

## Trabajo de investigación

Revista de la Asociación Mexicana de  
MEDICINA CRÍTICA  
Y  
TERAPIA INTENSIVA

Vol. XII, Núm. 3 / May.-Jun. 1998  
pp 95-101

# Trabajo respiratorio según el grado de sensibilidad de disparo por flujo en pacientes con ventilación en soporte por presión

**Dr. Julio Antonio Osorio Bonilla,\* Dr. Juvenal Franco Granillo,\* Dr. Jesús Martínez Sánchez,\*  
Dr. José Javier Elizalde González\***

## RESUMEN

**Objetivo.** Evaluar el efecto del disparo por flujo (flow-by, Fb) sobre el trabajo respiratorio impuesto (WOBp) en la ventilación por soporte de presión (PSV), como herramienta para el destete.

**Diseño.** Estudio de serie de casos.

**Lugar.** Una UCI de un hospital de enseñanza de la Ciudad de México.

**Pacientes.** Se incluyeron doce pacientes (ocho hombres y cuatro mujeres, edad media  $62.9 \pm 14.4$  años) con ventilación mecánica prolongada o de difícil retiro.

**Intervenciones.** Se utilizó Fb con flujo base (Vb) de 12 L/min y se determinó el WOBp con un monitor pulmonar Bicore a diferentes grados de sensibilidad de disparo (Vtr): 6, 3 y 1 L/min; y a dos niveles diferentes de PSV: alto (nivel al iniciar la modalidad espontánea) y bajo (nivel previo a la extubación).

**Resultados.** En PSV alto ( $15.3 \pm 33.7$  cmH<sub>2</sub>O) los WOBp con Vtr de 6, 3 y 1 fueron  $0.19 \pm 0.3$  J/L,  $0.15 \pm 0.28$  J/L, y  $0.12 \pm 0.27$  J/L, respectivamente. En PSV bajo ( $5.8 \pm 1.1$  cmH<sub>2</sub>O), los WOBp con Vtr de 6, 3 y 1 fueron  $1.26 \pm 0.5$ ,  $1.05 \pm 0.42$  y  $0.79 \pm 0.4$  J/L, respectivamente. Se encontró diferencia estadística de los WOBp ( $p < 0.05$ ) en bajo nivel de PSV, entre Vtr de 6 ( $1.26 \pm 0.5$  J/L) y 1 ( $0.79 \pm 0.4$  J/L).

**Conclusiones.** El WOBp desciende con menores grados de Vtr. Sugerimos el uso del Vtr más bajo (1 L/min) en pacientes de difícil destete.

**Palabras clave:** Flow-by, sensibilidad, WOBp, VSP.

Los sistemas de demanda por flujo fueron introducidos desde finales de la década pasada en la segunda generación de ventiladores mecánicos<sup>1</sup> para

## SUMMARY

**Objective.** To asses the effect of the flow-by (Fb) on the imposed work of breathing (WOBp) on pressure support ventilation (PSV) as a weaning tool.

**Design.** A case series study.

**Setting.** An ICU of a teaching hospital in Mexico City.

**Patients.** Twelve patients (eight males and four women, mean age  $62.9 \pm 14.4$  years) with prolonged AMV or difficulty weaning were included.

**Interventions.** WOBp was determined using a Bicore pulmonary monitor. Fb protocol included a basal flow (Vf) = 12 L/min and 6, 3 and 1 L/min of triggering flow (Vtr), where WOBp was determined at two different levels of PSV: high PSV (level at the beginning of the spontaneous mode) and low PSV (level previous to extubation).

**Results.** In high PSV ( $15.3 \pm 33.7$  cmH<sub>2</sub>O) the WOBp with Vtr of 6, 3 and 1 was  $0.19 \pm 0.3$  J/L,  $0.15 \pm 0.28$  J/L, and  $0.12 \pm 0.27$  J/L, respectively. In low PSV ( $5.8 \pm 1.1$  cmH<sub>2</sub>O), WOBp with Vtr of 6, 3 and 1 was  $1.26 \pm 0.5$ ,  $1.05 \pm 0.42$  and  $0.79 \pm 0.4$  J/L, respectively). An statistically difference of WOBp ( $p < 0.05$ ) was found at low PSV level between Vtr of 6 ( $1.26 \pm 0.5$  J/L) and Vtr of 1 ( $0.79 \pm 0.4$  J/L).

**Conclusions.** WOBp decrease with low Vtr. We propose the use of smallest Vtr (1 L/min) in difficult weaning patients.

**Key words:** Flow-by, sensibility, WOBp, VSP.

tratar de reducir el uso de gas, proveer un volumen corriente adecuado y mejorar su monitoreo.<sup>1</sup> El modo de disparo por flujo (flow-by) se provee en los ventiladores mecánicos a través de dos técnicas diferentes. La primera, mediante un flujo base, con disparo cuando la diferencia entre el flujo que entra y sale del circuito es igual a la sensibilidad progra-

\* Departamento de Medicina Crítica «Dr. Mario Shapiro», Hospital American British Cowdray.

mada de flujo. Ésta es la técnica empleada en los ventiladores mecánicos Puritan-Bennett 7200 y Bear 1000. La segunda es la medición del flujo en la vía aérea usando un neumotacómetro o anemómetro, como ocurre en los ventiladores VIP, Bird y Hamilton Veolar.<sup>2</sup>

Se define al flujo base como aquel que sale durante la espiración; y a la sensibilidad de flujo, como el flujo inhalado por el paciente que ocasiona una caída en el flujo base al punto de disparar el ventilador, pasando del flujo base a una respiración entregada (volumen corriente) sea de demanda, obligada o apoyada por presión;<sup>2</sup> o incluso espontánea (CPAP, SIMV). La sensibilidad de flujo no debe sobrepasar la mitad del flujo de base programado.

Como ya se mencionó, la inspiración se inicia cuando se registra una caída del flujo base del monto de la sensibilidad programada de flujo. El ventilador reconoce el inicio de la espiración cuando el flujo exhalado es 2 L/min mayor que el flujo aportado; pasando de este último al flujo base en 0.5 segundos.

Los estudios de Sassoon y colaboradores demostraron que el *flow-by* como modo de disparo por flujo se asocia a menor trabajo inspiratorio de la respiración que cuando se utiliza un modo de disparo por presión en sujetos normales, en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y en modelos de pulmón en modalidad de CPAP.<sup>3-6</sup> Además, otros estudios mostraron la reducción de trabajo inspiratorio de la respiración con disparo por flujo en las respiraciones espontáneas en SIMV,<sup>7</sup> e incluso en las mandatorias,<sup>8</sup> además de diferencias interventiladores en modelos de pulmón mecánico cuando compararon PB 7200 y Siemens SV300, ya que, por una relativa insuficiencia de flujo, existen diferencias significativas entre disparo por flujo y disparo por presión en CPAP en el PB 7200, lo que desaparece con niveles bajos de ventilación en soporte por presión (VSP); cosa que no ocurre con el Siemens SV300, en el cual no hay diferencia sustancial entre disparo por flujo y disparo por presión en CPAP.<sup>9</sup>

La modalidad ventilatoria de VSP se utiliza frecuentemente como herramienta para el destete ventilatorio de los pacientes. Aunque en algunos ensayos este modo ventilatorio parece mejor que otros (como SIMV), ésta no es una observación uniforme,<sup>10</sup> por lo que existe controversia en cuanto a sus ventajas sobre la pieza en T. En nuestra unidad solemos indicar la VSP cuando el paciente muestra un índice de ventilación rápida superficial

(VRS) entre 70 y 110;<sup>11</sup> o incluso mayor en el contexto de sujetos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica reconocida.

Existen aún discrepancias acerca de si tiene algún sentido manipular el nivel de sensibilidad de flujo al usar el modo de disparo por flujo en pacientes con VSP durante el proceso de destete de la asistencia mecánica ventilatoria, argumentándose que esto no varía el trabajo respiratorio impuesto al paciente (WOBp).

Nuestra hipótesis es que, aunque pequeña, debe haber diferencia en el WOBp, con base en la sensibilidad del disparo por flujo ( $\dot{V}_{sd}$ ) utilizado.

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto que tienen sobre el WOBp diferentes grados de sensibilidad de disparo por flujo con VSP, utilizada como modalidad de destete de la asistencia mecánica ventilatoria en pacientes en quienes ésta es prolongada o de difícil extubación; así como determinar si existe algún nivel de sensibilidad del disparo por flujo que imponga menor WOBp.

## PACIENTES Y MÉTODOS

El diseño de este estudio fue prospectivo, clínico, longitudinal y experimental.

**Pacientes:** Se incluyeron sujetos ingresados en nuestra Unidad de Terapia Intensiva intubados por insuficiencia respiratoria o ventilatoria, con problemas de base resueltos, criterios para iniciar el retiro de la asistencia mecánica ventilatoria mediante VSP y que tenían asistencia mecánica ventilatoria prolongada o dificultad para la extubación.

**Protocolo:** Todos los ventiladores usados fueron Nellcor Puritan-Bennett 7200ae, el tipo de cascadas fue igual en todos los casos para evitar variación en el WOBp por esta causa. Los tubos endotraqueales usados fueron Sheridan con globo de alto volumen y baja presión.

En todos los casos, se tomó la decisión de iniciar el retiro de la asistencia mecánica ventilatoria con base en criterios clínicos y radiológicos de resolución total, o al menos importante, del proceso de base que ameritó originalmente la asistencia mecánica ventilatoria. También se consideraron criterios fisiológicos, como el índice de ventilación rápida superficial (VRS),<sup>12,13</sup> aceptando valores entre 110 y 70 como adecuados, para iniciar el retiro de la VSP, excepto para pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica reconocida. En estos casos se permitieron valores del índice de ventilación rápida superficial de hasta 140, ya que en estos sujetos se

da mayor importancia a la condición y evolución clínica durante el proceso de destete de la asistencia mecánica ventilatoria, puesto que casi nunca tendrán un índice de ventilación rápida superficial dentro de los límites mencionados.

A todos los pacientes se les colocó una sonda con balón intraesofágico (Smart-cath, Bicore Monitoring Systems, Irvine, Ca) y su posición fue verificada usando la prueba de oclusión como lo describe Baydur y colaboradores.<sup>14,15</sup> El flujo y la presión fueron monitorizados en la vía aérea proximal, usando un transductor de presión y flujo (VarFlex Flow Transducer, Bicore Monitoring Systems, Irvine, Ca) conectado en serie entre el tubo endotraqueal y el circuito del ventilador. La información fue procedida por un monitor respiratorio CP-100 (Bicore Monitoring System, Irvine, Ca).

Antes de las mediciones, los pacientes se colocaron en posición semi-Fowler ( $\geq 45^\circ$ ); se verificó que no existiera agua de condensación en los circuitos del ventilador, que el humidificador tuviera una cantidad adecuada de agua y que la temperatura de la cascada fuera de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Las mediciones de WOBp se realizaron a dos niveles de VSP.

1) *Alto*: Nivel al inicio de la modalidad espontánea (nivel de VSP que garantizaba el 100% del volumen corriente preestablecido en la modalidad controlada).

2) *Bajo*: Último nivel previo a la extubación.

El disparo por flujo se programó con un flujo basal de 12, y las mediciones se realizaron a sensibilidad de disparo por flujo de 6, 3 y 1 L/min.

La  $\text{FiO}_2$ , CPAP y flujo máximo inspiratorio ( $\dot{V}$ ) se mantuvieron similares.

**Mediciones:** se determinó el WOBp con el promedio de al menos ocho ciclos de tres respiraciones cada uno, para cada nivel de VSP y cada grado de sensibilidad del disparo por flujo. Los pacientes llevaban al menos 10 minutos en cada nivel y las mediciones se realizaron en un periodo de cinco minutos para cada grado de sensibilidad del disparo por flujo. **Análisis estadístico:** Para comparar los resultados de los promedios de WOBp obtenidos en cada nivel de VSP con cada sensibilidad de disparo por flujo se utilizó el análisis de varianza. Además, se utilizó *t* de Student para la comparación de las diferentes variables que pueden influir sobre el WOBp.

## RESULTADOS

Se estudiaron 14 pacientes, de los cuales 12 fueron evaluables para los fines de este estudio. Ocho de éstos correspondieron al sexo masculino y cuatro al femenino; la edad promedio fue de  $62.9 \pm 14.4$  años (r: 23 y 77 años). Los diagnósticos fueron enfermedad pulmonar obstructiva crónica agudizada en seis pacientes, cirugía de tórax en otros cinco (uno con enfermedad pulmonar obstructiva crónica y cuatro con lesión pulmonar aguda) y miopatía por lupus eritematoso sistémico en el caso restante.

**Cuadro I. Resultados del trabajo respiratorio impuesto al paciente (WOBp) (J/L).**

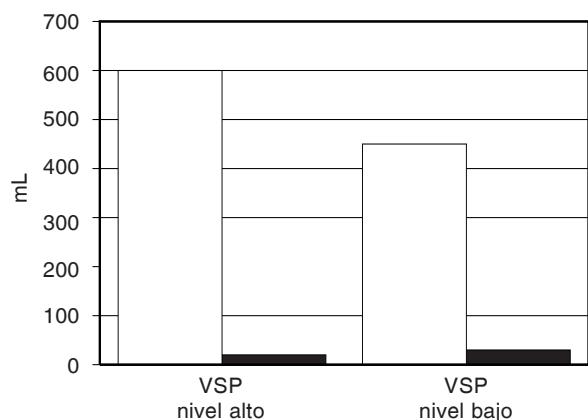
Nivel de VPS	Sensibilidad del disparo por flujo (L/min)			p
	6	3	1	
Alto	0.19 $\pm$ 0.30	0.15 $\pm$ 0.28	0.12 $\pm$ 0.27	NS
	0.19	0.15		NS
		0.15	12	NS
	0.19		0.12	
	1.26 $\pm$ 0.50	1.05 $\pm$ 0.42	0.79 $\pm$ 0.40	NS
	1.26	1.05		NS
Bajo		1.05	0.79	NS
	1.26		0.79	< 0.05

Abreviaturas: VSP = Ventilación en soporte por presión, NS = no significativa.

Cuadro II. Características de los pacientes.

Paciente número	AM V (días)	TET (mm)	Cst (mL/cm H <sub>2</sub> O)	FIM (cm H <sub>2</sub> O)	̇V (L/min)	Diagnóstico
1	9	8.0	56	25	120	EPOC agudizada
2	14	8.5	48	28	120	EPOC agudizada
3	5	8.5	65	35	110	Cirugía + EPOC
4	24	8.0	27	29	120	EPOC agudizada
5	12	8.0	49	41	120	Cirugía + LPA
6	6	8.0	68	36	110	Cirugía + LPA
7	22	8.5	48	55	110	Cirugía + LPA
8	16	8.5	54	26	110	EPOC agudizada
9	18	8.0	39	28	110	EPOC agudizada
10	5	8.5	40	39	120	Cirugía + LPA
11	12	8.5	46	27	110	EPOC agudizada
12	15	7.5	50	25	100	LES + miopatía

Abreviaturas: AMV = Ventilación mecánica asistida. TET = Tubo endotraqueal. Cst = Distensibilidad estática. FIM = Fuerza inspiratoria máxima. ̇V = Flujo máximo inspiratorio. EPOC = Enfermedad pulmonar obstructiva crónica. LPA = Lesión pulmonar aguda. LES = Lupus eritematoso sistémico.



**Figura 1.** Cambios en el volumen corriente y la resistencia de la vía aérea (Raw). Al disminuir la ventilación en soporte por presión (VSP): disminuyó el volumen corriente □ ( $p > 0.05$ ) y aumentó la Raw ■ ( $p > 0.05$ ).

En VSP alta ( $15.3 \pm 3.7 \text{ cm H}_2\text{O}$  [r: 10 a 25]), los WOBp con sensibilidad disparo por flujo de 6, 3 y 1 L/min fueron, respectivamente:  $0.19 \pm 0.30 \text{ J/L}$  (r: 0.05 a 1.12),  $0.15 \pm 0.28 \text{ J/L}$  (r: 0.03 a 1.04) y  $0.12 \pm 0.27 \text{ J/L}$  (r: 0.01 a 0.98).

A VSP bajas ( $5.8 \pm 1.1 \text{ cm H}_2\text{O}$  [r: 0 a 8]), los WOBp con sensibilidad de disparo por flujo de 6, 3 y 1

L/min fueron, respectivamente:  $1.26 \pm 0.50 \text{ J/L}$  (r: 0.51 a 2.02),  $1.05 \pm 0.42 \text{ J/L}$  (r: 0.44 a 1.77) y  $0.79 \pm 0.40 \text{ J/L}$  (r: 0.29 a 1.61). La única diferencia estadística se encontró en VSP de nivel bajo entre el WOBp con sensibilidad de disparo por flujo de 6 ( $1.26 \pm 0.50$ ) versus 1 ( $0.79 \pm 0.40 \text{ J/L}$ ) con  $p < 0.05$  (cuadro I).

No hubo diferencia estadística entre f, V<sub>E</sub>, Pmv, PaO<sub>2</sub> ni PaCO<sub>2</sub> a diferentes niveles de VSP. Hubo diferencia ( $p < 0.05$ ) en Vt y Raw (figura 1).

El tamaño de los tubos endotraqueales fue de  $8.2 \pm 0.3 \text{ mm}$  (r: 7.5 y 8.5). La duración de la asistencia mecánica ventilatoria previa fue de  $13.2 \pm 6.3 \text{ días}$  (r: cinco a 24). La distensibilidad estática antes de pasar a VSP fue de  $49 \pm 12 \text{ mL/cm H}_2\text{O}$  (r: 27 a 68) y la dinámica de  $46 \pm 11 \text{ mL/cm H}_2\text{O}$  (r: 25 y 64). La fuerza inspiratoria máxima antes del destete fue de  $32.8 \pm 8.9 \text{ cm H}_2\text{O}$  (r: 25 a 55) (cuadro II).

A todos los pacientes se les midieron sus requerimientos energéticos por calorimetría indirecta. Durante el estudio recibieron el 100% de la cantidad de Kcal requeridas, así como un valor igual o muy cercano al 100% de los gramos de nitrógenos perdidos en 24 horas.

## DISCUSIÓN

A pesar del innegable beneficio de la asistencia mecánica ventilatoria, ésta se asocia potencialmente

con múltiples complicaciones mayores como pueden ser: lesión de la vía aérea por intubación prolongada, pulmonares (tromboembolia pulmonar, barotrauma, fibrosis); asociadas al ventilador y monitorización (por catéteres, lesión inducida por el ventilador); cardiovasculares (arritmias, isquemia miocárdica, alteraciones hemodinámicas); renales (insuficiencia renal aguda, retención de líquidos); infecciosas (neumonía nosocomial, bacteremia o sepsis); gastrointestinales (pneumoperitoneo, alteraciones de la motilidad intestinal, STDA); nutricionales (malnutrición, etc.); hematológicas; endocrinas; etc.<sup>16</sup> Todo esto hace recomendable interrumpir la asistencia mecánica ventilatoria tan pronto como el paciente tenga capacidad de proteger la vía aérea y mantener una adecuada ventilación.<sup>17</sup>

Es importante mencionar que, según estadísticas, la mayoría de enfermos que por cualquier causa utilizan asistencia mecánica ventilatoria por más de 24 horas pueden ser destetados y retirados de la misma con relativa facilidad; hasta un 50 a 75%<sup>18,19</sup> de acuerdo a las primeras publicaciones, e incluso un 80%, según datos más recientes;<sup>10,20</sup> quedando aproximadamente un 10 a 15% de casos irrecuperables y sólo un 8 a 15% de los enfermos tendrán criterios de asistencia mecánica ventilatoria prolongada o de difícil retiro. Sin embargo, con una optimización de las principales variables que inciden en esto, un 60 a 70% más podrán ser retirados de la asistencia mecánica ventilatoria y, finalmente, sólo un 4% del total mostrarán imposibilidad de retiro de la misma.

Se considera asistencia mecánica ventilatoria prolongada cuando ésta alcanza o rebasa los 21 días continuos; y se considera destete difícil cuando el paciente, una vez completado los criterios para ser retirado de la asistencia mecánica ventilatoria, enfrenta uno o más intentos fallidos de extubación o no puede completarse en las primeras 72 horas luego de iniciar la progresión hacia el retiro de la asistencia mecánica ventilatoria.

Este fue el contingente de pacientes en el cual se decidió realizar la presente investigación por considerar que sería el grupo que recibiría mayor beneficio de posible disminución del WOBp a partir de manipular cualquier variable que determine este último.

El WOBp en VSP depende de la patología de base, la resistencia del tubo endotraqueal y del propio sistema de CPAP y VSP (características del ventilador).<sup>1</sup> Así, el trabajo inspiratorio de la respiración durante CPAP y VSP incluye el trabajo necesario para vencer la impedancia pulmonar, la resis-

tencia del tubo endotraqueal y lo requerido para disparar el ventilador y lo consumido en la fase postdisparo. El trabajo para disparar el ventilador está caracterizado por una caída en la presión de la vía aérea previo a la iniciación del flujo. Durante esta fase, la sensibilidad pre establecida es el determinante mayor del trabajo inspiratorio de la respiración, con pequeñas contribuciones de los elementos del ventilador, la posición del sensor, el procesador y las demandas del paciente en la fase postdisparo, la presión de la vía aérea se empieza a incrementar por el flujo aportado y el trabajo inspiratorio de la respiración está determinado por las demandas de flujo del paciente *versus* la capacidad de flujo del ventilador con contribución de la variable que cicla, la meta que causa que cese el flujo y la presión mantenida a través de la inspiración.<sup>1</sup>

En un Puritan-Bennett 7200, el flujo es medido a través de los transductores inspiratorio y espiratorio. En nuestros pacientes, cuyo flujo basal era de 12 L/min, la inspiración iniciaba cuando este flujo disminuía por debajo de 6, 9 y 11 L/min, respectivamente. Por estar en VSP, el flujo entra al circuito según el flujo máximo inspiratorio establecido, que en nuestros pacientes fue del orden de los  $112 \pm 7$  L/min. La presión mantenida durante la fase inspiratoria es de 0.5 cm H<sub>2</sub>O por arriba del CPAP. La inspiración es ciclada por flujo cuando el flujo a través del transductor de flujo espiratorio es 2 L/min mayor que el flujo a través del transductor inspiratorio, lo que marca el comienzo de la espiración.

Esto determina el trabajo inspiratorio de la respiración en la fase postdisparo, lo cual no hace diferente el consumo de trabajo inspiratorio de la respiración durante esta fase en nuestros pacientes a cada nivel de medición. Si bien el tiempo de retardo del ventilador con disparo por flujo (80 ms a sensibilidad de disparo por flujo de 3L/min, en el modelo mecánico de pulmón) justifica parte de la diferencia de WOBp comparado con el disparo por presión (115-250 0ms),<sup>2</sup> esto tal vez explica menos las diferencias entre diferentes grados de sensibilidad por flujo. Sabemos que los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (que fueron la mayoría en nuestro estudio) tienen incrementado el WOBp al tener autoPEEP que se suma al nivel de sensibilidad que tienen que vencer en disparo por presión,<sup>21-23</sup> lo cual se reduce con al menos 80% del autoPEEP como PEEP extrínseco y también con el disparo por flujo. Por otra parte, se sabe que el uso de la modalidad de disparo por flujo implica un efecto de unos 3 a 4 cm H<sub>2</sub>O de presión de soporte cuando los pa-

cientes se encuentran en CPAP como modalidad de asistencia mecánica ventilatoria;<sup>1</sup> pero en este caso, nuestros enfermos ya tenían un nivel de VSP por demás igual en cada medición al ser ellos sus propios controles. Es así como todas las bondades del flujo por disparo invocadas para explicar la disminución de WOBp contra el disparo por presión (ciclado a la espiración más rápido, menor tiempo de retardo del ventilador, pequeño grado de VSP) no pueden ser aducidas para explicar el menor WOBp con menores flujos de sensibilidad dentro del mismo modo de flujo por disparo. De hecho, las diferencias con diversos ventiladores con el modelo mecánico de pulmón son menores de 0.05 J/L.<sup>5</sup> Las diferencias mayores encontradas en pacientes<sup>1,3-6</sup> se explican porque el tiempo de retraso del ventilador es mayor en los seres humanos. Esto hace muy importante también el acoplamiento paciente-ventilador, lo cual se logra no con el mayor flujo máximo inspiratorio posible, sino con el óptimo.

Finalmente, las únicas probables explicaciones que encontramos son: Un menor grado de sensibilidad del disparo por flujo implica un menor esfuerzo para lograr el disparo del ventilador, esto por dos vías. Una al disminuir la Pimax necesaria para dispararlo y otra que, al ser menor el grado de sensibilidad del disparo por flujo, acorta *per se* el tiempo de retraso del ventilador. Si esto implica mejor sincronía con el ventilador, representaría menos esfuerzos de lucha inútil con la consecuente disminución del trabajo así gastado. Ciertamente, el trabajo inspiratorio de la respiración se puede dividir en: 1) el trabajo inspiratorio de la respiración durante el disparo y 2) el trabajo inspiratorio de la respiración después del disparo, todo esto durante el tiempo inspiratorio.<sup>24</sup> Esto es así porque el tiempo inspiratorio se subdivide en dos fases: la de disparo y la posterior al disparo. El trabajo inspiratorio de la respiración postdisparo parece ser más influido por la modalidad ventilatoria utilizada; pero si el centro respiratorio es el mayor determinante del trabajo inspiratorio de la respiración postdisparo,<sup>24</sup> entonces también habrá variación en el trabajo gastado en esta fase, dependiendo del nivel de sensibilidad preestablecido. A su vez, el trabajo inspiratorio de la respiración durante el disparo es más influenciado por la sincronía paciente-ventilador y refleja de manera lineal el retardo entre el inicio del esfuerzo inspiratorio y el momento en que inicia el ventilador a dispensar el flujo de aire. Este retardo puede ser menor con sensibilidades de flujo menores. Todo esto aún

necesita mayor estudio, recordando que un punto importante en la comprensión del WOBp lo es el conocimiento profundo de las individualidades del funcionamiento de cada ventilador.

Por otra parte, se ha informado que el colocar el sensor de disparo distal en la vía aérea (específicamente en la tráquea al final del tubo endotraqueal) implica menor trabajo inspiratorio de la respiración, aunque el sistema de disparo sea por presión comparado contra el disparo por presión convencional (382% menos) o incluso contra el disparo por flujo (315% menos).<sup>25</sup> Otros trabajos han sido menos espectaculares y señalan una disminución del WOB del orden del 50%,<sup>26</sup> esto en modelos de pulmón mecánico y en modalidad de CPAP, en el primero con diversos tubos endotraqueales (# 6-9), diferentes flujos máximos inspiratorios (30, 60 y 90 L/min) y con un flujo inspiratorio pico sinusoidal.<sup>25</sup> Esto nuevamente indica que el tiempo de retardo entre el inicio del esfuerzo inspiratorio por el paciente y el inicio del flujo del ventilador es crucial en la cantidad de trabajo finalmente gastado, por lo que tal vez sea la variable más importante a controlar. Ahora bien, el empleo de esta técnica necesita de tubos endotraqueales o dispositivos especiales con los cuales no contamos en nuestro departamento. Existe un ensayo en modelo mecánico de pulmón que evalúa el trabajo inspiratorio de la respiración al combinar VSP y bias-flow, con sensibilidad de 2 cm H<sub>2</sub>O; este estudio ha encontrado retardo en el disparo e incremento en el trabajo inspiratorio de la respiración, y concluye en no recomendar su uso.<sup>27</sup>

Este trabajo intenta ser un aporte dentro de la línea de investigación de estrategias que ayuden al destete de pacientes con asistencia mecánica ventilatoria prolongada o de difícil retiro; comprendiendo que ello se puede lograr a través de sistemas que impongan menos WOB a los pacientes y, de esta manera, prevenir la fatiga muscular durante la progresión hacia el retiro de la asistencia mecánica ventilatoria para evitar el fracaso en este contingente de enfermos de difícil manejo. Se deben tener presentes las complicaciones inherentes a la asistencia mecánica ventilatoria prolongada, que son la razón de la búsqueda de nuevas estrategias para lograr más tempranamente el retiro de los pacientes de la asistencia mecánica ventilatoria. Por último, una de las limitaciones y críticas a nuestro estudio fue no haber determinado el producto presión-tiempo, también como medida de trabajo realizada, para lo cual hubiésemos tenido que contar con la graficación durante las mediciones.

## CONCLUSIONES

Hay tendencia al descenso del WOBp con menor sensibilidad del disparo por flujo, que se magnifica a niveles bajos de VSP, (*cuadro II*) hasta que aparece una diferencia estadística entre grados de sensibilidad de 6 *versus* de 1. Aunque aún no hay certeza de que esto tenga repercusión clínica significativa, en pacientes con asistencia mecánica ventilatoria prolongada y difícil destete, sugerimos el uso de disparo por flujo con la sensibilidad más baja posible, es decir la de 1 L/min.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Branson RD, Campbell RS, Davis K Jr, Johnson DJ 2<sup>nd</sup>. Comparison of pressure and flow triggering systems during continuous positive airway pressure. *Chest* 1994; 106: 540-544.
2. Kacmarek RM, Hess D. Basic principles of ventilator machinery. In: Tobin MJ (ed). *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill, 1994; 3: 86-93.
3. Sassoon CSH. Mechanical ventilator design and function: The trigger variable. *Respir Care* 1992; 37: 1056-1069.
4. Sassoon CSH et al. Inspiratory work of breathing on flow-by and demand flow continuous positive airway pressure. *Crit Care Med* 1989; 17: 1108-1114.
5. Sassoon CSH et al. Pressure time product during continuous positive airway pressure, pressure support ventilation and T-piece during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1991; 143: 469-475.
6. Sassoon CSH et al. Inspiratory muscle work of breathing during flow-by, demand-flow and continuous flow system in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145: 1219-1222.
7. Sassoon CSH, Gruer SE. Characteristics of the ventilator pressure-and flow-trigger variables. *Intensive Care Med* 1995; 21: 159-168.
8. Giuliani R, Mascia L, Recchia F, Caracciolo A, Fiore T, Ranieri VM. Patient-ventilator interaction during synchronized intermittent mandatory ventilation. Effects of flow triggering. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 1-9.
9. Sassoon CSH, Del Rosario N, Fei R, Rheeman CH, Gruer SE, Mahutte CK. Influence of pressure-and flow-triggered synchronous intermittent mandatory ventilation on inspiratory muscle work. *Crit Care Med* 1994; 22: 1933-1941.
10. Esteban A et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995; 332: 345-350.
11. Elizalde JJ, Franco J, Miranda R, Martínez J. Pressure support ventilation (VSP): Weaning results in two different groups of patients. *Respir Care* 1993; 38: 12-22.
12. Yang K, Tobin M. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1991; 324: 1445-1450.
13. Ashvini H, Gursahaney MD, Stewart B, Gottfried MD. Monitoring respiratory mechanics in the intensive care unit. [Review article] *Current Opinion in Critical Care* 1995; 1: 32-42.
14. Baydur A et al. Simple method for assessing the validity of esophageal balloon technic. *Am Rev Respir Dis* 1982; 126: 788-791.
15. Petros AJ, Lamond CT, Bennett D. The Bicore pulmonary monitor. A device to assess the work of breathing while weaning from mechanical ventilation. *Anaesthesia* 1993; 48: 985-988.
16. Pingleton SK. Complications associated with mechanical ventilation. In: Tobin MJ (ed). *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill, 1994; 36: 775-792.
17. Tobin MJ, Alex CG. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin MJ (ed). *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill, 1994; 52: 1177-1206.
18. Tobin MJ, Yang K. Weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1990; 6: 725-730.
19. Elizalde GJJ et al. Experiencia en el destete de la ventilación mecánica en una unidad de cuidados intensivos respiratorios. Comparación de distintos métodos. *Rev Iberolat Cuid Intensivos* 1992; 1: 15-41.
20. Brochard L et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 896-903.
21. Michel Aubier MD PhD. Pathophysiology and therapy of chronic obstructive pulmonary disease. *Cur Op Crit Care* 1995; 1: 11-15.
22. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe air flow obstruction. *J Appl Physiol* 1988; 65: 1488-1499.
23. Tobin MJ, Lodato RF. PEEP, auto-PEEP, and waterfalls. *Chest* 1989; 96: 449-451.
24. Leung P, Jubran A, Tobin MJ. Comparison of assisted ventilator modes on triggering, patient effort, and dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1940-1948.
25. Banner MJ, Blanch PB, Kirby RR. Imposed work of breathing and methods of triggering a demand-flow, continuous positive airway pressure system. *Crit Care Med* 1993; 21: 183-190.
26. Messinger G, Banner MJ, Blanch PB, Layon AJ. Using tracheal pressure to trigger the ventilator and control airway pressure during continuous positive airway pressure decreases work of breathing. *Chest* 1995; 108: 509-514.
27. Konyukov Y, Takahashi T, Kuwayama N, Hotta T, Takezawa J, Shimada Y. Estimation of triggering work of breathing. The dependence on lung mechanics and bias flow during pressure support ventilation. *Chest* 1994; 105: 1836-1841.

Este trabajo se presentó en la XXIV Reunión Nacional de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva en Puerto Vallarta, Jal. (11-15 de noviembre de 1997). Publicado en An Med Asoc Med Hosp ABC 1997; 42(4):146-152.

Fue autorizada su reproducción por los autores y por la Revista Anales Médicos del Hospital ABC, a través de la Dra. Raquel Gerson.

Dirección para correspondencia:  
Dr. Julio Antonio Osorio Bonilla  
Hospital ABC  
Departamento de Medicina Crítica  
«Dr. Mario Shapiro»  
Sur 136 núm. 116  
Col. Las Américas  
01120 México D.F. México