

## Efectos fisiológicos de una maniobra de reclutamiento alveolar escalonada en pacientes con SDRA en etapa precoz

J.E. SAN ROMÁN, S.E. GIANNASI, R. ÁVILA, F. SALDARINI, M. PERMAN, M. BUTERA Y A. GALLESIO

Servicio de Terapia Intensiva Adultos. Hospital Italiano de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.

**Fundamento.** Evaluar el impacto sobre la oxigenación y la distensibilidad del sistema respiratorio, de una maniobra de apertura pulmonar en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) en etapa temprana de la evolución.

**Pacientes y método.** Estudio llevado a cabo en 18 pacientes con SDRA grave ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$  mmHg) y temprano ( $\leq 72$  h de evolución), a quienes se realizó una maniobra de reclutamiento con valores crecientes de PEEP hasta que ésta alcance 35  $\text{cmH}_2\text{O}$  o una presión máxima en la vía aérea de 60  $\text{cmH}_2\text{O}$ .

**Resultados.** Después de la maniobra, a iguales valores de ventilación controlada por presión y PEEP, mejoró la distensibilidad del sistema respiratorio (32,50 [10,06] frente a 38,07 [11,77]  $\text{ml/cmH}_2\text{O}$ ;  $p < 0,001$ ), la  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  (110,5 [41,09] frente a 217,83 [102,51];  $p < 0,001$ ) y aumentó el volumen corriente (6,79 [0,79] a 8,32 [1,33]  $\text{ml/kg}$ ;  $p < 0,001$ ). Hubo una correlación positiva significativa entre ganancia de volumen corriente y cambio de la  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ( $p = 0,03$ ; intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,044–0,91). Observamos una caída significativa de la presión arterial sistólica (129,94 [23,19] frente a 114,83 [37,12] mmHg;  $p < 0,001$ ) que mejoró al finalizar la maniobra. No se detectó barotrauma en ningún paciente.

**Conclusiones.** En pacientes con SDRA temprano, ventilados con una estrategia protectora pulmonar, la realización de una maniobra de reclu-

tamiento alveolar fue efectiva en mejorar la oxigenación y la distensibilidad en la mayoría de los pacientes. El aumento de volumen corriente hallado después de la maniobra se correlacionó con la mejoría en la oxigenación.

**PALABRAS CLAVE:** SDRA, PEEP, ventilación mecánica, distensibilidad, reclutamiento alveolar.

### PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF A SCALED ALVEOLAR RECRUITMENT MANEUVER IN PATIENTS WITH EARLY-STAGE ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME

**Background.** To evaluate the effect of an alveolar recruitment maneuver on oxygenation and respiratory system compliance in patients with early-stage acute respiratory distress syndrome (ARDS).

**Patients and method.** We performed a study of 18 patients with severe ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$  mmHg), early stage ( $\leq 72$  hours from onset) ARDS who underwent a recruitment maneuver with increasing levels of PEEP until a PEEP of 35  $\text{cmH}_2\text{O}$  or a maximum airway pressure of 60  $\text{cmH}_2\text{O}$  was reached.

**Results.** After the maneuver, with equal values of pressure-controlled ventilation and PEEP, improvement was observed in respiratory system compliance (32.50  $\pm$  10.06  $\text{ml/cm H}_2\text{O}$  vs. 38.07  $\pm$  11.77  $\text{ml/cmH}_2\text{O}$ ,  $p < 0.001$ ) and  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  (110.5  $\pm$  41.09 vs. 217.83  $\pm$  102.51  $p < 0.001$ ) while tidal volume increased (6.79  $\pm$  0.79 to 8.32  $\pm$  1.33  $\text{ml/Kg}$   $p < 0.001$ ). A significant positive correlation was found between an increase in tidal volume and change in  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ( $p: 0.03$ , 95% CI: 0.044–0.91). We observed a significant fall in systolic blood pressure (129.94  $\pm$  23.19 mmHg vs. 114.83  $\pm$  37.12

Correspondencia: Secretaría de Terapia Intensiva Adultos.  
Hospital Italiano de Buenos Aires.  
Gascón 450, 1.º, escalera 5.  
1487 Buenos Aires. Argentina.  
Correo electrónico: eduardo.sanroman@hospitalitaliano.org.ar.

Manuscrito aceptado el 25-IX-2003

mmHg  $p < 0,001$ ) that improved after the maneuver. None of the patients suffered barotrauma.

**Conclusions.** In most of the patients with early-stage ARDS undergoing lung-protective mechanical ventilation, the alveolar recruitment maneuver was effective in improving oxygenation and compliance. The increase in tidal volume found after the maneuver correlated with improved oxygenation.

**KEY WORDS:** ARDS, recruitment, oxygenation, mechanical ventilation.

## INTRODUCCIÓN

Desde la descripción original del síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) realizada por Ashbaugh et al en el año 1967<sup>1</sup>, la ventilación mecánica con presión positiva espiratoria final (PEEP) forma parte de la estrategia fundamental del tratamiento. Investigaciones precursoras, realizadas en la década de los setenta, con valores altos de PEEP demostraron la capacidad de ésta en reducir el *shunt* y mejorar la oxigenación en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica<sup>2,3</sup>. Estudios de experimentación con animales demostraron que la aplicación de valores adecuados de PEEP protege al pulmón de la lesión pulmonar relacionada con la ventilación mecánica<sup>4</sup>. Amato et al<sup>5</sup> demostraron una mejoría en la supervivencia en pacientes con SDRA, en los que se practicaron técnicas de apertura pulmonar a través del empleo de valores altos de PEEP.

En la última década, se han desarrollado diversas técnicas que aumentan de forma transitoria las presiones pulmonares destinadas a mejorar la hipoxemia de pacientes con SDRA<sup>6,7</sup>, o a prevenir la formación de atelectasias en pacientes sometidos a anestesia general<sup>8</sup>, estrategias conocidas con el nombre genérico de *estrategias de reclutamiento alveolar*<sup>9</sup>. Hasta hoy no existe consenso sobre cuál de estas estrategias es la más adecuada para cada paciente<sup>10</sup>, ni cómo determinar fácilmente al pie de la cama si éstas producen reclutamiento pulmonar.

El objetivo del presente estudio es valorar el grado de variación en la oxigenación, distensibilidad del sistema respiratorio (Crs) y en el volumen corriente ( $V_t$ ), después de la realización de una maniobra de reclutamiento alveolar, en una muestra de pacientes con SDRA temprano y severo.

## PACIENTES Y MÉTODO

Se incluyeron pacientes adultos mayores de 18 años de edad, con diagnóstico de SDRA según la Conferencia del Consenso Americano-Europeo de SDRA<sup>11</sup>, de temprana evolución ( $< 3$  días) e hipoxemia severa ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 150$ ) con PEEP (10  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) y prolongada (al menos 4 mediciones de  $\text{PaO}_2$  con intervalos no menores a 90 min entre cada una).

Entre los criterios de exclusión figuraron uno o más de los siguientes: a) edad menor a 18 años; b)

presencia de inestabilidad hemodinámica, definida como hipotensión sostenida a pesar de expansión con fluidos; c) evidencia clínica y/o radiológica de barotrauma; d) embarazo; e) evidencia de hipertensión endocraneana, y f) presencia de insuficiencia cardíaca.

Para la ventilación mecánica se tomaron en cuenta las recientes recomendaciones de mantener un  $V_t$  menor de 8 y mayor de 4  $\text{ml/kg}$ <sup>12</sup>. Se utilizaron respiradores con microprocesador (Servo 300 Siemens Sweden) bajo el modo de ventilación controlada por presión (VCP), con un valor de presión control tal que se obtenga el  $V_t$  predicho y normocapnia. La frecuencia respiratoria se estableció entre 15 y 20 respiraciones/min, y el tiempo inspiratorio fue del 25%. Para asegurarnos que durante la realización de una maniobra de reclutamiento, el valor máximo de presión en la vía aérea (presión control más PEEP) no superara los 60  $\text{cmH}_2\text{O}$ , se colocó la alarma de la depresión inspiratoria pico en dicho valor (una vez alcanzado, se cortó el flujo inspiratorio).

Durante todo el período de la prueba, los pacientes estuvieron bajo los efectos de sedación profunda y relajación muscular. En todos los pacientes se colocó un catéter en la arteria radial de la mano no dominante a partir del que se controló la presión arterial de forma continua y se obtuvieron muestras de sangre para la medición de los gases; además, todos los pacientes fueron controlados con oximetría de pulso.

Durante la hora previa a la realización de la prueba, en todos los pacientes se llevó a cabo un período de estabilización y homogeneización de la ventilación mecánica, se colocó la  $\text{FiO}_2$  en el 100%, la PEEP en 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ , el tiempo inspiratorio en el 50%, y se mantuvo el volumen minuto respiratorio igual al basal. En ese momento, se tomaron muestras de sangre para las mediciones basales de gases. Luego de este período se realizó la maniobra de reclutamiento (MR).

## Descripción de la maniobra de reclutamiento

A partir de una PEEP de 10  $\text{cmH}_2\text{O}$  y un valor de presión control que asegurase un  $V_t$  mayor de 4 y menor de 8  $\text{ml/kg}$ , se incrementó la PEEP progresivamente de 5 en 5  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Cada nuevo "escalón" de PEEP se mantuvo durante 60 s; la maniobra finalizó cuando se alcanzó una PEEP de 35  $\text{cmH}_2\text{O}$  o una presión máxima inspiratoria de 60  $\text{cmH}_2\text{O}$ . El "último escalón" (mayor valor de PEEP alcanzado) se mantuvo durante 180 s. El descenso de la PEEP al valor basal (10  $\text{cmH}_2\text{O}$ ), se realizó en un solo paso (fig. 1).

En caso de detectar hipotensión se disminuyó la PEEP al "escalón anterior" y se administró solución fisiológica (máximo 500 ml), teniendo en cuenta la condición clínica y el control hemodinámico. Si persistía la hipotensión, el paciente se retiraría del protocolo. Otras causas de finalización precoz del estudio fueron la presencia de barotrauma y de arritmias que pusieran en peligro la vida del paciente durante el procedimiento.

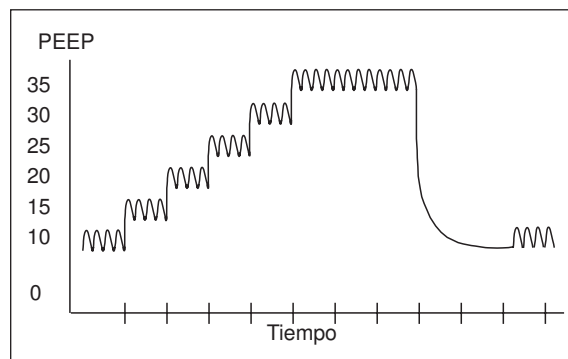


Figura 1. Valor de PEEP utilizado: la maniobra de reclutamiento es escalonada (cada escalón es mantenido por 1 min o 20 rpm) partiendo de PEEP = 10 y finalizando cuando se alcanza una presión inspiratoria pico = 60 cmH<sub>2</sub>O o PEEP = 35 cmH<sub>2</sub>O. En el valor máximo de PEEP se ventila por 3 min. Después sigue la fase de deflación retomando al valor inicial de 10 cmH<sub>2</sub>O.

Durante la realización de la maniobra era previsible que al aumentar la PEEP y mantener un límite determinado de presión, el V<sub>t</sub> disminuyera, por lo cual el valor de presión control se mantuvo estable siempre y cuando el V<sub>t</sub> fuera mayor que 4 ml/kg, y si esto no ocurría el valor de presión control se aumentaría.

### Mediciones fisiológicas

En todos los pacientes se realizaron las siguientes mediciones: a) presión máxima de la vía aérea (valor de presión control más PEEP<sub>t</sub>) y media a través del monitor del respirador; b) presión arterial y frecuencia cardíaca a través del monitor central del paciente; c) PaO<sub>2</sub> después de tomar una muestra de sangre del catéter arterial, y d) distensibilidad del sistema respiratorio (Crs):

$$V_t/P_{pt} - PEEP_t$$

En donde V<sub>t</sub> = volumen ciclado, P<sub>pt</sub> = presión plateau, PEEP<sub>t</sub> = presión espiratoria final del sistema; para el cálculo de ésta, se midió el volumen corriente espirado a cada valor de presión elegido. El valor de presión utilizado para el cálculo de la Crs fue el valor de presión alcanzado al final de la inspiración menos la PEEP<sub>t</sub>. El valor de PEEP medido y utilizado en todo momento fue la PEEP total (PEEP extrínseca + autoPEEP).

Delta V<sub>t</sub>: (DV<sub>t</sub>) = V<sub>t</sub> inicial - V<sub>t</sub> final (al mismo valor de presión controlada (PC)).

Se realizó una medición "basal" después del período de estabilización y antes de la maniobra de reclutamiento, la segunda o de "máximo reclutamiento" en el período de mayor PEEP alcanzada y, finalmente, a los 30 min después de finalizada la maniobra, denominando a esta última *posreclutamiento*.

Como datos generales, se registraron: a) edad; b) sexo; c) tipo de SDRA, ya sea de origen primario o secundario (SDRAp o SDRAs, respectivamente); d)

puntuación de lesión pulmonar aguda de Murray; e) APACHE II; f) presencia de sepsis; g) enfermedad causal del SDRA; h) peso teórico, e i) complicaciones.

### Análisis estadístico

Las variables numéricas se expresaron como media (desviación estándar). Los diferentes puntos hallados en el tiempo fueron evaluados a través del análisis de Friedman con comparaciones múltiples, usando el método de Bonferroni. Para la comparación entre pares se utilizó el test de Wilcoxon. Consideramos como estadísticamente significativo, una p < 0,05.

### Consentimiento

Las maniobras de reclutamiento se emplean frecuentemente en este tipo de pacientes, con publicaciones en los últimos 10 años que así lo acreditan. Así, desde hace 5 años, nuestro grupo ha protocolizado la maniobra sola o combinada con el cambio de decúbito. Actualmente, esta estrategia se considera parte del tratamiento de rutina frente a pacientes con hipoxemia refractaria y estabilidad hemodinámica. Consultado en este contexto, el departamento de investigación clínica y bioética de la institución consideró que tratándose de una maniobra de rutina no era necesario obtener consentimiento informado. En todos los casos se informó verbalmente a los familiares sobre el tratamiento que se les estaba realizando y la existencia del protocolo.

### RESULTADOS

Durante un período de 2 años (desde mayo de 1999 a mayo de 2001) fueron incluidos de forma consecutiva 18 pacientes, edad 44 (18) años, APACHE II de ingreso en la unidad de 15,38 (2,45), 11 pacientes con SDRAs y 7 con SDRAp, puntuación de Murray 2,88 (0,38). Todos los pacientes presentaban SDRA en etapa temprana de evolución, con un promedio de 2,22 (0,80) días de ventilación mecánica (tabla 1).

### Mecánica pulmonar

En la cúspide de MR la presión al final de la inspiración (PC + PEEP<sub>t</sub>) llegó a 50,39 (6,04) cmH<sub>2</sub>O, la presión media en la vía aérea a 40,11 (4,06) cmH<sub>2</sub>O y la PEEP a 32,22 (3,49) cmH<sub>2</sub>O, el V<sub>t</sub> disminuyó de 6,79 (0,79) ml/kg (basal) a 4,12 (0,92) ml/kg (p < 0,01) y la Crs descendió significativamente (basal: 32,50 [10,06] ml/cmH<sub>2</sub>O frente a Crs maniobra: 19,66 [6,15] ml/cmH<sub>2</sub>O; p < 0,001). Terminada la maniobra (valores basales de PC y PEEP), la Crs mejoró significativamente con respecto a la basal, mejoría que se mantuvo a los 30 min

**TABLA 1. Características de los pacientes al ingreso en el protocolo**

N	Edad	Sexo	APACHE II*	Diagnóstico	Tipo de lesión**	Días ARM***	IPA Murray	Evolución	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>
1	40	F	15	CID, feto muerto y retenido	S	2	3	V	151
2	54	F	16	Neumonía bilateral	P	2	4	V	98
3	53	F	19	Sepsis abdominal	S	1	3	E	91
4	53	M	16	Politraumatismo	S	2	2,75	V	136
5	34	F	16	Hemoperitoneo	S	2	3,25	V	37
6	86	F	15	Broncoaspiración HSA	S	2	2,75	E	69
7	47	M	15	Cirugía prolongada de cáncer de esófago	S	3	2,5	E	149
8	65	M	14	Shock hipovolémico y neumonía	S	3	2,5	V	100
9	30	M	12	Traumatismo de tórax	P	3	2,5	V	150
10	26	M	15	Politraumatismo	S	1	3,25	V	150
11	34	F	22	Insuficiencia hepática	S	3	2,75	E	42
12	74	M	17	Broncoaspiración post-TEC	P	3	2,75	E	81
13	41	M	15	Peritonitis fecal	S	1	2,5	V	153
14	25	M	12	Politraumatismos	P	3	2,5	V	86
15	23	M	15	Politraumatismo	S	1	3,25	V	66
16	21	M	17	Neumonía, post-TEC	P	3	3	V	150
17	27	F	12	Bronconeumonía	P	3	3	E	120
18	59	M	14	Shock hipovolémico, HDA	S	2	2,75	V	160
44 (18,73)			15,38 (2,45)			2,22 (0,80)	2,88 (0,38)		110,5 (41,09)

CID: coagulación intravascular diseminada; HSA: hemorragia subaracnoidea; HDA: hemorragia digestiva alta; IPA Murray: puntuación de lesión pulmonar; M: masculino; F: femenino; TEC: traumatismo craneoencefálico; E: exitus.

\*Puntuación APACHE II de ingreso a la UTI; \*\*tipo de lesión: P (primaria), S (secundaria); \*\*\*días de ARM previos al ingreso al protocolo.

de finalizada (38,07 [11,77] ml/cmH<sub>2</sub>O con respecto a la Crs basal [p < 0,01]) (tabla 2). Los datos obtenidos durante y al final de la maniobra se compararon con los datos basales.

### Intercambio gaseoso

Durante la realización de la MR, la oxigenación empeoró en 3 pacientes, en uno no se modificó y mejoró en el resto. Comparando todos los pacientes antes y durante la maniobra de reclutamiento la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> mejoró significativamente desde 110,5 (41,1) a 203,2 (104,85) mmHg (p < 0,01).

Finalizada la maniobra y habiendo retornado a los valores basales de ventilación mecánica, en 17 de los 18 pacientes se observó mejoría de la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> y en 10 ésta fue ≥ 200 mmHg. El promedio de mejoría general fue de 43,4% (20,8) con respecto a los valores iniciales de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>. En la tabla 3 se muestra la evolución de la relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> desde

la situación basal, pico y de reposo posterior a la maniobra.

No hubo diferencias en cuanto a los valores de PaCO<sub>2</sub> antes y después de la maniobra (45,61 [9,7] frente a 46,2 [12,2] mmHg). Sin embargo, durante la maniobra todos los pacientes mostraron un incremento de la PaCO<sub>2</sub> (desde 45,6 [9,7] a 60,2 [13,4] mmHg [p < 0,01]).

### Variaciones del V<sub>t</sub>

Se midió el V<sub>t</sub> desarrollado antes y después de la maniobra de reclutamiento (a igual valor de PEEP y PC), y se observó una ganancia de éste en todos los pacientes. Por medio de un análisis de regresión lineal se observó que la cantidad de volumen reclutado después de la maniobra se relacionó significativamente (p < 0,05; intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,044-0,91) con la ganancia de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, cuya ecuación es:

$$P(\text{PaO}_2/\text{FiO}_2) = 50,93 + (0,478 \times \text{dif. V}_t) \text{ (fig. 2).}$$

**TABLA 2. Valores antes del inicio de la maniobra de reclutamiento (basal), en el pico de la maniobra (máxima PEEP alcanzada) y al final de la maniobra (posterior a la maniobra)**

	Basal	Maniobra	Posterior a la maniobra
PCV cmH <sub>2</sub> O	17,22 (4,76)	17,72 (4,53) (NS)	17,72 (4,76) (NS)
PIP cmH <sub>2</sub> O	27,67 (4,86)	50,39 (6,04)**	28,67 (6,53) (NS)
PMA (cmH <sub>2</sub> O)	18,33 (2,83)	40,11 (4,06)**	19,39 (4,59) (NS)
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	10,06 (0,24)	32,22 (3,49)**	10,50 (2,38) (NS)
V <sub>t</sub> (ml)	544,50 (90,73)	328,50 (73,09)**	662,28 (110,99)**
V <sub>t</sub> /peso (ml/kg)	6,79 (0,79)	4,12 (0,92)**	8,32 (1,33)**
Crs (ml/cmH <sub>2</sub> O)	32,5 (10,06)	19,66 (6,15)**	38,07 (11,77)**
PAS	129,94 (23,19)	114,83 (37,12)**	115,72 (24,45)**
Fc	114,11 (23,20)	119,94 (22,31) (NS)	121,05 (21,56)*

Las comparaciones de los resultados obtenidos durante y después de la maniobra se hacen respecto de los valores basales.

Crs: distensibilidad del sistema respiratorio; Fc: frecuencia cardíaca; NS: no significativo; PAS: presión arterial sistólica; PCV: valor de presión control; PIP: valor de presión pico; PMA: presión media de la vía aérea; V<sub>t</sub>: volumen corriente; V<sub>t</sub>/peso: V<sub>t</sub> en ml por kg de peso.

\*p < 0,05; \*\*p < 0,001.

**TABLA 3. Valores de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> al ingreso, durante el pico de maniobra de reclutamiento y a los 30 min de finalizada, y retornado a la ventilación mecánica con los parámetros iniciales del respirador**

Paciente	Basal	Maniobra	Final
1	151	368	428
2	98	408	295
3	91	224	356
4	136	287	261
5	37	76	87
7	69	78	117
8	149	156	156
9	100	150	250
10	150	275	310
11	150	150	162
12	42	40	45
13	81	80	109
14	153	209	261
15	86	196	196
16	66	263	125
17	150	132	225
18	120	316	215
19	160	250	323
Promedio/2Ds	110,5 (41,09)	203,22 (104,85)	217,83 (102,51)

### Complicaciones

Los pacientes presentaron una disminución significativa de la presión arterial sistólica de 129,9 (23,2) mmHg a 114,8 (37,1) mmHg, a expensas de una disminución marcada de ésta en 5 pacientes (80,1 [5,47] mmHg) al llegar al pico de la maniobra, que requirió expansión con solución fisiológica (500 ml en 3 pacientes y 250 ml en 2). A los 30 min de finalizada la maniobra, todos los pacientes recuperaron la presión arterial. No hubo necesidad de retirar del protocolo a ningún paciente ni agregar soporte inotrópico. Los controles radiológicos a las 6 y 24 h posteriores a la finalización de la prueba no revelaron la presencia de barotrauma.

Si bien la mortalidad no fue objeto de esta investigación, de los 18 pacientes estudiados 6 fallecieron, el resto fueron dados de alta hospitalaria, lo que representa un 33,33% de mortalidad, que se ubica por debajo de las cifras conocidas para igual gravedad<sup>13</sup>.

### DISCUSIÓN

En este trabajo investigamos una nueva forma de optimizar la PaO<sub>2</sub> en pacientes con hipoxemia grave secundaria a SDRA en etapa temprana de evolución, utilizando una maniobra de reclutamiento agresiva por un breve período de tiempo. Los hallazgos más importantes fueron una sensible mejoría de la PaO<sub>2</sub> mantenida después de 30 min de la finalización de la maniobra, que coincide con una mejoría en la Crs y la ausencia de complicaciones graves. Estos resultados son coincidentes con experiencias previas. El estudio realizado por Lim et al<sup>7</sup> reveló los efectos beneficiosos de la aplicación de valores crecientes de PEEP sobre la PaO<sub>2</sub> en pacientes con SDRA. A diferencia de nuestra muestra

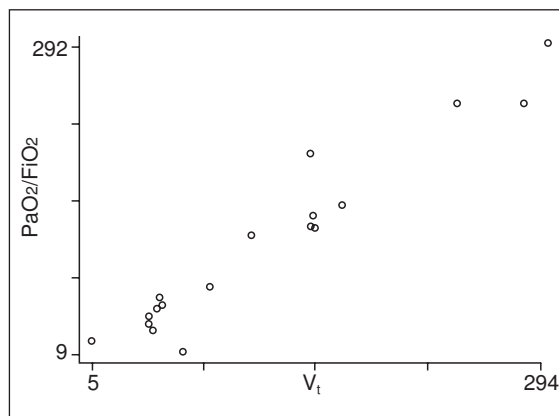


Figura 2. Gráfico que muestra la relación positiva existente entre el aumento del volumen corriente y el aumento de la PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, ( $p = 0,03$ ; IC del 95%, 0,044-0,91), después de la maniobra de reclutamiento.

de pacientes, la anterior contenía pacientes en diferentes estadios evolutivos del SDRA (entre los días 1 y 18), así como también predominio de pacientes con SDRA de origen primario. Tusman et al<sup>8</sup> obtuvieron resultados similares con valores crecientes de PEEP en pacientes sin daño pulmonar durante anestesia general. Medoff et al<sup>14</sup> reportaron el caso de una paciente con hipoxemia crítica y sepsis que mejoró después de una maniobra de reclutamiento agresiva. Si bien los valores de PEEP y presión media en la vía aérea utilizados en nuestros pacientes fueron altos, éstos coinciden con observaciones recientes que indican que en el SDRA se necesitan valores altos de presión para abrir áreas pulmonares colapsadas<sup>15,16</sup>. Gattinoni et al<sup>17</sup>, en un estudio de pacientes con SDRA y control tomográfico sugieren que es necesario alcanzar presiones meseta de 46 cmH<sub>2</sub>O para airear las regiones pulmonares más declives y por lo tanto más colapsadas.

Con relación al mecanismo causante de la mejoría de la PaO<sub>2</sub>, los elementos que nos orientan a pensar que es debido a reclutamiento alveolar, son 2: la mejoría de la Crs y el aumento del V<sub>t</sub> a un mismo valor de presión control, ambos mantenidos después de 30 min de finalizada la maniobra sin realizar cambios en el modo ventilatorio con respecto al basal. También se encontró una mejoría de la Crs en condiciones similares a la de este estudio por Lim et al<sup>7</sup>, sin embargo no hay datos en la bibliografía que convaliden el aumento del V<sub>t</sub> como expresión de reclutamiento alveolar. Por otro lado, el efecto beneficioso detectado podría ser debido al empleo de una PEEP moderada, de hecho los estudios de Villagrà et al<sup>18</sup> y de Richard et al<sup>19</sup> sugieren que con el empleo de valores altos de PEEP las maniobras de reclutamiento no serían necesarias.

Como demostraron Rothen et al<sup>20</sup>, la alta concentración de oxígeno en el gas inspirado predispone a la recurrencia de atelectasias después de la maniobra de reclutamiento, nosotros utilizamos una FiO<sub>2</sub> de

uno con el criterio de evitar riesgos en caso de shock o intolerancia a la maniobra. En nuestro estudio no hubo pacientes que presentaran caída de la  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ni de la Crs, comparando el estado basal con el posterior a la maniobra.

En 3 pacientes se registró una caída de la  $\text{PaO}_2$  durante el momento de mayor presión en la vía aérea, que coincidió con hipercapnia. Se ha postulado que la hipercapnia es una causa posible de alteración de la oxigenación durante la MR<sup>7</sup>; sin embargo, la hipercapnia moderada, como la que se encontró en estos pacientes, respirando oxígeno puro, afecta muy poco a la caída de la oxigenación cuando los valores de  $\text{PaO}_2$  son mayores a 100-150 mmHg. Por otro lado, es posible que una redistribución del flujo sanguíneo provocada por la MR en ausencia de reclutamiento alveolar cause *shunt* intrapulmonar y disminución de la  $\text{PaO}_2$ .

Nuestros pacientes presentaron una disminución significativa de la presión arterial durante la realización de la maniobra y 5 de ellos requirieron expansión con solución fisiológica durante los minutos que duró el pico de la MR, que se recuperó una vez finalizada ésta. La ausencia de hipotensión sostenida en estos pacientes probablemente se deba al estricto criterio de ingreso y a la ausencia de hipovolemia no tratada. Fort et al<sup>21</sup> coinciden con nuestros resultados, y aseguran que presiones en la vía aérea mayores a 30  $\text{cmH}_2\text{O}$  han sido bien toleradas por un período mayor a 48 h en pacientes con SDRA. Si bien la MR no provocó signos importantes de daño hemodinámico o pulmonar, creemos que se requieren estudios con pruebas diagnósticas más sensibles que detecten efectos nocivos de las MR sobre el corazón y los pulmones antes de aconsejar su uso generalizado en pacientes con SDRA.

Es conocida la diferencia de comportamiento frente a la ventilación mecánica de pacientes con SDRA primario frente a SDRA secundario<sup>6,10,22,23</sup>; sin embargo, nosotros no hallamos en la etapa temprana de SDRA diferencia alguna entre ellos; ambos se beneficiaron por igual.

Una limitación de nuestro estudio fue no haber diferenciado la distensibilidad de la pared torácica de la pulmonar, ya que es posible que ello influya en la capacidad de lograr reclutamiento. Grasso et al<sup>24</sup> han observado que los pacientes con SDRA en etapa temprana de la enfermedad que se beneficiaron de la MR, son aquellos que tienen una mecánica de la pared torácica normal y un alto potencial de reclutamiento pulmonar indicado por bajos valores de distensibilidad pulmonar.

Hasta hoy no hay acuerdo en cuál es el valor óptimo de PEEP a utilizar en pacientes con SDRA, algunos autores preconizan el uso de valores altos de PEEP, por encima del punto de inflexión de la curva presión/volumen, para evitar el desreclutamiento<sup>5,14,17</sup> o el colapso cíclico de la vía aérea<sup>25</sup>. Otros autores, en cambio, sugieren la utilización de valores más bajos, por ejemplo, en el ARDS Network<sup>12</sup>, el valor de PEEP utilizado fue arbitrario basándose en una escala de necesidad de  $\text{FiO}_2$

(10  $\text{cmH}_2\text{O}$  de PEEP eran sostenidos aún con  $\text{FiO}_2$  iguales a 0,7). Este último criterio fue el empleado en el momento de realizar nuestro estudio y es la causa por la cual el protocolo se inicia con valores de PEEP de 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Recientemente, Hickling<sup>26</sup> postula, en un modelo matemático de SDRA, aplicando incrementos progresivos de PEEP y luego descenso, que la PEEP óptima debería titularse en base a la Crs, durante la fase de descensos de PEEP.

Es posible que en nuestro estudio exista un defecto en el diseño, que fue colocar un valor bajo de PEEP (10  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) al final de la maniobra (pos-reclutamiento), ya que es bien conocido que las unidades alveolares recientemente reclutadas son más inestables<sup>27</sup> y por esto se sugiere una PEEP elevada una vez realizada una maniobra de apertura<sup>17</sup>; sin embargo, a la hora de un diseño comparativo entre antes y después de una intervención terapéutica las condiciones de medición deberían ser iguales.

Villagrà et al<sup>18</sup>, en un trabajo similar al nuestro, no encontraron mejoría significativa en la oxigenación después de una MR. Este comportamiento diferente en la  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  podría deberse al hecho que en el estudio de Villagrà et al tanto las presiones alcanzadas como la duración de la MR fueron menores al nuestro y a que la mayoría de sus pacientes presentaban SDRA de origen pulmonar, en quienes la maniobra podría ser menos efectiva. Coincidentemente con nuestro estudio, describen una correlación positiva entre la mejoría de la oxigenación y la Crs.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, concluimos que la maniobra de reclutamiento aplicada a pacientes con SDRA temprano, es beneficiosa para lograr una mejoría significativa y prolongada de la oxigenación. Los cambios en la Crs nos permiten sugerir la existencia de reclutamiento y la correlación entre la mejoría de la  $\text{PaO}_2$ , y la diferencia de  $V_t$  hace suponer que el cálculo del  $V_t$  antes y después de una maniobra de reclutamiento, podría ser una herramienta útil para evaluar rápidamente la eficiencia de una estrategia de apertura pulmonar. Esta herramienta debería ser validada por medio de técnicas de medición del volumen pulmonar total, como la tomografía computarizada o la plestimografía por impedancia.

Sin bien ninguno de nuestros pacientes presentó shock persistente o barotrauma durante la maniobra, ambos son indicadores tardíos de daño hemodinámico o pulmonar relacionado con la MR. Consideramos que antes de aconsejar el uso generalizado de las MR en pacientes con SDRA, deben realizarse estudios más sensibles, capaces de diagnosticar tempranamente cualquier daño relacionado con la maniobra, así como determinar el impacto de éstas en la evolución final de la enfermedad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. *Lancet* 1967;2:319-23.
2. Downs JB, Klein EF, Modell JH. The effect of incremental PEEP on PaO<sub>2</sub> in patients with respiratory failure. *Anesth Analg* 1973;52:210-5.
3. Douglas ME, Downs JB. Pulmonary function following severe acute respiratory failure and high levels of positive end-expiratory pressure. *Chest* 1977;71:18-23.
4. Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:294-323.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Tusman G, Bohm SH, Vázquez de Anda GF, do Campo JL, Lachmann B. Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 1999;82:8-13.
9. Kacmarek RM. Strategies to optimize alveolar recruitment. *Curr Opin Crit Care* 2001;7:15-20.
10. Marini JJ. Recruitment maneuvers to achieve an "open lung" –whether and how? *Crit Care Med* 2001;29:1647-8.
11. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke K, Hudson L, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;49:818-24.
12. The 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;342:1301-8.
13. Hudson LD, Steinberg KP. Epidemiology of acute lung injury and ARDS. *Chest* 1999;116:74S-82S.
14. Medoff BD, Harris RS, Kesselman H, Venegas J, Amato MB, Hess D. Use of recruitment maneuvers and high-positive end-expiratory pressure in a patient with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2000;28:1210-6.
15. Sjostrand UH, Lichtwarck-Aschoff M, Nielsen JB, Markstrom A, Larsson A, Svensson BA, et al. Different ventilatory approaches to keep the lung open. *Intensive Care Med* 1995;21:310-8.
16. Rothen HU, Sporre B, Engberg G, Wegenius G, Hedenstierna G. Reexpansion of atelectasis during general anaesthesia: a computed tomography study. *Br J Anaesth* 1993;71:788-95.
17. Gattinoni L, Pelosi P, Crotti S, Valenza F. Effects of positive end-expiratory pressure on regional distribution of tidal volume and recruitment in adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151:1807-14.
18. Villagra A, Ochagavia A, Vattu S, Murias G, Fernández MM, López 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.
19. Richard JC, Maggiore SM, Jonson B, Mancebo J, Lemaire F, Brochard L. Influence of tidal volume on alveolar recruitment. Respective role of PEEP and a recruitment maneuver. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:1609-13.
20. Rothen HU, Sporre B, Engberg G, Wegenius G, Hogman M, Hedenstierna G. Influence of gas composition on recurrence of atelectasis after a reexpansion maneuver during general anaesthesia. *Anesthesiology* 1995;82:832-42.
21. Fort P, Farmer C, Westerman J, Johannigman J, Beninati W, Dolan S, et al. High-frequency oscillatory ventilation for adult respiratory distress syndrome—a pilot study. *Crit Care Med* 1997;25:937-47.
22. Marini JJ, Amato MB. Lung recruitment during ARDS. En: Marini JJ, Evans TW, editors. *Acute Lung Injury*. Berlin: Springer, 1998; p. 236-57.
23. Rucker GM. Acute respiratory distress syndrome: different syndromes, different therapies? *Crit Care Med* 2001;29:210-1.
24. 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.
25. Ranieri VM, Suter PM, Tortorella C, de Tullio R, Dayer JM, Brienza A, et al. Effect of mechanical ventilation on inflammatory mediators in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 1999;282:54-61.
26. Hickling KG. Best compliance during a decremental, but not incremental, positive end-expiratory pressure trial is related to open-lung positive end-expiratory pressure: a mathematical model of acute respiratory distress syndrome lungs. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;63:69-78.
27. Suter P, Lemaire F. Physiological basis of ventilatory support. Positive end expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome and practical guidelines. En: Marini JJ, Dekker M, editors. 1998; p. 873-88.