



## PUESTA AL DÍA EN MEDICINA INTENSIVA: VENTILACIÓN MECÁNICA EN DIFERENTES ENTIDADES

# Maniobras de reclutamiento alveolar en el síndrome de distrés respiratorio agudo

Á. Algaba<sup>a</sup>, N. Nin<sup>a,b,c,d,\*</sup> y por el GT-IRA de la SEMICYUC

<sup>a</sup> Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario de Torrejón, Madrid, España

<sup>b</sup> Ciber de Enfermedades Respiratorias (CIBERES), ISCIII, Madrid, España

<sup>c</sup> Fundación para la Investigación Biomédica, Hospital Universitario de Getafe, Madrid, España

<sup>d</sup> Departamento de Fisiopatología, Hospital de Clínicas, UDELAR, Montevideo, Uruguay

Recibido el 13 de diciembre de 2012; aceptado el 30 de enero de 2013

Disponible en Internet el 23 de marzo de 2013

### PALABRAS CLAVE

Síndrome de distrés respiratorio agudo;  
Reclutamiento;  
Ventilación mecánica

### KEYWORDS

Acute respiratory distress syndrome;  
Recruitment;  
Mechanical ventilation

**Resumen** En los pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo, la heterogeneidad en el llenado del parénquima pulmonar da lugar a que existan tanto áreas distendidas como colapsadas. Las estrategias de ventilación protectora basadas en el empleo de volúmenes bajos han mostrado en este contexto un aumento de supervivencia. Para abrir el pulmón, además de usar la PEEP, se emplean las maniobras de reclutamiento, todavía en debate.

En la presente revisión se analizan los fundamentos y técnicas para realizar reclutamiento alveolar, considerando la gran variabilidad que existe en cuanto a cómo aplicarlas y los distintos factores que influyen en la respuesta a las mismas.

© 2012 Elsevier España, S.L. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

### Alveolar recruitment maneuvers in respiratory distress syndrome

**Abstract** In patients with acute respiratory distress syndrome, heterogeneity in filling of the lung parenchyma results in collapsed or distended lung areas. Protective ventilation strategies based on the use of low volumes have been shown to increase survival in this context. For opening the lung, and in addition to PEEP, recruitment maneuvers are used—this practice remaining the subject of debate.

The present review offers an update on the alveolar recruitment techniques, considering the great variability that exists in the application of these maneuvers, and the different factors that influence the response to maneuvering.

© 2012 Elsevier España, S.L. and SEMICYUC. All rights reserved.

## Fundamentos

El síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) sigue constituyendo una causa importante de insuficiencia respiratoria

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [nnin@torrejonsalud.com](mailto:nnin@torrejonsalud.com) (N. Nin).

severa, con una mortalidad que alcanza el 30-60% según diferentes estudios<sup>1,2</sup>. Se calcula que los pacientes con SDRA suponen hasta un 10-15% de los enfermos ingresados en UCI y un 20% de los que reciben ventilación mecánica durante más de 24 h<sup>3</sup>.

El concepto de *babylung* hace referencia a la gran heterogeneidad del parénquima pulmonar en esta patología. Algunas regiones pulmonares están relativamente bien aireadas y participan en el intercambio gaseoso, mientras que otras se encuentran colapsadas, ya sea por contenido inflamatorio en el interior de los alvéolos ya por aumento de presión intersticial y del peso del tejido pulmonar. De esta forma, en las zonas pulmonares dependientes, en decúbito supino a nivel dorsal, hay peor aireación que en las no dependientes, a nivel esternal. Esto conduce a un llenado alveolar muy heterogéneo. Gran parte de la investigación en el tratamiento del SDRA se ha dirigido a establecer estrategias de ventilación protectora basadas en el uso de volúmenes corrientes bajos, que han mostrado un aumento de supervivencia<sup>4</sup>. Sin embargo, ese volumen puede favorecer el colapso alveolar progresivo, por apertura y cierre cíclico, lo cual aumenta la lesión pulmonar. La aplicación de presión positiva al final de la espiración (PEEP) puede estabilizar el alvéolo, al evitar la repetición continua de apertura y colapso del parénquima. En función de la evidencia disponible, se han observado a lo largo de los años modificaciones en los parámetros de ventilación mecánica pautados, con el uso de un menor volumen corriente y un nivel mayor de PEEP<sup>5</sup>. Mientras que en el cálculo del volumen *tidal* existe más consenso, resulta menos conocido qué niveles de PEEP deben aplicarse de forma individual. Se han realizado varios ensayos analizando el empleo de PEEP alta o baja en pacientes con SDRA, que sugieren que una PEEP elevada se asocia con aumento de supervivencia en los pacientes con SDRA<sup>6</sup>. Por otro lado, un nivel de PEEP excesivo puede agravar el daño al distender regiones que ya estaban abiertas y dar lugar a efectos hemodinámicos adversos<sup>7</sup>. Para lograr «abrir el pulmón y mantenerlo abierto»<sup>8</sup> se emplean asociadas a la PEEP las maniobras de reclutamiento alveolar (RA), cuya eficacia sigue en debate<sup>9,10</sup>.

## Definición y fisiopatología

El RA se define como la reexpansión de áreas pulmonares previamente colapsadas mediante un incremento breve y controlado de la presión transpulmonar<sup>11</sup>. Está dirigido a crear y mantener una situación libre de colapso con el fin de aumentar el volumen al final de la espiración y mejorar el intercambio gaseoso.

Existen diversos trabajos experimentales desde los años 70 en los que se estudia la relación del volumen y presión dentro del alvéolo con su forma y tamaño, y cómo afectan los cambios de volumen a la estructura alveolar<sup>12</sup>. Day et al., en 1952, aplicaron diferentes niveles de presión para revertir atelectasias en pulmones animales, y observaron que las presiones bajas no son eficaces aunque se mantengan durante un tiempo prolongado, mientras que las presiones elevadas sí logran abrir el pulmón pero resultan dañinas si persisten en el tiempo<sup>13</sup>. Concluyeron que para abrir un pulmón atelectásico 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.

El RA, por tanto, tiene 2 componentes fundamentales: el nivel de presión aplicado y el tiempo durante el que se mantiene<sup>14</sup>. El aumento de presión transpulmonar, más exactamente transalveolar, dará lugar a la apertura de las unidades alveolares terminales según su presión crítica, siendo muy variable según su localización. Se ha observado que la presión crítica de apertura es baja en regiones no dependientes, alta en las dependientes e intermedia en los territorios limítrofes<sup>15</sup>. Se considera que, según la teoría del «pulmón abierto», toda la masa pulmonar podría ser reabierto en la fase precoz del SDRA si se aplica la presión transalveolar suficiente<sup>8</sup>. Según modelos matemáticos y experimentales para conseguir un reclutamiento completo es necesario aplicar presiones en vía aérea mayores de 40 cmH<sub>2</sub>O.

En algunos estudios las maniobras de RA se hacen guiadas por estudio radiológico con TAC. Gattinoni et al. estudiaron la relación entre el porcentaje de pulmón potencialmente reclutable (medido por TAC) y los efectos clínicos y fisiológicos de distintos niveles de PEEP en 68 pacientes con SDRA<sup>16</sup>. Observaron que el porcentaje de pulmón potencialmente reclutable varía mucho de un paciente a otro, siendo como media del 13 ± 11%, y que dicho parámetro se relaciona con la respuesta a la PEEP, por lo que resultaría muy beneficioso conocer la capacidad de reclutamiento del pulmón antes de pautar los parámetros de ventilación. Los pacientes con mayor tejido reclutable tenían peor oxigenación y complianza, mayor espacio muerto y mayor mortalidad. Sin embargo, no es posible saber a pie de cama la capacidad de reclutamiento de un paciente concreto. Costa et al. realizaron un algoritmo basado en la tomografía de impedancia para estimar el colapso alveolar reclutable y la hiperdistensión, similar al observado con TAC pero sin necesidad de trasladar al enfermo<sup>17</sup>. Con dicho algoritmo se titulaba la PEEP de forma individual. Otros trabajos han analizado la curva presión-volumen y en especial la histéresis de la misma como predictora de la capacidad de reclutamiento del pulmón<sup>15,18</sup>. Se ha observado que el reclutamiento ocurre a lo largo de toda la curva de presión-volumen, incluso por encima del punto superior de inflexión<sup>15</sup>. En sí misma, la histéresis refleja el volumen reclutado; por lo que, a mayor histéresis de la curva, más capacidad de RA existirá<sup>18</sup>.

Relacionado con el empleo de pruebas complementarias de imagen, Tomicic et al. diferencian el reclutamiento anatómico del funcional<sup>19</sup>. El primero hace referencia al tejido en el que se logra revertir el colapso, que se puede evaluar con TAC. El funcional se relaciona con la mejoría del *shunt* intrapulmonar. El hecho de airear zonas pulmonares que previamente estaban colapsadas no indica que de forma directa mejore el intercambio gaseoso, puesto que durante un reclutamiento parcial parte de la perfusión de esas unidades puede ser desplazada hacia otras colapsadas y quedar contrarrestados ambos efectos. El aumento de la oxigenación dependerá de los cambios en la relación ventilación-perfusión que se produzcan. Independientemente del efecto sobre la oxigenación, se considera que el RA, al aumentar el tejido aireado, contribuye a minimizar la heterogeneidad del pulmón y evitar la apertura y cierre cíclicos, lo que puede prevenir la lesión pulmonar asociada a ventilación mecánica<sup>20</sup>.

## Cómo se hace el reclutamiento alveolar

La técnica empleada para realizar el RA y los resultados derivados de su aplicación son muy heterogéneos entre los distintos estudios, tanto en la modalidad como en el momento y tiempo en que se aplican (tabla 1). Se pueden emplear tanto modos de ventilación mecánica convencional, como otras alternativas.

En cuanto a las modalidades de ventilación convencional, pueden separarse en 4 grandes grupos<sup>20-22</sup>:

1. CPAP mantenida: se alcanza una presión determinada durante 20-40s, habitualmente 35-50 cmH<sub>2</sub>O. La combinación más común es la aplicación de 40 cmH<sub>2</sub>O durante 40s. Durante ese tiempo, se debe dejar en 0 cmH<sub>2</sub>O la presión de soporte para evitar barotrauma. Se trata de la técnica más empleada<sup>23-30</sup>.
2. Suspiros: aumento de volumen corriente o PEEP durante una o varias respiraciones, ajustándolos para alcanzar una presión meseta específica<sup>31-33</sup>.
3. Suspiro prolongado: considera la interacción entre la presión y el tiempo. Se trata de un aumento progresivo de la PEEP junto con disminución del volumen *tidal* durante un tiempo más prolongado<sup>34,35</sup>.
4. Ventilación en presión control, manteniendo un delta de presión (habitualmente 15 cmH<sub>2</sub>O) que garantice un volumen corriente, con incrementos progresivos de PEEP. Algunos autores llegan a realizar las denominadas maniobras de máximo reclutamiento, que alcanzan presiones mucho más elevadas pero de forma gradual, y que en algunos casos se siguen de un descenso paulatino de presión que sirve para pautar la PEEP óptima individual después de reclutar el pulmón<sup>36-38</sup>.

Relacionado también con la ventilación controlada por presión, se estudia la ventilación con «pulmón abierto» o apertura pulmonar, que se basa en la realización precoz de maniobras de reclutamiento pulmonar, pautar suficiente PEEP para abrir el mayor número posible de alvéolos y ventilar con la menor presión de distensión pulmonar posible<sup>39-41</sup>.

## Otras técnicas

- Ventilación de alta frecuencia: comparada con los modos de ventilación mecánica convencional, la alta frecuencia da lugar a presiones medias en la vía aérea más elevadas, lo que limita el cierre cíclico alveolar y aumenta el volumen pulmonar al final de la espiración<sup>42</sup>. Algunos trabajos han estudiado la combinación de ventilación de alta frecuencia con maniobras de CPAP mantenida para potenciar su efecto en el RA<sup>43</sup>.
- Ventilación líquida: desde un punto de vista puramente teórico, el relleno parcial de los pulmones con perflurocarbono dará lugar al reclutamiento progresivo del parénquima, comenzando en las zonas dependientes. Se ha estudiado en animales la distribución de líquido y gas con distintas presiones de ventilación<sup>44</sup>. En pacientes no se ha observado mejoría usando esta técnica<sup>45</sup>.
- Ventilación en decúbito prono: el decúbito prono varía la distribución del gradiente de presión transpulmonar, y da lugar a un llenado alveolar más homogéneo; sin embargo

no varía sustancialmente la perfusión, por lo que se produce una mejor relación ventilación-perfusión<sup>46</sup>. En sí mismo, el prono puede considerarse como una forma de reclutamiento. Si además se utiliza alguna de las técnicas comentadas de ventilación convencional, se producirá una expansión más uniforme de las presiones aplicadas<sup>33,46,47</sup>.

## Heterogeneidad de los estudios

Existen múltiples estudios, tanto en animales como en pacientes, que aplican distintas técnicas para el RA, con protocolos muy dispares. Los estudios resultan tan heterogéneos en cuanto a las maniobras realizadas, tipo de paciente, parámetros etc., que resulta imposible comparar entre sí distintas técnicas de reclutamiento. Constantin et al. compararon CPAP 40 cmH<sub>2</sub>O durante 40s con suspiro prolongado, y observaron que la segunda maniobra aumentaba en mayor medida la oxigenación y conseguía reclutar más tejido pulmonar<sup>48</sup>. Mahmoud y Ammar compararon también CPAP mantenida con suspiro prolongado, encontrando mejores resultados y tolerancia con el suspiro prolongado<sup>49</sup>. Badet et al. aplicaron en 12 pacientes con SDRA y ventilación protectora 3 formas distintas de RA después de analizar la PEEP óptima: ventilación con ese nivel de PEEP, añadiendo insuflación mantenida y suspiros<sup>50</sup>. Observaron un mayor aumento de oxigenación y complianza estática con la tercera modalidad, al añadir suspiros. En los últimos años se está observando en trabajos experimentales que realizar las maniobras de reclutamiento de forma más lenta y progresiva, subiendo la presión a lo largo de varios pasos o en forma de rampa hasta llegar al objetivo, ofrece mejores resultados y menor afectación hemodinámica<sup>51</sup>. En pacientes, la ventilación por presión con incrementos y decrementos de la presión sigue esa misma línea<sup>52</sup>.

De forma ideal, las maniobras de reclutamiento deberían realizarse con el paciente sedorrelajado, FiO<sub>2</sub> del 100% y con estabilidad hemodinámica. En el metaanálisis realizado por Fan et al. se observa que esos factores a menudo no se cumplen o no quedan recogidos<sup>21</sup>. Tampoco existen trabajos en los que se describa el porcentaje de pacientes con SDRA en los que se aplica RA. Todos estos factores dificultan en gran medida las conclusiones acerca de la utilidad de las maniobras de RA en los pacientes con SDRA.

## Variabilidad de respuesta a las maniobras de reclutamiento

La respuesta al RA es variable en función de diversos factores individuales del paciente y de las características del SDRA:

1. Origen del SDRA: se han encontrado diferencias entre el SDRA de origen pulmonar o extrapulmonar, observando más eficacia en el extrapulmonar<sup>15,31,35,52</sup>. Este efecto parece ser secundario a una menor afectación al menos de inicio intra-alveolar, con predominio de edema intersticial, lo que parece asociarse a mayor capacidad de reclutamiento. Sin embargo, la ocupación del interior del alvéolo como sucedería, por ejemplo, en una neumonía da lugar a que exista menos tejido reclutable. Borges et al. por el contrario encuentran una capacidad de reclutamiento similar independientemente

**Tabla 1** Técnica empleada para realizar el reclutamiento alveolar y resultados derivados de su aplicación

Autor (año)	n	Técnica de reclutamiento	Momento de reclutamiento	Resultados principales	Efectos adversos
Amato et al. <sup>23</sup> (1998)	53 (RA en 29 pacientes)	Dentro de estrategia protectora, maniobras reclutamiento: CPAP 35-40 cmH <sub>2</sub> O durante 40 s	Frecuentemente, al inicio del protocolo y después de desconexiones del respirador (máximo una maniobra al día)	Descenso de mortalidad en el grupo de ventilación protectora Mayor tasa de destete	Ninguno
Lapinsky et al. <sup>24</sup> (1999)	14	30-45 cmH <sub>2</sub> O durante 20 s	No especificado	Aumenta oxigenación de forma breve	Ninguno significativo
Grasso et al. <sup>25</sup> (2002)	22	40 cmH <sub>2</sub> O CPAP 40 s	No especificado	Mejora la oxigenación solo en pacientes con SDRA en fase precoz y sin afectación de la pared torácica	Descenso de PAm y gasto cardiaco en los no respondedores
Brower et al. <sup>26</sup> (2003)	72	CPAP 35-40 cmH <sub>2</sub> O durante 30 s	Días alternos maniobras RA/maniobras «sham»	Mejoría leve de la saturación de forma muy breve	Mayor caída de la PA Un barotrauma
Dhyr et al. <sup>27</sup> (2003)	8	CPAP 45 cmH <sub>2</sub> O durante 20 s 2 veces, con 1 min entre ambas	Después de aspiraciones	Remonta la caída de oxigenación que se produce al aspirar	No especificado
Oczenski et al. <sup>28</sup> (2004)	30	CPAP 50 cmH <sub>2</sub> O durante 30 s	Una vez	Aumento muy breve de la relación PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (menor de 30 min)	Ninguno significativo
Girgis et al. <sup>29</sup> (2006)	20	CPAP 40 cmH <sub>2</sub> O durante 40 s	Tres veces para hacer posteriormente descensos progresivos de PEEP y buscar el nivel óptimo	Mejoría de la relación PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	No especificado
Meade et al. <sup>30</sup> (2008)	983	CPAP mantenida 40 cmH <sub>2</sub> O durante 40 s, dentro de estrategia de ventilación con pulmón abierto	Al inicio y después de las desconexiones (hasta 4 al día)	Descenso mortalidad no significativo. Mejora end-points secundarios relacionados con hipoxemia	No hay aumento significativo de barotrauma
Pelosi et al. <sup>31</sup> (1999)	10	Tres suspiros consecutivos/minuto a 45 cmH <sub>2</sub> O de presión <i>plateau</i> , durante una hora, con ventilación protectora	Protocolo de ventilación con varias fases	Aumenta PaO <sub>2</sub> y volumen pulmonar al final de la espiración; desciende PaCO <sub>2</sub> , mayor efecto en el SDRA extrapulmonar	Ninguno significativo
Patroniti et al. <sup>32</sup> (2002)	13	Suspiros: CPAP 20% > que la presión pico o al menos 35 cmH <sub>2</sub> O en presión soporte 3-5 s cada min, durante 1 h	Protocolo de ventilación con varias fases	Aumenta oxigenación, volumen pulmonar y complianza	No especificado
Pelosi et al. <sup>33</sup> (2003)	10	Tres suspiros 45 cmH <sub>2</sub> O cada min durante 1 h con ventilación en decúbito prono	Protocolo de ventilación con varias fases	Aumenta volumen al final de la espiración, la PaO <sub>2</sub> y se reduce <i>shunt</i>	Ninguno significativo
Lim et al. <sup>34</sup> (2001)	20	En 3 pasos se reduce Vt (8 a 2 ml/kg) y se sube PEEP (10 a 25)	Dos veces consecutivas con un minuto de intervalo	Aumenta PaO <sub>2</sub> y complianza estática	Ninguno significativo

Tabla 1 (Continuación)

Autor (año)	n	Técnica de reclutamiento	Momento de reclutamiento	Resultados principales	Efectos adversos
Borges et al. <sup>36</sup> (2006)	26	Maniobras de máximo reclutamiento en presión-control, guiado por TAC	Al ingreso	Aumento PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> , relación inversa con el porcentaje de parénquima colapsado	Descenso transitorio del gasto cardiaco sin repercusión clínica
De Matos et al. <sup>38</sup> (2012)	51	Maniobras de máximo reclutamiento en presión-control, guiado por TAC	Al ingreso, y después si descendía el Vt un 20% o se desconectaba del respirador	Aumento PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> de forma mantenida y se reduce el tejido pulmonar no aireado medido por TAC	Ninguno significativo
Monge García et al. <sup>41</sup> (2012)	21	Aumento progresivo de PEEP hasta 36 cmH <sub>2</sub> O	No especificado	Aumenta distensibilidad y PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	Descenso del gasto cardiaco

CPAP: presión positiva continua en la vía aérea; FiO<sub>2</sub>: concentración de oxígeno en el aire inspirado; PA: presión arterial; PAm: presión arterial media; PaO<sub>2</sub>: presión parcial de oxígeno; PaCO<sub>2</sub>: presión parcial de dióxido de carbono; PEEP: presión positiva al final de la espiración; RA: reclutamiento alveolar; s: segundos; SDRA: síndrome de distrés respiratorio agudo; TAC: tomografía axial computerizada; Vt: volumen *tidal*.

de la causa del SDRA al realizar maniobras de máximo reclutamiento<sup>36</sup>.

2. Tiempo de evolución: algunos autores postulan que solo sería eficaz reclutar en fase precoz de la lesión pulmonar, ya que de forma más tardía el deterioro de la elasticidad impide revertir el colapso y aumenta el riesgo de barotrauma<sup>25</sup>.
3. Postura del enfermo: este factor como se ha comentado tiene gran influencia en la respuesta, siendo mejor en decúbito prono, que podría ser considerada en si misma una maniobra de RA al aumentar la presión transpulmonar en la región dorsal y mejorar el intercambio gaseoso<sup>46,52</sup>.
4. El tratamiento con fármacos vasoactivos al modificar el gasto cardiaco, la distribución del flujo sanguíneo pulmonar y el intercambio gaseoso también puede teóricamente modificar la respuesta al RA<sup>22</sup>.
5. Capacidad de expansión de la caja torácica: Grasso et al. observaron que las maniobras de RA no eran eficaces en aquellos pacientes con limitación para la expansión de la caja torácica<sup>25</sup>.
6. Parámetros de ventilación mecánica previos: la ventilación con volúmenes *tidal* bajos pueden originar cierre alveolar, lo cual podría compensarse con un nivel de PEEP adecuado. Se ha observado que el uso de volumen *tidal* y especialmente de PEEP más elevados previamente al RA se asocian con una menor respuesta al mismo, puesto que probablemente se parte de un pulmón ya reclutado<sup>35,53,54</sup>.
7. Parámetros de ventilación mecánica posteriores: tan importante resulta la técnica de reclutamiento como la estrategia de ventilación mecánica que se siga posteriormente, en especial el nivel de PEEP<sup>55</sup>.

## Indicaciones

En la práctica habitual, las maniobras de RA se llevan a cabo en situación de hipoxemia severa, como medida de rescate, por lo que habitualmente se trata de pacientes con SDRA. No existe evidencia sobre cuándo deben aplicarse, en qué momentos concretos y con qué frecuencia. En algunos estudios se ha llevado a cabo de forma sistemática, mientras que en otros únicamente cuando se consideraba que el pulmón se había «desreclutado», fundamentalmente después de desconectar al paciente del respirador por cualquier motivo, por ejemplo la aspiración de secreciones<sup>23</sup>.

Las estrategias de máximo reclutamiento y la teoría del pulmón abierto abogan por la aplicación precoz de protocolos de ventilación a lo largo de diversas fases para lograr desde el inicio una apertura pulmonar adecuada y una ventilación mecánica con parámetros individualizados, en especial en lo referente a la PEEP óptima que se obtenga a partir de pruebas decretales tras el RA<sup>36-38</sup>. De esta forma, el RA no solo intenta revertir una situación puntual de hipoxemia, sino que forma parte de un conjunto de medidas para reducir el daño pulmonar asociado a ventilación mecánica<sup>20</sup>.

Fuera del contexto de Medicina Intensiva, el RA tiene un importante papel en el quirófano. Las maniobras de RA pueden ser beneficiosas para abrir áreas de atelectasia relacionadas con la anestesia, especialmente en pacientes obesos,

y durante el postoperatorio inmediato de algunas intervenciones con alto riesgo de complicaciones respiratorias<sup>56</sup>.

## Resultados

Al analizar los resultados del RA cabe destacar que la mayoría de los trabajos realizados no especifican qué criterios consideran como respuesta positiva a las maniobras de RA, sino que únicamente describen una mejoría variable de la oxigenación. Grasso et al. clasificaron como respondedores a aquellos pacientes en los que aumentaba al menos un 50% la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> al terminar la maniobra de RA<sup>25</sup>, mientras que en los trabajos de Villagrà et al.<sup>54</sup> y Girgis et al.<sup>29</sup> se consideró como respuesta una mejoría mucho menor, del 20%. Se ha descrito que, con FiO<sub>2</sub> del 100%, si PaO<sub>2</sub> + PaCO<sub>2</sub> = 400 o la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> es mayor de 350 existe un reclutamiento máximo, con una masa de tejido pulmonar colapsado menor del 5%<sup>36</sup>. Algunos estudios se centran, más que en resultados relacionados con la oxigenación, en términos de mecánica pulmonar; analizando el efecto del RA sobre parámetros como la complianza.

Numerosos estudios han observado una mejoría de la oxigenación al emplear maniobras de RA, tanto en experimentación básica con animales en los que se produce lesión pulmonar con distintas técnicas<sup>57</sup>, como en trabajos realizados en pacientes con SDRA<sup>23-25,27-38,58</sup>. Sin embargo, algunos trabajos no han observado ese efecto beneficioso<sup>26</sup>.

El aumento de la oxigenación suele ser breve, y en algunos estudios se ha observado que el efecto desaparece incluso a los 15-30 min<sup>28</sup>, siendo lo más frecuente hasta 3-6 h después. De Matos et al. pautaron en 51 pacientes con SDRA severo ventilación por presión según la teoría de pulmón abierto, con técnicas de máximo reclutamiento, y observaron que los beneficios en el intercambio gaseoso y mecánica respiratoria se prolongaban durante varios días<sup>38</sup>. Los autores consideran que la presión alcanzada de forma clásica durante las maniobras de RA, de 40-45 cmH<sub>2</sub>O, es insuficiente para reairar el colapso pulmonar en el SDRA severo, por lo que debería ser reconsiderada la capacidad de RA con técnicas más «agresivas» pero de forma gradual.

El trabajo de Amato et al. objetivó un descenso de mortalidad en el grupo de pacientes que recibió maniobras de RA en el seno de una estrategia de ventilación protectora, por lo que dicho resultado debe estar relacionado con el conjunto de medidas adoptadas y no directamente con el RA<sup>23</sup>. No se ha evidenciado que el aumento de la oxigenación que sucede al aplicar RA se acompañe de efectos sobre desenlaces clínicos relevantes. No hay diferencias en cuanto a duración de la ventilación mecánica, estancia hospitalaria o mortalidad al realizar esta técnica<sup>58</sup>.

## Efectos secundarios

El aumento de presión transpulmonar se acompaña en ocasiones de efectos adversos, los más frecuentemente descritos son hipotensión y desaturación<sup>25,26</sup>. En los estudios que han incluido monitorización hemodinámica invasiva más completa, se describe disminución del gasto cardiaco, del volumen sistólico y de la precarga, junto con aumento de la frecuencia cardiaca<sup>25,36,41</sup>. La monitorización invasiva de la presión arterial es insuficiente para valorar todos los

cambios hemodinámicos que se producen con las maniobras de reclutamiento, ya que incluso puede aumentar de forma transitoria.

Otras complicaciones son el barotrauma, arritmias, hipoventilación y acidosis, e incluso se ha considerado que pueda producirse traslocación bacteriana desde el interior del alvéolo, aunque existen resultados contrarios en distintos estudios<sup>59</sup>. En general, estos efectos suelen ser breves y de poca importancia, por lo que no suele ser necesario un cambio en la estrategia de ventilación.

Se ha observado que cuando se realizan maniobras de insuflación mantenida se producen más efectos secundarios que con otras técnicas. En el caso de las maniobras con ventilación por presión parece que existen menos casos de barotrauma y de efectos hemodinámicos adversos, a pesar de que se alcanzan presiones mucho mayores en la vía aérea, ya que se aplican de forma más progresiva<sup>52</sup>. Gil Cano et al. analizaron la incidencia de barotrauma en 100 pacientes ventilados con estrategia de apertura pulmonar<sup>60</sup>. Los autores describieron neumotórax en 7 pacientes y enfisema subcutáneo en 2, todos los cuales presentaban SDRA primario. No fue necesario cambiar de parámetros de ventilación mecánica.

## Conclusiones

Con la evidencia actual disponible, las maniobras de RA no pueden ser recomendadas de forma general en los pacientes con SDRA que se encuentran en situación clínica estable. Producen habitualmente una mejoría de la oxigenación, variable y transitoria, sin efectos beneficiosos sobre la mortalidad. El potencial efecto del RA depende de múltiples factores, tanto del paciente como de los parámetros de ventilación antes y después de su aplicación, siendo fundamental el nivel de PEEP pautado tras la maniobra que impida el «desreclutamiento».

Las maniobras de RA más recientes, que alcanzan presiones en vía aérea más elevadas de forma progresiva, pueden ser útiles durante el curso de la ventilación mecánica para buscar la PEEP óptima; sin embargo, se desconoce si el empleo de dicho parámetro se acompaña de desenlaces clínicos beneficiosos.

En los pacientes no respondedores no debería intentarse de forma repetida la realización de maniobras de RA, ya que no están exentas de efectos adversos.

## Financiación

Ciber de Enfermedades Respiratorias, FIS PI11/02791

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Villar J, Blanco J, Añón JM, Santos-Bouza A, Blanch L, Ambrós A, et al. The ALIEN study: incidence and outcome of acute respiratory distress syndrome in the era of lung protective ventilation. *Intensive Care Med.* 2011;37:1932-41.

2. Rubenfeld GD, Herridge MS. Epidemiology and outcomes of acute lung injury. *Chest*. 2007;131:554-62.
3. Frutos-Vivar F, Nin N, Esteban A. Epidemiology of acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care*. 2004;10:1-6.
4. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med*. 2000; 342:1301-8.
5. Esteban A, Ferguson ND, Meade MO, Frutos F, Apezteguía C, Brochard L, et al. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;177:170-7.
6. Briel M, Meade M, Mercat A, Brower RG, Talmor D, Walter SD, et al. Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2010;303:865-73.
7. Slutsky AS, Hudson LD. PEEP or no PEEP—lung recruitment may be the solution. *N Engl J Med*. 2006;354:1839-41.
8. Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. *Intensive Care Med*. 1992;18:319-21.
9. Suárez Sipmann F. Utilidad de las maniobras de reclutamiento (pro). *Med Intensiva*. 2009;33:134-8.
10. Ochagavía A, Blanch L, López-Aguilar J. Utilidad de las maniobras de reclutamiento (contra). *Med Intensiva*. 2009;33:139-43.
11. Richard JC, Maggiore SM, Mercat A. Clinical review: bedside assessment of alveolar recruitment. *Crit Care*. 2004;8:163-9.
12. Klinge TG, Staub NC. Alveolar shape changes with volume in isolated, air-filled lobes of cat lung. *J Appl Physiol*. 1970;28:411-4.
13. Day R, Goodfellow AM, Apgar V, Beck GJ. Pressure-time relations in the safe correction of atelectasis in animal lungs. *Pediatrics*. 1952;10:593-602.
14. Albert SP, DiRocco J, Allen GB, Bates JH, Laflotte R, Kubiak BD, et al. The role of time and pressure on alveolar recruitment. *J Appl Physiol*. 2009;106:757-65.
15. Crotti S, Mascheroni D, Caironi P, Pelosi P, Ronzoni G, Mondino M, et al. Recruitment and derecruitment during acute respiratory failure: a clinical study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164:131-40.
16. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri M, Quintel M, et al. Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2006;354:1775-86.
17. Costa EL, Borges JB, Melo A, Suarez-Sipmann F, Toufen C, Böhm SH, et al. Bedside estimation of recruitable alveolar collapse and hyperdistension by electrical impedance tomography. *Intensive Care Med*. 2009;35:1132-7.
18. Demory D, Arnal JM, Wysocki M, Donati S, Granier I, Corno G, et al. Recruitability of the lung estimated by the pressure volume curve hysteresis in ARDS patients. *Intensive Care Med*. 2008;34:2019-25.
19. Tomicic V, Fuentealba A, Martínez E, Graf J, Batista Borges J. Fundamentos de la ventilación mecánica en el síndrome de distrés respiratorio agudo. *Med Intensiva*. 2010;34:418-27.
20. Lapinsky SE, Mehta S. Bench-to-bedside review: recruitment and recruiting maneuvers. *Crit Care*. 2005;9:60-5.
21. 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*. 2008;178:1156-63.
22. Guerin C, Debord S, Leray V, Delannoy B, Bayle F, Bourdin G, et al. Efficacy and safety of recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care*. 2011;1:9.
23. 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*. 1998;338:347-54.
24. Lapinsky SE, Aubin M, Mehta S, Boiteau P, Slutsky AS. Safety and efficacy of a sustained inflation for alveolar recruitment in adults with respiratory failure. *Intensive Care Med*. 1999;25:1297-301.
25. 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*. 2002;96:795-802.
26. Brower RG, Morris A, MacIntyre N, Matthay MA, Hayden D, Thompson T, et al. Effects of recruitment maneuvers in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome ventilated with high positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med*. 2003;31:2592-7.
27. Dyhr T, Bonde J, Larsson A. Lung recruitment manoeuvres are effective in regaining lung volume and oxygenation after open endotracheal suctioning in acute respiratory distress syndrome. *Critical Care*. 2003;7:55-62.
28. Oczeni W, Hörmann C, Keller C, Lorenzl N, Kepka A, Schwarz S, et al. Recruitment maneuvers after a positive end-expiratory pressure trial do not induce sustained effects in early adult respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004;101:620-5.
29. Girgis K, Hamed H, Khater Y, Kacmarek RM. A decremental PEEP trial identifies the PEEP level that maintains oxygenation after lung recruitment. *Respir Care*. 2006;51:1132-9.
30. Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Cooper DJ, 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*. 2008;299:637-45.
31. Pelosi P, Cadringer P, Bottino N, Panigada M, Carrieri F, Riva E, et al. Sigh in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:872-80.
32. Patroniti N, Foti G, Cortinovis B, Maggioni E, Bigatello LM, Cereda M, et al. Sigh improves gas exchange and lung volume in patients with acute respiratory distress syndrome undergoing pressure support ventilation. *Anesthesiology*. 2002;96:788-94.
33. Pelosi P, Bottino N, Chiumello D, Caironi P, Panigada M, Gamberoni C, et al. Sigh in supine and prone position during acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167:521-7.
34. Lim CM, Koh Y, Park W, Chin JY, Shim TS, Lee SD, et al. Mechanistic scheme and effect of «extended sigh» as a recruitment maneuver in patients with acute respiratory distress syndrome: a preliminary study. *Crit Care Med*. 2001;29:1255-60.
35. Lim CM, Jung H, Koh Y, Lee JS, Shim TS, Lee SD, et al. Effect of alveolar recruitment maneuver in early acute respiratory distress syndrome according to antiderecruitment strategy, etiological category of diffuse lung injury, and body position of the patient. *Crit Care Med*. 2003;31:411-8.
36. Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Carames 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*. 2006;174:268-78.
37. Morán I, Blanch L, Fernández R, Fernández-Mondéjar E, Zavala E, Mancebo J. Acute physiologic effects of a stepwise recruitment maneuver in acute respiratory distress syndrome. *Minerva Anestesiol*. 2011;77:1167-75.
38. De Matos GF, Stanzani F, Passos RH, Fontana MF, Albaladejo R, Caserta RE, et al. How large is the lung recruitability in early acute respiratory distress syndrome: a prospective case series of patients monitored by computed tomography. *Crit Care*. 2012;16:R4.
39. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Schettino Gde P, Lorenzi Filho G, Kairalla RA, et al. Beneficial effects of the «open lung approach» with low distending pressures in acute respiratory distress syndrome. A prospective randomized study on

- mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;152:1835-46.
40. Papadakos PJ, Lachmann B. The open lung concept of mechanical ventilation: the role of recruitment and stabilization. *Crit Care Clin.* 2007;23:241-50.
  41. Monge García MI, Gil Cano A, Gracia Romero M, Díaz Monrové JC. Cambios respiratorios y hemodinámicos durante una maniobra de reclutamiento pulmonar mediante incrementos y decrementos progresivos de PEEP. *Med Intensiva.* 2012;36:77-88.
  42. Chan KP, Stewart TE, Mehta S. High-frequency oscillatory ventilation for adult patients with ARDS. *Chest.* 2007;131:1907-16.
  43. Ferguson ND, Chiche J-D, Kacmarek RM, Hallett DC, Mehta S, Findlay GP, et al. Combining high-frequency oscillatory ventilation and recruitment maneuvers in adults with early acute respiratory distress syndrome: the Treatment with Oscillation and an Open Lung Strategy (TOOLS) Trial pilot study. *Crit Care Med.* 2005;33:479-86.
  44. Morris K, Cox P, Frndova H, Holowka S, Babyn P. Effect of a sustained inflation on regional distribution of gas and perfluorocarbon during partial liquid ventilation. *Pediatr Pulmonol.* 2007;42:204-9.
  45. Kacmarek RM, Wiedemann HP, Lavin PT, Wedel MK, Tütüncü AS, Slutsky AS. Partial liquid ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;173:882-9.
  46. Martínez O, Nin N, Esteban A. Evidencias de la posición en decúbito prono para el tratamiento del síndrome de distrés respiratorio agudo: una puesta al día. *Arch Bronconeumol.* 2009;45:291-6.
  47. Rival G, Patry C, Floret N, Navellou JC, Belle E, Capellier G. Prone position and recruitment manoeuvre: the combined effect improves oxygenation. *Crit Care.* 2011;15:R125.
  48. Constantin JM, Jaber S, Futier E, Cayot-Constantin S, Verny-Pic M, Jung B, et al. Respiratory effects of different recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care.* 2008;12:R50.
  49. Mahmoud KM, Ammar AS. A comparison between two different alveolar recruitment maneuvers in patients with acute respiratory distress syndrome. *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2011;1:114-20.
  50. Badet M, Bayle F, Richard JC, Guérin C. Comparison of optimal positive end-expiratory pressure and recruitment maneuvers during lung-protective mechanical ventilation in patients with acute lung injury/acute respiratory distress syndrome. *Respir Care.* 2009;54:847-54.
  51. Rzezinska AF, Oliveira GP, Santiago VR, Santos RS, Ornellas DS, Morales MM, et al. Prolonged recruitment manoeuvre improves lung function with less ultrastructural damage in experimental mild acute lung injury. *Respir Physiol Neurobiol.* 2009;169:271-81.
  52. Pelosi P, Gama de Abreu M, Rocco PR. New and conventional strategies for lung recruitment in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care.* 2010;14:210.
  53. Foti G, Cereda M, Sparacino ME, de Marchi L, Villa F, Pesenti A. Effects of periodic lung recruitment maneuvers on gas exchange and respiratory mechanics in mechanically ventilated acute respiratory distress syndrome (ARDS) patients. *Intensive Care Med.* 2000;26:501-7.
  54. Villagrà A, Ochagavía A, Vátua S, Murias G, del Mar Fernández M, Lopez Aguilar J, et al. Recruitment maneuvers during lung protective ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;165:165-70.
  55. Kacmarek RM, Villar J. Lung recruitment maneuvers during acute respiratory distress syndrome: is it useful. *Minerva Anestesiol.* 2011;77:85-9.
  56. Tushman G, Böhm SH, Vazquez de Anda GF, do Campo JL, Lachmann B. «Alveolar recruitment strategy» improves arterial oxygenation during general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1999;82:8-13.
  57. Kloot TE, Blanch L, Melynn Youngblood A, Weinert C, Adams AB, Marini JJ, et al. Recruitment maneuvers in three experimental models of acute lung injury. Effect on lung volume and gas exchange. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161:1485-94.
  58. Hodgson C, Keating JL, Holland AE, Davies AR, Smirneos L, Bradley SJ, et al. Recruitment manoeuvres for adults with acute lung injury receiving mechanical ventilation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;CD006667.
  59. Piacentini E, Villagrà A, López-Aguilar J, Blanch L. Clinical review: the implications of experimental and clinical studies of recruitment maneuvers in acute lung injury. *Critical Care.* 2004;8:115-21.
  60. Gil Cano A, Monge García MI, Gracia Romero M, Díaz Monrové JC. Incidencia, características y evolución del barotrauma durante la ventilación mecánica con apertura pulmonar. *Med Intensiva.* 2012;36:335-42.