

Maniobras de reclutamiento

Pablo del Villar Guerra⁽¹⁾, Susana Reyes Domínguez⁽²⁾, María Miñambres Rodríguez⁽²⁾, Vicente Modesto i Alapont⁽³⁾, Alberto Medina Villanueva⁽⁴⁾

⁽¹⁾Servicio de Pediatría. Hospital Universitario Río Hortega. Valladolid

⁽²⁾UCIP. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia

⁽³⁾UCIP. Hospital Universitari i Politècnic La Fe. Valencia

⁽⁴⁾UCIP. Hospital Universitario Central de Asturias. Oviedo

Del Villar Guerra P, Reyes Domínguez S, Miñambres Rodríguez M, Modesto i Alapont V, Medina Villanueva A. Maniobras de reclutamiento. *Protoc diagn ter pediátr*. 2021;1:269-80.



RESUMEN

Las maniobras de reclutamiento (MR) consisten en incrementos transitorios de la presión media en la vía aérea con el fin de reclutar unidades alveolares colapsadas, seguidos de un ajuste de la presión positiva al final de la espiración (PEEP, por sus siglas en inglés) en el nivel óptimo, lo cual aumenta el volumen pulmonar total y la capacidad de residual funcional (CRF). Se han utilizado como medio para mejorar la oxigenación y alcanzar un objetivo de cociente presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno (P/F) >150 o cociente saturación transcutánea de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno (S/F) >200. El aumento del volumen pulmonar con MR podría lograr que la ventilación fuera más homogénea, mejorar el intercambio gaseoso y limitar la distensión de las unidades alveolares sanas. En pacientes pediátricos existen pocos trabajos que establezcan el modo de aplicación, seguridad y utilidad de las MR, por lo que no se puede recomendar su uso rutinario.

Las últimas recomendaciones del consenso internacional Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC) sugieren MR cuidadosas en el intento de mejorar la falta de oxigenación mediante pasos lentos incrementales y decrementales de PEEP (paso a paso).

Palabras clave: maniobras de reclutamiento; Pediatría; síndrome de distrés respiratorio agudo; ventilación mecánica.

Recruitment maneuvers

ABSTRACT

Recruitment maneuvers (RM) consist of transient increases in transpulmonary pressure in order to recruit collapsed alveolar units, followed by an adjustment of positive-end expiratory pressure (PEEP) at the optimal level which increases total lung volume and capacity functional reserve. The level of recruitment can be measured either with the P/F (partial pressure of oxygen/fraction of inspired oxygen) or the S/F ratio (transcutaneous oxygen haemoglobin saturation/fraction of inspired oxygen). The increase in lung volume using RM can make ventilation more homogeneous and consequently this can improve gas exchange, avoiding over distension of healthy alveolar units.

The latest recommendations from the Paediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC) suggest performing RM cautiously in an attempt to improve oxygenation by slow incremental and decremental steps of PEEP (step by step).

Key words: recruitment maneuvers; Paediatrics; acute respiratory distress syndrome; mechanical ventilation.

1. INTRODUCCIÓN

El reclutamiento es un proceso dinámico y fisiológico de reaireación de una región pulmonar previamente sin gas utilizando ventilación con presión positiva. En pacientes adultos existen varios ensayos clínicos aleatorizados, revisiones sistemáticas y metaanálisis donde aplican maniobras de reclutamiento (MR) en el síndrome de dificultad respiratoria agudo (SDRA) moderado-grave. Si bien los resultados de estos estudios son contradictorios, algunos autores afirman que una estrategia de ventilación mecánica que incluya maniobras de reclutamiento en pacientes con SDRA podría mejorar transitoriamente la oxigenación, pero no reducir la mortalidad en la unidad de cuidados intensivos (UCI) ni la mortalidad hospitalaria a los 28 días. En pacientes pediátricos se han realizado pocos trabajos al respecto¹⁻⁵.

2. DEFINICIÓN

Las MR consisten en incrementos transitorios de la presión media en la vía aérea con el fin de reclutar unidades alveolares colapsadas, seguidos de un ajuste de la presión positiva al final de la espiración (PEEP, por sus siglas en inglés) en el nivel óptimo, lo cual aumenta el volumen pulmonar total y la capacidad de residual funcional (CRF)¹⁻⁵. Se han utilizado como medio para mejorar la oxigenación y alcanzar un objetivo de cociente presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno (P/F) >150 o cociente saturación transcutánea de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno (S/F) >200. El aumento del volumen pulmonar con MR podría lograr que la ventilación fuera más homogénea, mejorar el intercambio gaseoso y limitar la distensión de las unidades alveolares sanas⁶⁻⁸.

A pesar de los recientes avances y estudios, no se han establecido las estrategias óptimas sobre reclutamiento para el SDRA en la población pediátrica y hay una incertidumbre con respecto al uso de las MR, su idoneidad y su evolución a largo plazo (empeoramiento de la lesión pulmonar, liberación de citoquinas a la circulación, etc.)⁹⁻¹¹.

Mientras que la maniobra clásica de insuflación mantenida ha sido desechada, hay otras maniobras, que difieren según los autores, donde se busca un incremento gradual de la PEEP, manteniendo un diferencial de presión de 15 cmH₂O¹²⁻¹⁴. Esta técnica es eficaz para lograr la apertura alveolar tanto en adultos como en población pediátrica, si bien en adultos se han descrito arritmias graves. Los incrementos de la PEEP en comparación con la insuflación mantenida suponen menos poscarga del ventrículo derecho, menor afectación hemodinámica y son mejor tolerados^{1,14-16}.

3. BASES DE APOYO DE SU UTILIZACIÓN

Diversos estudios clásicos en pacientes adultos^{17,18}, así como en niños sometidos a anestesia general^{16,19}, sugieren que las MR mejoran la oxigenación y disminuyen las atelectasias, por lo que han despertado interés en el tratamiento del fracaso hipoxémico. Los trabajos publicados sobre este tema no son uniformes, debidos en parte a la gran heterogeneidad de las MR aplicadas y a la falta de criterios que definen sus objetivos. En una revisión sistemática de las MR en lesión pulmonar aguda (LPA), Fan *et al.*²⁰ analizaron 40 estudios que incluían 1185 pacientes (>18 años). Los datos de 31 de los trabajos (636 pacientes) muestran un aumento significativo de la oxigenación tras las MR (presión arterial de oxígeno [PaO₂]: 106

frente a 193 mmHg; $p = 0,001$; P/F: 139 frente a 251; $p < 0,001$). No se encontraron alteraciones hemodinámicas persistentes o clínicamente significativas. Los parámetros ventilatorios (32 estudios con 548 pacientes) no se alteraron significativamente tras las MR, excepto la PEEP, que fue significativamente más alta tras ellas (11 frente a 16 cmH₂O; $p = 0,02$). En 31 estudios (985 pacientes) se analizaron los efectos adversos, siendo los más frecuentes la hipotensión (12%) y la desaturación (8%); otros más graves como el barotrauma o las arritmias ocurrieron en un 1% de los casos. Solo en 10 pacientes (1%) hubo que abortar la maniobra por la aparición de algún efecto adverso. La mortalidad global de los 20 estudios (409 pacientes) que proporcionaban este dato fue del 38%.

En todos los casos, la mejoría de la oxigenación fue transitoria. Dado que en la mayoría de los pacientes la PEEP permaneció más elevada tras las MR, resulta difícil establecer si el aumento de la oxigenación fue debido a las MR o al aumento de la PEEP. Aunque la mortalidad total es similar a la de otros estudios observacionales, no se puede hacer una comparación directa, por lo que no es posible valorar el efecto de las MR y la mejoría transitoria de la oxigenación sobre dicha mortalidad.

Estos resultados de la revisión de Fan *et al.* son apoyados por el ensayo clínico de Meade *et al.*²¹. En dos grupos de pacientes con LPA y SDRA se comparó una estrategia de ventilación mecánica convencional optimizada frente a otra en la que se incluyeron MR. Aunque el grupo en el que se aplicaron las MR presentaba menores tasas de hipoxemia refractaria (4,6% frente a 10,2%; RR: 0,54; IC 95% 0,34-0,93; $p = 0,03$), no se encontraron diferencias en la mortalidad global ni en la incidencia de barotrauma.

El trabajo de Morrow *et al.*²², realizado en 48 niños con patología pulmonar heterogénea, mostró que las MR no tenían beneficios inmediatos a corto plazo sobre la ventilación o el intercambio gaseoso en comparación con los controles; sin embargo, Kaditis *et al.*¹⁶, en su trabajo en población pediátrica, objetivaron que las MR eran eficaces para prevenir el cierre de las vías respiratorias.

Posteriormente se han descrito otras estrategias de MR, tales como el trabajo de Wang *et al.*²³, que analizó MR en 15 pacientes pediátricos con LPA, estableciendo una estrategia de ventilación más razonable para el tratamiento pediátrico. Los niños recibieron la ventilación de MR con un volumen corriente bajo, la MR administrada se realizó a 30 cmH₂O de presión positiva continua en vía aérea (CPAP) durante 30 segundos y se realizaron una vez cada 8 horas durante 5 días. Los autores observaron que las MR pueden mejorar significativamente la oxigenación, atenuar el deterioro de la función pulmonar para LPA en niños y mejorar la distensibilidad pulmonar, siendo estas maniobras seguras y factibles.

Para evaluar la eficacia y seguridad de las MR en pacientes pediátricos se han realizado diferentes trabajos, tales como el estudio de Borisi *et al.*² que, utilizando un sistema de estrategia de ventilación de protección pulmonar para limitar las presiones máximas a 35 cmH₂O, volúmenes corrientes de 6-8 ml/kg y PEEP para mantener una saturación de oxígeno de 88-93%, evidenciaron que la relación P/F aumentó un 53% inmediatamente después de la MR, persistiendo con un aumento del 80% sobre la línea de base a las 4 horas y 40% a las 12 horas. El gradiente de oxigenación alveoloarterial disminuyó en un 12% inmediatamente después de la MR, en un 59% a las 4 horas y en

un 66% a las 12 horas. Asimismo, disminuyó la presión inspiratoria pico en un 17% por debajo de la línea de base a las 4 horas y 12 horas después de la MR. En cuanto a la seguridad, todos los pacientes las toleraron sin compromiso hemodinámico.

Los resultados del estudio de Kheir *et al.*²⁴ en 10 pacientes pediátricos con LPA sugieren que tanto la maniobra de insuflación mantenida como los incrementos de PEEP aumentan la presión arterial de oxígeno y la capacidad residual funcional con estabilidad hemodinámica durante ambas maniobras. Encuentran que la maniobra con incremento de PEEP tiene mayor hipoventilación, probablemente porque cada incremento de PEEP dura 5 minutos.

El único trabajo pediátrico en donde se evalúan conjuntamente la función pulmonar, la eficacia, la seguridad y la mortalidad de las MR es el de Cruces *et al.*²⁵ donde observaron una mejoría de la función pulmonar mayor del 25%, utilizaron ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) en un 36% de los pacientes por empeoramiento en las siguientes 24 horas de la MR, mientras que los restantes sujetos mostraron mejorías en la oxigenación a las 12 y 24 horas. La tasa de mortalidad a los 28 días fue del 16%.

En el estudio piloto de Hodgson *et al.*¹², de 20 pacientes adultos asignados al azar, se realizó una MR con elevación progresiva de la PEEP de hasta 40 cmH₂O y una presión máxima de 55 cmH₂O, con PEEP óptima titulada según la saturación periférica de oxígeno o a la estrategia ARDSnet. Hubo una disminución de algunas citoquinas sistémicas, mejoría en la oxigenación y en el cumplimiento terapéutico. El estudio no fue diseñado para mostrar la supervivencia y no mostró ninguna diferencia en la mortalidad ni en

otros resultados clínicos. Por lo tanto, es necesario un ensayo de alta calidad metodológica para apreciar si el reclutamiento alveolar máximo seguido de ventilación con PEEP titulada mejora los resultados clínicos en pacientes con SDRA.

En 2017 se publicó un ensayo clínico del grupo ART en pacientes adultos con SDRA moderado o grave²⁶. El objetivo fue determinar si la obtención de un máximo reclutamiento alveolar asociado a titular la PEEP óptima era capaz de aumentar la supervivencia a los 28 días en pacientes con SDRA en comparación con el tratamiento convencional (estrategia ARDSnet). Los autores del estudio observaron un incremento de la mortalidad a los 28 días, riesgo de barotrauma y necesidad de vasopresores o hipotensión en la primera hora. Hay que destacar que el 15% de las MR se tuvieron que detener por hipotensión o descenso de la saturación de oxígeno; de acuerdo con estos hallazgos, no apoyan el uso rutinario de las MR. En este estudio se compararon dos grupos: grupo 1, pacientes donde además de realizar MR se pauta una PEEP elevada ($13 \pm 3,5$ cmH₂O) frente a grupo 2, pacientes con PEEP baja (8 ± 3 cmH₂O). Hay que destacar que este ensayo tiene varios problemas en el diseño del estudio, ya que los pacientes que tenían al inicio del estudio una PEEP alta se podrían considerar que ya estaban reclutados con el efecto de oxigenación conseguido y es en este grupo donde las maniobras de reclutamiento ya no estarían indicadas. Además, la potencia mecánica de los pacientes del grupo experimental siempre fue superior al de los pacientes incluidos en el grupo control (PEEP baja)²⁷.

Goligher *et al.*²⁸, ese mismo año (2017), publicaron una revisión sistemática y metaanálisis comparando estrategias de ventilación mecánica en SDRA con y sin las maniobras de recluta-

miento alveolar analizando la mortalidad a los 28 días, la oxigenación y los efectos adversos. Los autores demuestran que en los estudios (6 ensayos clínicos analizados) hay un sesgo alto: por la amplia variedad de estrategias de MR en cada estudio, por el uso de PEEP altas, etc. Sin embargo, en el análisis primario, el único estudio sin sesgo mostró que las MR se asociaron con una reducción de la mortalidad (1 estudio; RR, 0,62; IC 95%, 0,39-0,98; grado de evidencia = bajo). Al realizar el metaanálisis de los 6 estudios también se sugirió una reducción significativa de la mortalidad (6 estudios; RR, 0,81; IC 95%, 0,69-0,95; grado de evidencia = moderado) y el uso de una mayor PEEP no modificó significativamente el efecto sobre la mortalidad ($p = 0,27$ para heterogeneidad). Las MR también fueron asociadas con una mejor oxigenación después de 24 horas (6 estudios; aumento medio de PaO₂ 52 mmHg; IC 95%, 23-81 mmHg) así como después de 72 horas (5 estudios; aumento medio de PaO₂, 32 mmHg; IC 95%, 18-45 mmHg). Goligher *et al.* sugieren que las MR con una estrategia de ventilación con PEEP alta reducen la mortalidad, son seguras y bien toleradas, aunque se requieren más estudios para confirmar el beneficio de las MR en adultos con SDRA²⁸.

Por tanto, y en base a lo anteriormente expuesto, no se puede recomendar el empleo de MR de manera rutinaria en todos los pacientes con SDRA, solo en casos seleccionados que presentan hipoxemia refractaria a pesar de optimizar la ventilación mecánica invasiva. Aún no hay suficientes estudios pediátricos relacionados con la mortalidad, los efectos adversos, el efecto sobre la distensión de los alveolos sanos ni las modificaciones en el tratamiento a las que obligan estas maniobras. Las investigaciones futuras deben evaluar el potencial beneficioso o perjudicial de las MR repetidas, la eficacia y

seguridad de las MR y su capacidad para lograr reclutamiento pulmonar significativo en las etapas posteriores de la LPA²⁹.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOCOLOS

Hasta 2007 el único trabajo pediátrico existente que aplicaba MR era el de Duff *et al.*³⁰, cuyo protocolo consistía en la insuflación con presión positiva inspiratoria (PIP, por sus siglas en inglés) tras las desconexiones del respirador y las aspiraciones de secreciones, durante las fases de hipoxemia o rutinariamente cada 12 horas.

En estos años, en la literatura se han descrito distintas estrategias a la hora de realizar las MR, como la de Kheir *et al.*²⁴ (insuflación mantenida) en 10 pacientes pediátricos, o la de Borisi *et al.*, con escalamiento y desescalada².

En el trabajo de Hodgson *et al.*¹², como estrategia protectora de ventilación pulmonar para los pacientes adultos con SDRA, utilizaron una estrategia pulmonar a cielo abierto (reclutamiento en escalera, titulación decreciente de la PEEP y presiones específicas bajas de las vías respiratorias en pacientes con SDRA). Examinaron la eficacia y seguridad de las MR junto con la estrategia *open lung* y encontraron mejoría en la compliancia y oxigenación pulmonar en los siguientes 7 días.

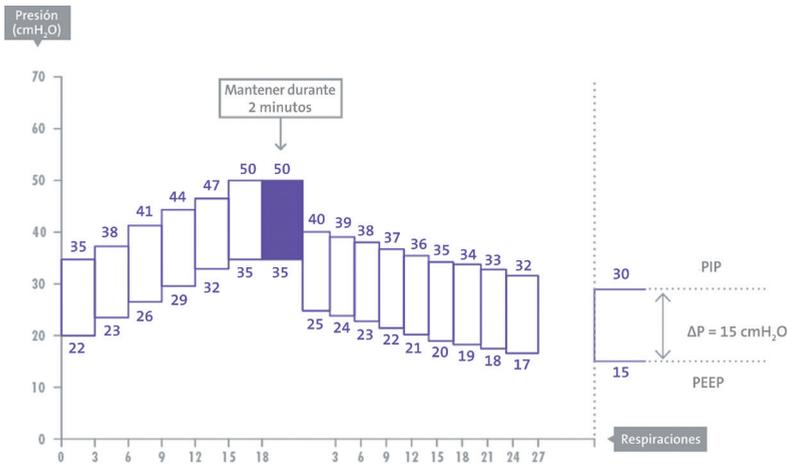
En el ensayo clínico de Cavalcanti *et al.*³¹ emplean una MR similar, utilizando la compliancia estática para titular la PEEP óptima.

En el año 2019 se publicó un ensayo clínico en pacientes adultos en el que se describía una maniobra de reclutamiento alternativa con una duración de 5 minutos (Figura 1)³². El estudio se realizó en 120 pacientes (60 en cada rama). Los

objetivos principales del estudio fueron la mortalidad a los 28 días y los días sin ventilación mecánica. Los autores describen las MR tras asegurar la estabilidad hemodinámica y unos parámetros basales del respirador en modo de control de presión y a una presión máxima de la vía aérea de 35 cmH₂O, PEEP de 20 cmH₂O, FiO₂ de 1,0, frecuencia respiratoria de 15 respiraciones/min (rpm) y relación inspiración/expiración (I/E) de 1:1. La PEEP se incrementó en 3 cmH₂O cada 3 respiraciones hasta una presión máxima de la vía aérea de 50 cmH₂O, que se mantuvo durante 2 minutos (el gradiente de presión de 15 cmH₂O se mantiene durante la maniobra). Posteriormente, para encontrar el punto de desreclutamiento, se desciende la PEEP a 25 cmH₂O y posteriormente 1 cmH₂O cada 3 respiraciones mientras se observa la compliancia dinámica (C_{dyn}). Una vez se ha identificado el punto de máxima compliancia y el punto de desreclutamiento, se reabre el pulmón durante 2 minutos a una PEEP de 35 cmH₂O y se pauta la PEEP óptima, 2 cmH₂O por encima del punto de desreclutamiento. Si no se consigue establecer el punto de inflexión inferior, la PEEP se establece según el protocolo ARDSnet. Aunque la mortalidad a los 28 días no muestra diferencias significativas entre los 2 grupos (grupo 1: MR alternativa frente a grupo 2: control; IC 95% 17 [28,3%] 18 [30,0%]; RR 0,98 [0,78-1,23], p = 0,84) los autores encontraron un efecto beneficioso en los días sin ventilación mecánica por lo que concluyen que la aplicación de esta MR combinada con la estrategia de ventilación de protección pulmonar en el SDRA precoz puede mejorar los resultados del paciente, aumentando los días sin ventilación mecánica y sin UCI entre los supervivientes a los 28 días.

Por tanto, en base a los anteriores estudios, se puede constatar que hay una falta de consen-

Figura 1. Maniobra de reclutamiento de Shu-Chen *et al.*³²



PEEP: presión positiva al final de la espiración; PIP: pico de presión inspiratoria; ΔP : incremento de presión (PIP-PEEP).

so y que las estrategias para el reclutamiento óptimo en SDRA no han sido bien establecidas en la edad pediátrica.

5. DESCRIPCIÓN DE LA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO

La MR descrita a continuación está basada en la de Hodgson *et al.*¹² (Figura 2), si bien no hay evidencia para poder recomendar esta u otra MR en el momento actual.

Antes de realizar la maniobra de reclutamiento es necesario preparar al paciente:

- Decúbito supino con el cabecero de la cama elevado 30°. Sedar profundamente y con relajación muscular.
- Aspirar previamente las secreciones.
- Corregir la hipovolemia y mantener óptima la presión arterial media. Si es necesario, iniciar o incrementar vasopresores.

- Parámetros previos habituales: volumen corriente (Vc) <6 ml/kg, presión meseta (Pplat) <30 cmH₂O.
- Pasar a modo de ventilación PC (presión control): con presión pico (PIP) de 15 cmH₂O sobre la PEEP que se esté administrando en ese momento.
- Ajustar FiO₂ para obtener una saturación de oxígeno medida por pulsioximetría (SpO₂) en 90-92%.
- Se puede aumentar la frecuencia respiratoria 20 minutos antes del reclutamiento y posteriormente volver al valor inicial.

6. FASES DE LA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO

6.1. Fase 1. Reclutamiento pulmonar

1. Comenzar con PEEP de 25 cmH₂O durante 1 minuto.

- Incrementar la PEEP gradualmente de 10 en 10 cmH₂O durante 1 o 2 minutos hasta llegar a 40 cmH₂O.

6.2. Fase 2. Titular la PEEP óptima

A continuación, se procede cada 3 minutos a la titulación decreciente de la PEEP, reduciéndola sucesivamente a 25 cmH₂O, 22 cmH₂O, 20 cmH₂O, 17cmH₂O... hasta un mínimo de 15 cmH₂O o hasta que se observe una disminución de la saturación de oxígeno $\geq 1\%$ del máximo de la saturación, definiéndose así el punto de desreclutamiento.

6.3. Fase 3. Repetir reclutamiento

Presión control (PC). Durante un minuto se procede al aumento de la PEEP hasta 35 cmH₂O, volviendo posteriormente a un nivel de 2 cmH₂O por encima del punto de desreclutamiento, es decir la **PEEP óptima**.

6.4. Fase 4. Mantener la ventilación

PEEP óptima: 2 cmH₂O por encima del punto de desreclutamiento.

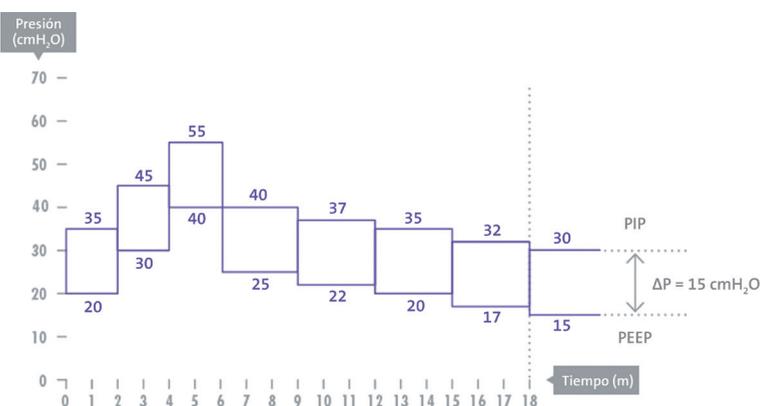
Ajustar el Vc a cifras ≤ 6 ml/kg con una presión meseta ≤ 30 cmH₂O y *driving pressure* (Pplat-PEEP) < 15 cmH₂O.

Si con las MR no se consigue el efecto deseado, no se deberían repetir, excepto si la situación clínica del paciente cambia.

En los otros estudios se realizaron MR similares y las diferencias más reseñables con uno de los más conocidos, el ensayo clínico aleatorizado ART, fueron:

- Las MR se realizaron en la posición en la que se encontraba el paciente (prono o supino).
- Con una FiO₂ = 1 durante toda la maniobra.
- Se valoró el punto de desreclutamiento con la compliancia estática en cada descenso de PEEP (cambiando a volumen control durante la fase de descenso) en lugar de utilizar la SpO₂.
- El ascenso máximo de la PEEP se realizó hasta 35 cmH₂O en lugar de 40 cmH₂O.

Figura 2. Maniobra de reclutamiento



PEEP: presión positiva al final de la espiración; PIP: pico de presión inspiratoria; ΔP: incremento de presión (PIP-PEEP).

Modificado de la maniobra de reclutamiento de Hodgson *et al.*¹².

La hipercapnia y la acidosis pueden ser toleradas y únicamente se deberían tratar si el pH es inferior a 7,15 mediante el aumento de la frecuencia respiratoria a un máximo de 38 respiraciones por minuto (esta frecuencia en niños pequeños podría ser superior y se deberá valorar el atrapamiento).

Algunos autores recomiendan que esta estrategia de tratamiento se realice de forma diaria si el paciente presenta tolerancia hemodinámica, hasta que se considere listo para el destete. Además, si se produce desaturación de oxígeno $\leq 90\%$ o después de la desconexión del respirador, la PEEP puede aumentarse transitoriamente a 35 cmH₂O (con PIP de 15 cmH₂O sobre la PEEP) durante un minuto.

Hay que tener en cuenta que durante los primeros momentos de la MR es posible observar un descenso transitorio de la saturación de oxígeno, debido a la sobredistensión de las zonas más preservadas, aunque generalmente se recupera al empezar a reclutarse las zonas más colapsadas, mejorando en ese momento la saturación de oxígeno. En el caso de que la desaturación inicial no se recupere se suspenderá la maniobra inmediatamente.

7. INDICACIONES EN PEDIATRÍA

Las maniobras destinadas a reclutar los alveolos deben aplicarse con la presión y el tiempo suficientes para llegar a los alveolos colapsados. Las MR se realizan en condiciones de hipoxemia grave como en los casos de SDRA y también se pueden utilizar para revertir los episodios de hipoxemia grave, aplicadas empíricamente después de periodos de des-reclutamiento (aspiraciones, desconexiones

del respirador) o utilizado como parte de una estrategia de ventilación. Se tendrán en cuenta para la realización de MR a los pacientes que estén con ventilación mecánica invasiva y presenten SDRA grave con P/F mantenida por debajo de 150 a pesar de la optimización de otros tratamientos o estrategias.

Dentro de los criterios de exclusión del uso de MR en pacientes adultos se encuentran: el uso de medicamentos vasoconstrictores en dosis crecientes en las últimas 2 horas (aumento de la adrenalina $\geq 0,5$ $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$), una presión arterial media < 65 mmHg, la hipertensión intracraneal, el síndrome coronario agudo y el neumotórax no drenado o enfisema subcutáneo.

8. RECOMENDACIONES FINALES, RESUMEN Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Las MR consisten en incrementos transitorios de la presión media en la vía aérea aplicados con el fin de reclutar unidades alveolares colapsadas. En pacientes pediátricos existen pocos trabajos que establezcan el modo de aplicación, seguridad y utilidad de las MR por lo que no se puede recomendar su uso rutinario.

Las últimas recomendaciones del consenso internacional Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC)³³ sugieren MR cuidadosas en el intento de mejorar la falta de oxigenación mediante pasos lentos incrementales y decrementales de PEEP (paso a paso). Las maniobras sostenidas de inflación no se pueden recomendar debido a la falta de datos disponibles.

La mejoría en el intercambio gaseoso derivado de la utilización de las MR suele ser transitoria. Se

necesitan más estudios para averiguar la eficacia de las MR y su evolución en niños a largo plazo. Dado el beneficio incierto de la mejoría transitoria de la oxigenación en pacientes con SDRA y la falta de información y estandarización sobre su influencia en los resultados clínicos, las MR deben de ser consideradas para su uso de forma individualizada en pacientes con hipoxemia muy grave. Su uso se limita a ser una maniobra de rescate ante un compromiso grave de la oxigenación, en fases precoces (exudativas) del SDRA, ajustando adecuadamente la PEEP inmediatamente después, precisando habitualmente un nivel mayor que el programado antes a la maniobra²⁷.

Otra de las opciones para la optimización de las MR sería utilizar el enorme potencial de la simulación para ayudar a evaluar la eficacia de las diferentes MR, comprender sus modos de operación, optimizar las MR para pacientes individuales y apoyar a los médicos en el diseño racional de estrategias de tratamiento mejoradas. El potencial beneficio de la simulación computacional que se ha observado a través de los ensayos clínicos es difícil de interpretar, debido a la heterogeneidad de las poblaciones de pacientes y estados de enfermedad, así como a una variedad de problemas prácticos y de metodología³⁵.

9. GUÍA RÁPIDA

Fases de la maniobra de reclutamiento

Fase 1. Reclutamiento pulmonar

1. Comenzar con PEEP de 25 cmH₂O durante 1 minuto.
2. Incrementar la PEEP gradualmente de 10 en 10 cmH₂O durante 1 o 2 minutos hasta llegar a 40 cmH₂O.

Fase 2. Titular la PEEP óptima

A continuación, se procede cada 3 minutos a la titulación decreciente de la PEEP, reduciéndola sucesivamente a 25 cmH₂O, 22 cmH₂O, 20 cmH₂O, 17cmH₂O... hasta un mínimo de 15 cmH₂O o hasta que se observe una disminución de la saturación de oxígeno $\geq 1\%$ del máximo de la saturación, definiéndose así el punto de desreclutamiento.

Fase 3. Repetir reclutamiento

Presión control (PC). Durante 1 minuto se procede al aumento de la PEEP hasta 35 cmH₂O, volviendo posteriormente a un nivel de 2 cmH₂O por encima del punto de desreclutamiento, es decir la **PEEP óptima**.

Fase 4. Mantener la ventilación

1. PEEP óptima: 2 cmH₂O por encima del punto de desreclutamiento.
2. Ajustar el Vc a cifras ≤ 6 ml/kg con una presión meseta ≤ 30 cmH₂O y *driving pressure* (Pplat-PEEP) < 15 cmH₂O.

Si con las MR no se consigue el efecto deseado, no se deberían repetir, excepto si la situación clínica del paciente cambia.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Borisi JP, Sapru A, Hanson JH, Asselin J, Gildengorin G, Newman V, *et al.* Efficacy and safety of lung

- recruitment in paediatric patients with acute lung injury. *Pediatr Crit Care Med.* 2011;12:431-436.
3. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M, *et al.* Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2006;354:1775-1786.
 4. 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. *Intensive Care Med.* 2014;40(9):1227-1240.
 5. Rocco PR, Pelosi P, de Abreu MG. Pros and cons of recruitment maneuvers in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Expert Rev Respir Med.* 2010;4:479-489.
 6. 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;74:268-278.
 7. Valenza F. Do recruitment maneuvers simply improve oxygenation? *Crit Care.* 2010;14:173.
 8. Santos RS, Silva PL, Pelosi P, Rocco PR. Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome: The safe way is the best way. *World J Crit Care Med.* 2015;4:278-286.
 9. Arun BT. Alveolar recruitment maneuvers in ventilated children: Caution required. *Indian J Crit Care Med.* 2011;15:141.
 10. Halbertsma FJ, Vaneker M, Pickkers P, Neeleman C, Scheffer GJ, Van der Hoeven JG, *et al.* A single recruitment maneuver in ventilated critically ill children can translocate pulmonary cytokines into the circulation. *J Crit Care.* 2010;25:10-15.
 11. 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.
 12. Hodgson CL, Tuxen DV, Davies AR, Bailey MJ, Higgins AM, Holland AE, *et al.* A randomized controlled trial of an open lung strategy with staircase recruitment, titrated PEEP and targeted low airway pressures in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care.* 2011;15:R133.
 13. Constantin JM, Godet T, Jabaudon M, Bazin JE, Futier E, *et al.* Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. *Ann Transl Med.* 2017;5(14):290.
 14. Algaba Á, Nin N (grupo de trabajo de IRA de la SEMICYUC). Alveolar recruitment maneuvers in respiratory distress syndrome. *Med Intensiva.* 2013;37:355-362.
 15. 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;31:2592-2597.
 16. Kaditis AG, Motoyama EK, Zin W, Maekawa N, Nishio I, Imai T, *et al.* The effect of lung expansion and positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics in anesthetized children. *Anesth Analg.* 2008;106:775-785.
 17. 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. *N Engl J Med.* 2000;342:1301-1308.
 18. Villar J, Kacmarek RM, Pérez-Méndez L, Aguirre-Jaime A. A high positive end-expiratory pressure, low tidal volume ventilatory syndrome: A randomized, controlled trial. *Crit Care Med.* 2006;34:1311-1318.
 19. Tusman G, Böhm SH, Tempra A, Melkun F, García E, Turchetto E, *et al.* Effects of recruitment ma-

- neuver on atelectasis in anesthetized children. *Anesthesiology*. 2003; 98:14-22.
20. 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; 178:1156-1163.
 21. 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;299:637-645.
 22. Morrow B, Futter M, Argent A. A recruitment manoeuvre performed after endotracheal suction does not increase dynamic compliance in ventilated paediatric patients: a randomised controlled trial. *Aust J Physiother*. 2007;53(3):163-169.
 23. Wang Y, Lu ZJ, Lu GP. Clinical analysis of recruitment maneuver with low tidal volume in the treatment of 15 children with acute lung injury. *Zhonghua Er Ke Za Zhi*. 2010;48:514-519.
 24. Kheir JN, Walsh BK, Smallwood CD, Rettig JS, Thompson JE, Gómez-Laberge C, *et al*. Comparison of two lung recruitment strategies in children with acute lung. *Respir Care*. 2013;58:1280-1290.
 25. Cruces P, Donoso A, Valenzuela J, Díaz F. Respiratory and hemodynamic effects of a stepwise lung recruitment maneuver in pediatric ARDS: A feasibility study. *Pediatr Pulmonol*. 2013;48(11):1135-1143.
 26. Cavalcanti AB, Suzumura ÉA, Laranjeira LN, Paisani DM, Damiani LP; Writing Group for the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial (ART) Investigators; *et al*. 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*. 2017; 18:1335-1345.
 27. Janerio D, Gordo F. Estrategia de ventilación mecánica en paciente con síndrome de distrés respiratorio agudo. En: Gordo F, Medina A, Abella A, Lobo B, Fernández-Ureña S, Hermosa C (eds.). *Fundamentos en ventilación mecánica en el paciente crítico*. Las Palmas de Gran Canaria: Tesela Ediciones; 2019.
 28. Goligher EC, Hodgson CL, Adhikari NKJ, Meade MO, Wunsch H, Uleryk E, *et al*. Lung recruitment maneuvers for adult patients with acute respiratory distress syndrome. A systematic review and meta-analysis. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14:S304-S311.
 29. 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;31:411-418.
 30. Duff JP, Rosychuk RJ, Joffe AR. The safety and efficacy of sustained inflations as a lung recruitment maneuver in paediatric intensive care unit patients. *Intensive Care Med*. 2007;33:1778-1786.
 31. ART investigators. Rationale, study design, and analysis plan of the Alveolar Recruitment for ARDS Trial (ART): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2012;13:153.
 32. Shu-Chen K, Yi-Li H, Wan-Ling C, Wang CM, Chang HC, Liu WL. Effects of stepwise lung recruitment maneuvers in patients with early acute respiratory distress syndrome: A prospective, randomized, controlled trial. *J Clin Med*. 2019;8(2).
 33. Paediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Paediatric acute respiratory distress syndrome: consensus recommendations from the Paediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med*. 2015;16:428-439.
 34. 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. *Crit Care*. 2015;19(1):8.