiology. *Crit Care Med* [Internet]. 2013 [citado 6 Feb 2014]; 41:256-65. Disponible en: <https://experts.umn.edu/en/publications/recruitment-maneuvers-modulate-epithelial-and-endothelial-cell-re>
128. Keenan JC, Formenti P, Marini JJ. Lung recruitment in acute respiratory distress syndrome: what is the best strategy? *Curr Opin Crit Care* [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2015]; 20:63-8. Disponible en: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=24335655>
129. Fernández-Bustamante A, Hashimoto S, Serpa Neto A, Moine P, Vidal Melo MF, Repine JE. Perioperative lung protective ventilation in obese patients. *BMC Anesthesiol* [Internet]. 2015 [citado 16 mayo 2016]; 15:56. Disponible en: <https://bmcanesthesiol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12871-015-0032-x?site=bmcanesthesiol.biomedcentral.com>
130. Goldenberg NM, Steinberg BE, Lee WL, Wijeyesundera DN, Kavanagh BP. Lung-protective Ventilation in the Operating Room: Time to Implement?

- Anesthesiol [Internet]. 2014 [citado 6 Feb 2015]; 121(7):184-8. Disponible en: <http://anesthesiology.pubs.asahq.org/article.aspx?articleid=1917687>
131. Ferrando C, Suarez-Sipmann F, Tusman G, León I, Romero E, Gracia E, et al. Open lung approach versus standard protective strategies: Effects on driving pressure and ventilatory efficiency during anesthesia. A pilot, randomized controlled trial. PLoS ONE [Internet]. 2017 [citado 4 Oct 2017]; 12(5): [aprox. 5 p.]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5426745/>
132. Pérez CD, Suárez MBE, Valdés SO, Vázquez VL, Corrales CY, Valdés GI. Valoración del APACHE II inicial como predictor de mortalidad en pacientes ventilados. Rev Cub Med Int Emerg [Internet]. 2017 [citado 12 Nov 2017]; 16(2):80-92. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedinteme/cie-2017/cie172k.pdf>
133. Bellani G, Laffey JG, Pham T, Fan E, Brochard L, Esteban A, et al. Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries. JAMA [Internet]. 2016 [citado 6 Feb 2017]; 315(8):788-800. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2492877>
134. Huh JW, Jung H, Choi HS, Hong SB, Lim CM, Koh Y. Efficacy of positive end-expiratory pressure titration after the alveolar recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome. Crit Care [Internet]. 2009 [citado 6 Feb 2013]; 13:22. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2688140/>

135. Long Y, Liu DW, Zhou X, Liu HZ, Guo ZJ, Huang H, et al. The application of individualized ventilation strategies in acute respiratory distress syndrome. Zhonghua Jie He He Hu Xi ZaZhi [Internet]. 2006 [citado 6 Feb 2013]; 29(8): 549-53. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/6722632\\_The\\_application\\_of\\_individualized\\_ventilation\\_strategies\\_in\\_acute\\_respiratory\\_distress\\_syndrome](https://www.researchgate.net/publication/6722632_The_application_of_individualized_ventilation_strategies_in_acute_respiratory_distress_syndrome)
136. Xi XM, Jiang L, Zhu B. Clinical efficacy and safety of recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome using low tidal volume ventilation: a multicenter randomized controlled clinical trial. Chin Med J [Internet]. 2010 [citado 6 Feb 2015]; 123(21):3100-5. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Xiuming\\_Xi/publication/7656090\\_Effects\\_of\\_recruitment\\_maneuvers\\_with\\_low\\_tidal\\_volume\\_ventilation\\_in\\_patients\\_with\\_acute\\_respiratory\\_distress\\_syndrome/links/55a4b64f08ae81aec9130256.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Xiuming_Xi/publication/7656090_Effects_of_recruitment_maneuvers_with_low_tidal_volume_ventilation_in_patients_with_acute_respiratory_distress_syndrome/links/55a4b64f08ae81aec9130256.pdf)
137. Wang XZ, Lu CJ, Gao FQ, Li XH, Hao F, Ning FY. Comparison of the effects of BiPAP ventilation combined with lung recruitment maneuvers and low tidal volume A/C ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome. Zhonghua Jie He He Hu Xi ZaZhi [Internet]. 2007 [citado 6 Feb 2015]; 30(1): 44-7. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/6479554\\_Comparison\\_of\\_the\\_effects\\_of\\_BiPAP\\_ventilation\\_combined\\_with\\_lung\\_recruitment\\_maneuvers\\_and\\_low\\_tidal\\_volume\\_AC\\_ventilation\\_in\\_patients\\_with\\_acute\\_respiratory\\_distress\\_syndrome](https://www.researchgate.net/publication/6479554_Comparison_of_the_effects_of_BiPAP_ventilation_combined_with_lung_recruitment_maneuvers_and_low_tidal_volume_AC_ventilation_in_patients_with_acute_respiratory_distress_syndrome)

138. Brito A, Alonso PA, Ones A, Retamero A. Comportamiento de la ventilación mecánica en una unidad de cuidados intensivos. Rev Cub Med Int Emerg [Internet]. 2016 [citado 8 mayo 2016]; 15(2):63-8. Disponible en: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=64920>
139. Costa A, Hajjar LA, Volpe MS, Fukushima JT, De Santis Santiago RR, Osawa EA, et al. Effect of Intensive vs Moderate Alveolar Recruitment Strategies Added to Lung-Protective Ventilation on Postoperative Pulmonary Complications A Randomized Clinical Trial. JAMA [Internet]. 2017 [citado 12 Oct 2017]; 317(14):1422-32. Disponible en: [http://www.anesthesiology.emory.edu/documents/PEEP%20jama\\_Costa\\_Lem\\_e\\_2017.pdf](http://www.anesthesiology.emory.edu/documents/PEEP%20jama_Costa_Lem_e_2017.pdf)
140. Arango-Granados MC, Ariz F. Ventilación protectora y maniobras de reclutamiento pulmonar en cirugía mayor. Rev Argent Anestesiología [Internet]. 2016 [citado 22 Mar 2017]; 74(1):1-9. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370779216300023>
141. Sutherasan Y, Vargas M, Pelosi P. Protective mechanical ventilation in the non-injured lung: review and meta-analysis. Crit Care [Internet]. 2014 [citado 17 Mar 2017]; 18(2): [aprox. 10 p.]. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc13778>
142. Sigurdsson MI, Sigvaldason K, Gunnarsson TS, Moller A, Sigurdsson GH. Acute respiratory distress syndrome: nationwide changes in incidence, treatment and mortality over 23 years. Acta Anaesthesiol Scand [Internet].

2013 [citado 6 Feb 2014]; 57(1):37-45. Disponible en:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aas.12001/full>

143. Azevedo LC, Park M, Salluh JI, Rea-Neto A, Souza-Dantas VC, Varaschin P, et al. Clinical outcomes of patients requiring ventilatory support in Brazilian intensive care units: a multicenter, prospective, cohort study. Crit Care [Internet]. 2013 [citado 6 Feb 2014]; 17(2): [aprox. 8 p.]. Disponible en:

<https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc12594>

144. George F, Bernal N, Torres O, Monares E, Aguirre J, Camarena G, et al. Factores pronósticos en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda con base en potencial de reclutamiento alveolar. Rev Asoc Mex Med Crit Ter Int [Internet]. 2015 [citado 9 Feb 2016]; 29(1):22-26. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187->

[84332015000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-84332015000100004&script=sci_arttext)

145. Group for the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial (ART) Investigators. Effect of Lung Recruitment and Titrated Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs Low PEEP on Mortality in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome A Randomized Clinical Trial. JAMA [Internet]. 2017 [citado 6 Nov 2017] Published online September 27, 2017:1-11.

Disponible en:

<https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2654894>

146. Hodgson C, Goligher EC, Young ME, Keating JL, Holland AE, Romero L, et al. Recruitment manoeuvres for adults with acute respiratory distress syndrome receiving mechanical ventilation. Cochrane Database of Systematic Reviews

- [Internet]. 2016 [citado 28 Nov 2017], 11:1-52. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD006667.pub3/pdf>
147. Goligher E, Hodgson CL, Adhikari NK, O. Meade, Wunsch H, Uleryk E, et al. Lung Recruitment Maneuvers for Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals ATS* [Internet]. 2017 [citado 21 Nov 2017]; 14 (4):304-11. Disponible en: [http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1513/AnnalsATS.201704-340OT?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:crossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%3dpubmed](http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1513/AnnalsATS.201704-340OT?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed)
148. Boriosi JP, Cohen RA, Summers E, Sapru A, Hanson JH, Gildengorin G, et al. Evaluation of effects of repetitive recruitment maneuvers. *Acta Inform Med* [Internet]. 2012 [citado 6 Feb 2013]; 20(2):85-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3544327/>
149. Das A, Cole O, Chikhani M, Wang W, Ali T, Haque M, et al. Evaluation of lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome using computer simulation. *Critical Care* [Internet]. 2015 [citado 7 Oct 2016]: [aprox. 9 p.]. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-014-0723-6>
150. Nieman GF, Satalin J, Andrews P, Aiash H, Habashi NM, Gatto LA. Personalizing mechanical ventilation according to physiologic parameters to stabilize alveoli and minimize ventilator induced lung injury (VILI). *Inten Care Med Experiment* [Internet]. 2017 [citado 22 May 2017]; 5: [aprox. 7 p.]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5289131/>

151. Gattinoni L, Carlesso E, Cressoni M. Selecting the 'right' positive end-expiratory pressure level. *Curr Opin Crit Care* [Internet]. 2015 [citado 4 Mar 2016]; 21(1):50-7. Disponible en: <http://maryland.ccproject.com/wp-content/uploads/sites/8/2015/07/Gattinoni-2015-Selecting-the-right-positive-end-expiratory-pressure-level.pdf>
152. Clark PA, Lettieri CJ. Clinical model for predicting prolonged mechanical ventilation. *J Crit Care* [Internet]. 2013 [citado 26 Feb 2014]; 28(5):1-7. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883944113000749>
153. Jabaudon M, Hamroun N, Roszyk L, Guerin R, Bazin JE, Sapin V, et al. Effects of a recruitment maneuver on plasma levels of soluble RAGE in patients with diffuse acute respiratory distress syndrome: a prospective randomized crossover study. *Intensive Care Med* [Internet]. 2015 [citado 2 Feb 2017]; 41:846-55. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00134-015-3726-0.pdf>
154. Alí A, Ortiz G, Dueñas C. Consenso colombiano de neumonía nosocomial 2013. *Infectio* [Internet]. 2013 [citado 14 Mar 2017]; 17:6-18. Disponible en: [https://ac.els-cdn.com/S0123939213700432/1-s2.0-S0123939213700432-main.pdf?\\_tid=590610e6-d545-11e7-be66-0000aab0f27&acdnat=1511988136\\_30860625a2de433de83ccc04bc644423](https://ac.els-cdn.com/S0123939213700432/1-s2.0-S0123939213700432-main.pdf?_tid=590610e6-d545-11e7-be66-0000aab0f27&acdnat=1511988136_30860625a2de433de83ccc04bc644423)
155. Delgado RI, Hernández A, Hernández JA, Vinent JA, Alcalde GR. Caracterización de los pacientes quirúrgicos con necesidad de ventilación mecánica. *AMC* [Internet]. 2015 [citado 14 Mar 2016]; 19 (6):9-15. Disponible

en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552015000600002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552015000600002)

156. Karcz M, Schwaiberger D, Haitisma J, Papadakos P. Lung Recruitment in Trauma Patients. Arch Crit Care Med [Internet]. 2015 [citado 14 Mar 2016]; 1(3):76-81 Disponible en: [http://cdn.neoscriber.org/cdn/serve/80/29/8029742cce438d85b42d6874c0d46f1b8f1ee58d/accm-In\\_Press-In\\_Press-2210.pdf](http://cdn.neoscriber.org/cdn/serve/80/29/8029742cce438d85b42d6874c0d46f1b8f1ee58d/accm-In_Press-In_Press-2210.pdf)
157. Das A, Haque M, Chikhani M, Cole O, Wenfei Wang W, Jonathan G. Hardman Jg. Hemodynamic effects of lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. BMC Pulm Med [Internet]. 2017 [citado 12 Nov 2017]; 17: [aprox. 8 p.]. Disponible en: <https://bmcpulmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-017-0369-7>
158. Kacmarek RM, Villar J, Sulemanji D, Montiel R, Ferrando C, Blanco J, et al. Open lung approach for the acute respiratory distress syndrome: a pilot, randomized controlled trial. Crit Care Med [Internet]. 2016 [citado 21 Nov 2017]; 44(1):32-42. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/283748635\\_Open\\_Lung\\_Approach\\_f\\_or\\_the\\_Acute\\_Respiratory\\_Distress\\_Syndrome](https://www.researchgate.net/publication/283748635_Open_Lung_Approach_f_or_the_Acute_Respiratory_Distress_Syndrome)
159. Cavalcanti, AB, Suzumura EA, Abreu M, Ribeiro GF, Kodama A, Moreira F, et al. Alveolar Recruitment for ARDS Trial: preliminary results. Crit Care [Internet]. 2013 [citado 21 Oct 2014]; 17(2): [aprox. 11 p.]. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc12047>

160. Cruces P, Donoso A, Valenzuela J, Díaz F. Respiratory and Hemodynamic Effects of a Stepwise Lung Recruitment Maneuver in Pediatric ARDS: A Feasibility Study Pediatric Pulmonology [Internet]. 2013 [citado 25 Nov 2015]; 48:1135-43. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppul.22729/pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados de la revisión bibliográfica realizada por el autor

Tabla 1. Distribución de los artículos según los objetivos de salida evaluados.

Variables evaluadas	Nº de artículos	%
Mortalidad	3	5,9
Índice de Oxigenación	27	52,9
Índices de oxigenación y mecánica de ventilación	21	41,2
Total	51	100

Tabla 2. Técnicas de MRA empleadas en los trabajos revisados.

Técnicas de la MRA	Nº de artículos	%
Incremento de volumen	0	0
Aumento de presión inspiratoria	10	19,6
Uso de CPAP	18	35,3
Incremento de PEEP	23	45,1
Total	51	100

Tabla 3. Distribución de los artículos según el nivel de presión usado en las diferentes técnicas de MRA.

Técnica de reclutamiento	Nº de artículos	Presión (cm H <sub>2</sub> O)		
		Mínima	Máxima	Media
Presión de reclutamiento	10	40	60	45,50
CPAP de reclutamiento	18	30	45	40,00
PEEP de reclutamiento	23	15	45	28,20

**Tabla 4. Distribución de los artículos según el modo de reclutamiento.**

<b>Insuflación sostenida</b>	<b>Nº de artículos</b>	<b>%</b>
<b>Si</b>	30	58,8
<b>No</b>	21	41,2
<b>Total</b>	51	100

**Tabla 5. Distribución de los artículos según la frecuencia diaria de las MRA.**

<b>Frecuencia diaria</b>	<b>Nº de artículos</b>	<b>%</b>
<b>No aparece</b>	40	78,4
<b>1 a 3</b>	7	13,7
<b>Más de 3</b>	4	7,8
<b>Total</b>	51	100

**Tabla 6. Distribución de los artículos según el tiempo de duración de la MRA.**

<b>Duración de la MRA</b>	<b>Nº de artículos</b>	<b>%</b>
<b>Menos 1 Minuto</b>	30	58,8
<b>1-2 Minutos</b>	10	19,6
<b>Más 2 Minutos</b>	7	13,7
<b>No se recoge</b>	4	7,8
<b>Total</b>	51	100

## Anexo 2. Ficha para la recolección de datos

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_ H.C: \_\_\_\_\_

Fecha de inclusión: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_

I. a) Antecedentes patológicos personales:

b) Diagnóstico que motivó el ingreso:

c) Causa de la ventilación:

Asma Bronquial:

EPOC:

Enfermedades neurológicas y neuromusculares:

Estado postoperatorio con pulmones sanos:

SDRA: Pulmonar: Extrapulmonar:

EAP:

Otras:

II. a) Parámetros clínicos:

Frecuencia cardíaca: Presión arterial media: Temperatura:

Frecuencia respiratoria: Escala de Glasgow:

b) Complementarios:

Hto: Conteo de leucocitos: Creatinina: Potasio sérico:

Sodio sérico: Bicarbonato de sodio: pH arterial: PO<sub>2</sub> arterial:

Rx de tórax:

c) Parámetros ventilatorios:

FiO<sub>2</sub>: PEEP: VC: Presión meseta: Compliancia pulmonar:

D(A-a)O<sub>2</sub>: Relación PO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>:

d) Valores de las escalas:

Puntaje de APACHE II:      APACHE II predicho:      APACHE II ajustado:

LIS: <1,1:      1,1 – 2,4:      2,5 – 3,5:      >3,5:

Escala de Berlín. Ligeramente:      Moderado:      Severo:

II. Datos relacionados con la variable independiente:

a) Número de maniobras realizadas:

b) PEEP máxima usada para la maniobra:

III. Datos relacionados con las variables dependientes:

a) Días de ventilación:

b) Estadía en UCI:

c) Egreso:      Vivo:      Fallecido:

d) Complicaciones durante la ventilación:

Sin complicaciones:

NAV:      NAV + Atelectasia:      Atelectasias:      Barotraumas:      Otras:

e) Efectos adversos de la maniobra:

Hipotensión:      Episodios de desaturación:      Arritmias:

Hipotensión + desaturación:      Barotraumas:

### **Anexo 3. Consentimiento informado**

#### **HOSPITAL GENERAL PROVINCIAL DOCENTE**

**Dr. ANTONIO LUACES IRAOLA**

#### **CIEGO DE ÁVILA**

Este documento sirve para que usted, como representante del paciente, de su consentimiento para aplicar esta maniobra ventilatoria. Antes de firmar, es importante que lea la siguiente información.

#### **1. PROCEDIMIENTO**

Las maniobras de reclutamiento alveolar son procedimientos médicos que se utilizan en todo el mundo. Consisten en un incremento de las presiones en las vías aéreas de los pacientes que se encuentran con respiración artificial con el objetivo de lograr la apertura de las áreas pulmonares colapsadas. Se conoce que con esta intervención se logra mejorar la oxigenación con pocos efectos adversos, pero no se ha demostrado que influyan de forma positiva en los días de ventilación y la mortalidad.

#### **2. APLICACIÓN DE UN FLUJOGRAMA DE ACTUACIÓN**

Para aplicar las maniobras se seguirá un flujograma de actuación clínica que incluye un grupo de aspectos encaminados a evitar los posibles efectos adversos y la monitorización continua de los parámetros necesarios para su diagnóstico.

Se considera que la maniobra ventilatoria propuesta no solo logra mejorar la oxigenación del paciente, sino que disminuyan las complicaciones de la ventilación artificial, los días de ventilación, los días de ingreso en terapia y la mortalidad.

## RIESGOS

Los riesgos de las maniobras de reclutamientos son pocos y no graves, pero con el aumento de las presiones se pueden producir rupturas de las vías aéreas y descensos de la presión arterial de forma transitoria.

## UTILIZACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

Los pacientes entrarán en un estudio cuyos datos serán analizados y procesados con fines científicos, se preservará la confidencialidad y el anonimato y quedarán a disposición de cualquier información suplementaria.

Su médico de asistencia estará dispuesto a brindar información complementaria.

El familiar, después de comprender todo lo anterior, da su consentimiento en uso de sus facultades, libre y de forma voluntaria. Para que conste, firma el presente documento.

Ciego de Ávila. Cuba. Día \_\_\_\_\_mes\_\_\_\_\_ año \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma del familiar

\_\_\_\_\_

Firma del médico

En caso de urgencia contactar a Dr. Julio Guirola de la Parra. Teléfono: 202079.

Dirección: República 529-A, Vista Alegre. Ciego de Ávila. Cuba.

**Anexo 4. Análisis estadístico de los resultados de la aplicación de la nueva variante de maniobra de reclutamiento alveolar**

**Tabla 7. Comparación de la edad y la escala de Apache II entre el grupo experimental y el control histórico.**

**Estadísticos de grupo**

	<b>Grupos</b>	<b>Nº</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Error típico de la media</b>
<b>Edad en años</b>	sin MRA	97	53,48	20,169	2,048
	con MRA	101	58,40	15,601	1,552

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Edad en años	Se han asumido varianzas iguales	9,520	,002	-1,921	196	,056	-4,912	2,557	-9,954	,131
	No se han asumido varianzas iguales			-1,911	180,740	,058	-4,912	2,570	-9,982	,159

	<b>Grupos</b>	<b>Nº</b>	<b>Medias de los Rangos</b>	<b>Suma de los Rangos</b>
<b>Puntuación APACHE II</b>	sin MRA	97	93,83	9101,5
	con MRA	101	104,95	10599,5
	Total	198		
<b>Predicha APACHE II</b>	sin MRA	97	97,34	9442,0
	con MRA	101	101,57	10259,0
	Total	198		
<b>Ajustado APACHE II</b>	sin MRA	97	98,99	9602,0
	con MRA	101	99,99	10099,0
	Total	198		

### Pruebas estadísticas

	<b>Puntuación Apache II</b>	<b>APACHE predicho</b>	<b>APACHE ajustado</b>
<b>Mann-Whitney U</b>	4348,500	4689,000	4849,000
<b>Wilcoxon W</b>	9101,500	9442,000	9602,000
<b>Z</b>	-1,366	-.520	-.123
<b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>	.172	.603	.902

Tabla 8. Distribución de los pacientes según las causas de VMA por grupos.

<b>Causas de VMA</b>	<b>Grupos</b>		<b>Total</b>
	<b>sin MRA</b>	<b>con MRA</b>	
<b>SDRA extrapulmonar</b>	40	40	80
<b>SDRA intrapulmonar</b>	23	25	48
<b>Enfermedad neuromuscular</b>	8	10	18
<b>SPO</b>	12	11	23
<b>EAP</b>	5	9	14
<b>Otras</b>	9	6	15
<b>Total</b>	97	101	198

### Pruebas de chi-cuadrado

	<b>Valor</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. asintótica (bilateral)</b>
<b>Chi-cuadrado de Pearson</b>	2,012(a)	5	,847
<b>Razón de verosimilitudes</b>	2,032	5	,845
<b>Asociación lineal por lineal</b>	,006	1	,939
<b>N de casos válidos</b>	198		

Tabla 9. Escala de daño pulmonar (LIS) por grupos.

### Rangos

	<b>Grupos</b>	<b>Nº</b>	<b>Rangos promedio</b>	<b>Suma de rangos</b>
<b><u>Lung Injury Score</u></b>	sin MRA	97	95,60	9273,5
	con MRA	101	103,24	10427,5
	Total	198		

### Prueba estadística

	<u>Lung Injury Score</u>
U de Mann-Whitney	4520,5
W de Wilcoxon	9273,5
Z	-1,041
Sig. asintót. (bilateral)	,298

Tabla 10. Distribución de los pacientes según la clasificación de Berlín por grupos.

	Grupos	Nº	Media de los rangos	Suma de los rangos
Berlín	sin MRA	97	99,99	9699,0
	con MRA	101	99,03	10002,0
	Total	198		

### Pruebas estadísticas

	Berlín
Mann-Whitney U	4851,0
Wilcoxon W	10002,0
Z	-,125
Asymp. Sig. (2-tailed)	,901

Tabla 11. Distribución de las medias de los días con VMA y en UCI en los grupos en estudio.

### Rangos

	Grupos	Nº de pacientes	Rangos promedios	Suma de rangos
Días en ventilación mecánica	sin MRA	97	102,76	9968,0
	con MRA	101	96,37	9733,0
	Total	198		
Estadía en UCI (días)	sin MRA	97	98,15	9520,5
	con MRA	101	100,80	10180,5
	Total	198		

### Estadísticos de contraste

	Días en ventilación mecánica	Estadía en UCI (días)
<b>U de Mann-Whitney</b>	4582,0	4767,50
<b>W de Wilcoxon</b>	9733,0	9520,50
<b>Z</b>	-,790	-,326
<b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	,430	,744

Tabla 12. Estadía ventilatoria y en la UCI en los pacientes vivos de los grupos en estudio.

### Rangos

	Grupos	Nº de pacientes	Rangos promedios	Suma de rangos
<b>Días en ventilación mecánica</b>	sin MRA	46	61,71	2838,5
	con MRA	63	50,10	3156,5
	Total	109		
<b>Estadía en UCI (días)</b>	sin MRA	46	60,95	2803,5
	con MRA	63	50,66	3191,5
	Total	109		

### Estadísticos de contraste

	Días en ventilación mecánica	Estadía en UCI (días)
<b>U de Mann-Whitney</b>	1140,5	1175,5
<b>W de Wilcoxon</b>	3156,5	3191,5
<b>Z</b>	-1,908	-1,686
<b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	,056	,092

a. Variable de agrupación: grupos

Tabla 13. Estadía ventilatoria y en la UCI en los fallecidos de los grupos en estudio.

	Grupos	Nº de pacientes	Rangos promedios	Suma de rangos
Días en ventilación mecánica	sin MRA	51	41,69	2126,0
	con MRA	38	49,45	1879,0
	Total	89		
Estadía en UCI (días)	sin MRA	51	40,78	2080,0
	con MRA	38	50,66	1925,0
	Total	89		

#### Estadísticos de contraste

	Días en ventilación mecánica	Estadía en UCI (días)
U de Mann-Whitney	800,0	754,0
W de Wilcoxon	2126,0	2080,0
Z	-1,411	-1,792
Sig. asintót. (bilateral)	,158	,073

Tabla 14. Mortalidad por grupo.

Grupos	Mortalidad		Total
	vivos	fallecidos	
sin MRA	46	51	97
con MRA	63	38	101
Total	109	89	198

#### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4,471 <sup>a</sup>	1	,034		
Corrección por continuidad	3,887	1	,049		
Razón de verosimilitudes	4,487	1	,034		

<b>Estadístico exacto de Fisher</b>				,045	,024
<b>Asociación lineal por lineal</b>	4,449	1		,035	
<b>Nº de casos válidos</b>	198				
a. 0 casillas (0,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 43,60.					
b. Calculado sólo para una tabla de 2x2.					

**Tabla 15. Función de supervivencia acumulada de Kaplan-Meier.**

**Resumen del procesamiento de los casos**

Grupos	Nº total	Nº de eventos	Censurado	
			Nº	Porcentaje
<b>sin MRA</b>	97	51	46	47,4
<b>con MRA</b>	101	38	63	62,4
<b>Global</b>	198	89	109	55,1

**Medias y medianas del tiempo de supervivencia**

Grupos	Media				Mediana			
	Estima ción	Error típico	Intervalo de confianza al 95%		Estima ción	Error típico	Intervalo de confianza al 95%	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
<b>sin MRA</b>	14,987	1,812	11,436	18,538	8,000	1,036	5,970	10,030
<b>con MRA</b>	21,634	2,969	15,815	27,454	18,000	5,387	7,442	28,558
<b>Global</b>	18,974	2,041	14,974	22,974	12,000	2,991	6,138	17,862

a. La estimación se limita al mayor tiempo de supervivencia si se ha censurado.

**Comparaciones globales**

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
<b>Tarone-Ware</b>	6,918	1	,009

Prueba de igualdad de distribuciones de supervivencia para diferentes niveles de grupos.

**Tabla 16. Complicaciones de la VMA por grupos.**

Complicaciones de la VMA	Grupos		Total
	sin MRA	con MRA	
Sin complicaciones	60	83	143
NAV	21	10	31
Atelectasias	14	5	19
Otras	2	3	5
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>101</b>	<b>198</b>

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	Gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	9,079	3	,028
Razón de verosimilitudes	9,317	3	,025
Asociación lineal por lineal	3,672	1	,055
Nº de casos válidos	198		

**Tabla 17. Efectos adversos atribuibles a las MRA.**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Sin efectos adversos	74	73,3	73,3	73,3
Hipotensión	19	18,8	18,8	92,1
Barotrauma	1	1,0	1,0	93,1
Hipotensión + desaturación	6	5,9	5,9	99,0
Arritmias	1	1,0	1,0	100
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	