

# RECLUTAMIENTO ALVEOLAR Y TITULACIÓN DE PEEP

Dr. Pedro Alzugaray

Prof. Adjunto. Lab. Función Respiratoria Medicina Intensiva, Hospital de Clínicas.  
Montevideo - Uruguay

## INTRODUCCIÓN

El síndrome del distrés respiratorio agudo (SDRA) es un tipo de daño pulmonar inflamatorio agudo y difuso que tiene como consecuencia el incremento de la permeabilidad vascular pulmonar y la disminución del tejido pulmonar aireado.

Desde el punto de vista clínico, se caracteriza por un rápido deterioro del intercambio gaseoso (mayoritariamente por shunt intrapulmonar), distribución heterogénea del compromiso alveolar (edema, colapso, sobredistensión) con una disminución de la distensibilidad pulmonar. De esta manera, la hipoxemia y el stress parenquimatoso pulmonar forman parte ineludible del análisis y de la terapéutica.

El SDRA sigue constituyendo una causa importante de insuficiencia respiratoria severa.

Es una entidad frecuente en los pacientes críticos y una causa mayor de muerte en las UCI.

En la **Figura 1** se representa la definición actual de SDRA y los criterios adoptados para su clasificación, en la que se destaca el inicio agudo de la insuficiencia respiratoria frente a un insulto predisponente, asociado a infiltrado radiológico bilateral o condensación de zonas dependientes en la tomografía de tórax, en ausencia de falla cardíaca o hiperreposición.

Figura 1: Definición de Berlín:

Inicio	PaFI (PEEP o CPAP ≥ 5 cm H <sub>2</sub> O)	Rx o TAC Torax	Origen del edema
Agudo ≤ 7 días de causa de riesgo o IR	≤ 300	Infiltrado bilateral no explicable por:	Sin falla cardíaca ni hiper reposición
	300-200 LEVE	Derrame	<b>ECOcardio</b>
	< 200 > 100 MODERADO	Atelectasia	cuando no hay factores de riesgo
	≤ 100 SEVERO	Nódulos	

JAMA 2012, 307

## OBJETIVOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN EL SDRA

La ventilación mecánica en los pacientes con SDRA tiene como objetivos: 1) optimizar el intercambio de gases, 2) disminuir el trabajo de los músculos respiratorios y 3) disminuir al máximo posible el grado de injuria pulmonar asociada a la ventilación mecánica (VALI); ya que esta por sí misma es capaz no solo de agravar sino incluso de autoperpetuar los mecanismos generadores del SDRA. La VALI puede ser un importante factor en el pronóstico de los pacientes con SDRA, por lo cual la estrategia de ventilación mecánica, cuyo objetivo es el de dar protección al pulmón, puede reducir su incidencia y severidad y mejorar los resultados en términos de sobrevida.

Se deberá intentar una estrategia de protección pulmonar que minimice la sobredistensión pulmonar de las zonas no dependientes y el colapso con reclutamiento y desreclutamiento cíclico en las zonas dependientes de la gravedad.

Para lograrlo se deberá ventilar con volumen corriente (VC) bajo, un nivel adecuado de presión al final de la espiración (PEEP) y presiones de distensión bajas.

La utilización de diferentes niveles de PEEP ha sido la piedra angular en el tratamiento de la IRA en el SDRA. Su aplicación se fundamenta en el concepto de que la PEEP es capaz de abrir unidades previamente colapsadas; sin embargo, desde un punto de vista físico, la aplicación de presión positiva espiratoria en la vía aérea, más que abrir nuevas unidades alveolares, evita que se cierren o colapsen las unidades alveolares insufladas en la fase inspiratoria del ciclo respiratorio inmediatamente anterior. Por ello, la aplicación de niveles de PEEP en un pulmón heterogéneo como el del SDRA, puede condicionar un aumento de la heterogeneidad y, en consecuencia, amplificar los fenómenos de sobredistensión y colapso con el consiguiente aumento del daño por el ventilador.

Por este motivo, se ha incorporado a la estrategia ventilatoria del SDRA la realización de maniobras periódicas de reclutamiento alveolar, cuyo objetivo es lograr la apertura rápida y simultánea de la mayoría de las unidades alveolares y, en consecuencia, una homogeneización pulmonar. Logrado ello, la aplicación posterior de un patrón ventilatorio con niveles adecuados de PEEP permite mantener y asegurar el reclutamiento alveolar obtenido con esta maniobra; esto con la menor presión de distensión o sea con el menor *Driving Pressure*.

## RECLUTAMIENTO ALVEOLAR

### ¿Qué es el reclutamiento alveolar (RA)?

El RA se define como la reexpansión de áreas pulmonares previamente colapsadas mediante un incremento breve y controlado de la presión transpulmonar. Se deben aumentar las presiones en vía aérea, superar las presiones críticas de apertura y luego asegurar el pulmón abierto con un adecuado nivel de PEEP.

### ¿Por qué reclutamos el pulmón?

El objetivo del reclutamiento alveolar es lograr la apertura rápida y simultánea de la mayoría de las unidades alveolares colapsadas, con lo cual se logra una homogeneización del parénquima pulmonar, se revierte la hipoxemia generada por este mecanismo y se crean las condiciones para una ventilación más protectora.

Hay que recordar que la maniobra de reclutamiento (MR) forma parte de una estrategia de ventilación protectora, llamada *open lung approach* o ventilación con pulmón abierto.

Si bien en la literatura se insiste en la falta de evidencia para demostrar mejoría en la supervivencia asociada a la maniobra no es adecuado, a nuestro entender, pedirle a una maniobra cambios en la mortalidad, dado que ella siempre debe ir asociada a la estrategia mencionada.

### ¿A quién reclutamos?

Este procedimiento está indicado en pacientes con Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA) moderado a severo, en etapa precoz, con menos de 72 horas de instalación.

### ¿Cómo reclutamos?

Si bien existen en la literatura múltiples formas de realizar la maniobra de reclutamiento (MR) en forma didáctica podemos agruparlas en tres: insuflaciones sostenidas en CPAP, suspiros intermitentes y estrategia de máximo reclutamiento en PCV. Suficientes publicaciones en los últimos tiempos utilizan la MR en PCV con la estrategia de máximo reclutamiento. A la vez, algunos otros estudios mostraron aumento en la liberación de mediadores con las otras maniobras.

Un reclutamiento submáximo puede agravar la heterogeneidad pulmonar y amplificar los mecanismos generadores de injuria.

A su vez, existen datos en la literatura acerca de que la apertura pulmonar submáxima puede agravar el shunt pulmonar por reclutamiento vascular con escasa o nula apertura alveolar.

Muchas veces se menciona que un gran número de pacientes tienen pulmones no reclutables.

Los datos publicados por el Dr. Borges muestran que solo el 45 % de los pacientes reclutan con presiones máximas de 40 cm H<sub>2</sub>O y que hay un 15 % que necesitan 60 cm H<sub>2</sub>O para alcanzar el reclutamiento máximo. Por lo tanto, el éxito de la maniobra va a depender de las presiones máximas alcanzadas.

Por último, recordamos que para que el efecto del reclutamiento no sea transitorio y perdure en el tiempo debe siempre ir acompañado de un nivel adecuado de PEEP.

## PROCEDIMIENTO

Previo al inicio de la maniobra se debe realizar estabilización hemodinámica, sedación, analgesia y curarización del paciente, quien debe estar con monitorización continua electrocardiográfica y de oximetría de pulso. La maniobra se debe suspender si aparece

hipotensión severa (PAM menor de 60 mm Hg), arritmias graves; o disminución de la SaO<sub>2</sub> por debajo de 87-90 %.

- Modo PCV, paciente sedado y curarizado, monitorizado, con estabilidad hemodinámica y eléctrica.
- $\Delta P=15$  cm H<sub>2</sub>O; ; F<sub>I</sub>O<sub>2</sub>=1; Fr 15 rpm; relación I/E=1:2
- PEEP de 25 cm H<sub>2</sub>O durante 2 minutos; se aumenta 5 cm H<sub>2</sub>O progresivamente cada 2 minutos hasta un nivel máximo de PEEP de 40 cm H<sub>2</sub>O de PEEP. Al final del último incremento de PEEP se disminuye durante dos minutos a PEEP=25 cm H<sub>2</sub>O y se realiza medida de gases arteriales.
- Si el paciente no recluta con las presiones descritas se debe considerar un último incremento a PEEP de 45 cm H<sub>2</sub>O, con igual patrón respiratorio (presión máxima 60 cm H<sub>2</sub>O).

Se considera pulmón reclutado si el índice PaO<sub>2</sub>/F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> es mayor de 350.

**Recordar:** para que la maniobra sea efectiva se requiere: superar la presión crítica de apertura durante la fase inspiratoria; mantener esta presión de apertura por un período de tiempo suficiente y, evitar el colapso alveolar durante la fase espiratoria con la aplicación de un nivel adecuado de PEEP. *Open up the lung and keep the lung open.*

## TITULACIÓN DE PEEP

Existen varias formas para la titulación del nivel de PEEP más apropiado sin un grado de evidencia que muestre superioridad de unas sobre otras. Se describen las que exhiben más larga experiencia y mayor seguridad en estudios clínicos.

Debe evitarse utilizar PEEP inferior a 8 cm H<sub>2</sub>O.

Si bien existe la posibilidad de titular PEEP por una tabla de oxigenación, en la estrategia de ventilación con pulmón abierto la titulación se realiza por un criterio de mecánica pulmonar.

**Criterio de mecánica:** Este criterio se basa en aplicar la información obtenida directa o indirectamente de la curva P/V para asociar a los volúmenes corrientes bajos que evitan la sobre distensión del *baby lung*, un nivel de PEEP que proteja del cierre y apertura cíclica alveolar. Quienes defienden el reclutamiento máximo proponen asociar maniobra de reclutamiento, VC bajo (6 ml/kg) y nivel de PEEP escogido de acuerdo al criterio de mecánica pulmonar, para mantener el reclutamiento pulmonar logrado.

## ¿Por qué titulamos PEEP?

El objetivo es mantener el reclutamiento alveolar obtenido durante la fase inspiratoria del ciclo respiratorio inmediatamente anterior o luego de una Maniobra de Reclutamiento Alveolar (MR). De esta manera, se evita el colapso de dichas unidades, manteniendo la homogenización pulmonar y protegiendo al pulmón de la lesión asociada a la ventilación mecánica.

### ¿En quiénes titulamos?

La optimización de los niveles de PEEP aplica a todos los pacientes que presentan una SDRA.

### ¿Cómo titulamos?

La titulación de PEEP se realiza de preferencia luego de la MR, la razón es sencilla, pero no obvia:, el pulmón en fase incremental de PEEP tiene un comportamiento no predecible debido a la heterogeneidad pulmonar.

Sin embargo, luego de reclutamiento máximo, el pulmón sigue siempre el mismo comportamiento. Primero con niveles altos de PEEP él está sobredistendido, por lo cual el descenso de las presiones genera alivio de sobredistensión con mejoría de la complacencia de sistema respiratorio (Csr). Esto ocurre hasta que los alvéolos más inestables comienzan a colapsarse y la Csr comienza a empeorar. Existe una zona donde sobredistensión y colapso conviven en forma mínima; es aquí donde la Csr es mejor y la cantidad de pulmón funcional es mayor y, por ende, la presión de distensión o *driving pressure* es menor y la protección óptima. Un ejemplo de este fenómeno se puede ver en la **Figura 2** en la que se presenta el comportamiento de la sobredistensión y el colapso evaluado mediante tomografía de impedancia eléctrica en un paciente con SDRA, desde el reclutamiento máximo hasta niveles bajos de PEEP. Se observa como luego del reclutamiento máximo y con niveles elevados de PEEP predomina el efecto de la sobredistensión sobre la mecánica y, por tanto, la Csr es más baja. La oxigenación no resulta influida por este mecanismo de sobredistensión en ausencia de colapso y, en consecuencia, el PaFI es alto. A medida que desciende el nivel de PEEP la sobredistensión va disminuyendo hasta un nivel de PEEP que empieza a ser insuficiente para prevenir el colapso, el que progresivamente incrementa al seguir descendiendo la PEEP

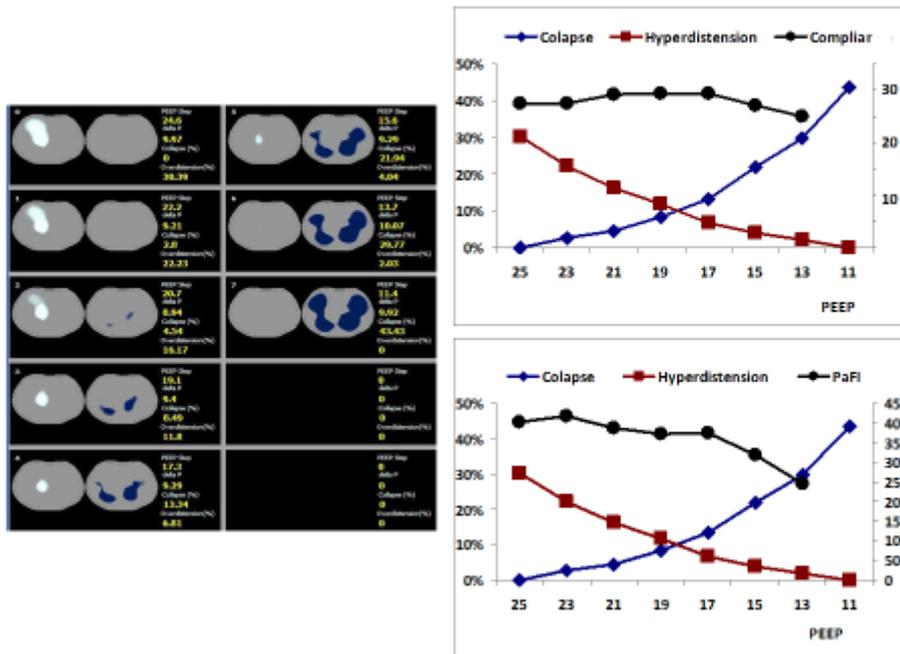


Figura 2: el gráfico representa la titulación de PEEP con reclutamiento máximo y PEEP decremental. La imagen izquierda visualiza por impedancia eléctrica la presencia de hiperdistensión (en color celeste) y/o colapso (color azul) en cada nivel de PEEP estudiado (desde 25 a 11 cm H<sub>2</sub>O). A la derecha, se grafican el porcentaje de hiperdistensión/colapso en función del nivel de PEEP y la Csr (gráfico superior) y el PaFI (gráfico inferior) resultantes.

## PROCEDIMIENTO

PEEP-decremental, titulada por la complacencia del sistema respiratorio ( $C_{SR}$ ). Después de una MRA, se mide la complacencia dinámica en valores decreciente de PEEP. Esta maniobra debe ser considerada en caso de SDRA moderado a severo.

Procedimiento:

- Modo PCV, paciente sedado y curarizado, monitorizado, con estabilidad hemodinámica y eléctrica.
- $\Delta P=10$  cm H<sub>2</sub>O;  $F_iO_2=1$ ; Fr 15 rpm; relación I/E=1:2; PEEP=25 cm H<sub>2</sub>O.
- Descender PEEP de 2 cm H<sub>2</sub>O cada 2-4 minutos. En cada nivel de PEEP se mide la compliance dinámica. La PEEP a utilizar será 2 cm H<sub>2</sub>O por encima de la que genere la mejor  $C_{SR}$ .
- El procedimiento se completa con una nueva MRA.

## Curva Presión/Volumen (curva P/V)

Realizar una curva PV por el método de flujo lento identificando el punto de inflexión inferior (P flex) en la rama inspiratoria y el punto de máxima curvatura en la rama espiratoria, a través

de software específicos de cada respirador. Se colocará la PEEP 2 cm H<sub>2</sub>O por encima del punto encontrado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, Fan E, Camporota L, Slutsky AS. Acute Respiratory Distress Syndrome The Berlin Definition. *JAMA*. 2012;307(23)
- ARDSNet: 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.
- Amato MBP, Barbas CSV, Carvalho CRR: Protective ventilation for the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998, 339:196-199.
- Suarez-Sipmann F, Bohm SH. Recruit the lung before titrating the right positive end-expiratory pressure to protect it. *Crit Care*. 2009;13(3):134.
- Costa EL, Borges JB, Melo A, Suarez-Sipmann F, Toufen C Jr, Bohm SH, Amato MB. Bedside estimation of recruitable alveolar collapse and hyperdistension by electrical impedance tomography. *Intensive Care Med*. 2009 Jun;35(6):1132-7.
- Papazian L, Forel JM, Gacouin A, Penot-Ragon C, Perrin G, Loundou A, Jaber S, Arnal JM, Perez D, Seghboyan JM, Constantin JM, Courant P, Lefrant JY, Guérin C, Prat G, Morange S, Roch A; ACURASYS Study Investigators. Neuromuscular blockers in early acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2010 Sep 16;363(12):1107-16.
- Barbas CS, Matos GF, Amato MB, Carvalho CRR. Goal-oriented respiratory management for critically ill patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Res Pract* 2012; 2012:952168.