

Anales Médicos

Volumen
Volume 47

Número
Number 1




Enero-Marzo
January-March 2002

Artículo:




Soporte por presión como modo ventilatorio: Estudio de los efectos metabólicos

Derechos reservados, Copyright © 2002:
Asociación Médica del American British Cowdray Hospital

Otras secciones de
este sitio:

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

Others sections in
this web site:

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)



www.medigraphic.com

Soporte por presión como modo ventilatorio: Estudio de los efectos metabólicos

Francisco Guadarrama Quijada,* Jesús Adán Cruz Villaseñor,* Rodrigo Rubio Martínez,*
Táryn García Meza,* José Javier Elizalde González,** Pastor Luna Ortiz*

RESUMEN

Objetivo: Analizar los cambios metabólicos en pacientes críticamente enfermos con el cambio de modo ventilatorio de asisto-control (AC) a ventilación con soporte por presión (VSP), fuera del contexto del retiro de la ventilación mecánica o destete. **Material y métodos:** Estudio prospectivo, clínico, longitudinal efectuado en una Unidad de Terapia Intensiva multidisciplinaria de un hospital privado de tercer nivel. **Pacientes:** Enfermos críticamente enfermos con los siguientes criterios de inclusión: 1) ventilación mecánica, 2) presión inspiratoria máxima (Pimax) mayor a -25 mm Hg y 3) índice de respiración rápida superficial (VRS) menor a 100 puntos. Criterios de exclusión: 1) sepsis, 2) fiebre, 3) presencia de tubos pleurales, 4) deterioro neurológico y 5) inestabilidad hemodinámica y/o respiratoria. **Intervenciones:** Cambio de modo de asistencia ventilatoria de asisto-controlado a soporte por presión. **Parámetros estudiados:** Producción de CO_2 , consumo de oxígeno y gasto energético, así como volumen corriente y volumen minuto. **Resultados:** Al cambiar a ventilación con soporte por presión, se observó un ligero incremento en el volumen minuto y consumo de oxígeno con una discreta disminución en la producción de CO_2 y el gasto energético. **Conclusión:** El cambio de modo ventilatorio de asisto-controlado a soporte por presión no causa cambios metabólicos de importancia en pacientes críticamente enfermos.

Palabras clave: Destete de ventilación, ventilación mecánica, ventilación con soporte por presión, consumo de oxígeno.

ABSTRACT

Objective: To analyze metabolic changes in critically ill patients upon change in mode of mechanical ventilation from Assist-Control Ventilation (ACV) to Pressure Support Ventilation (PSV), out of the weaning context. **Design:** Controlled, prospective, clinical trial. **Setting:** Multidisciplinary intensive care unit of a private tertiary center. **Patients:** Critically ill patients who meet the following: Entry criteria: 1) ventilator support, 2) maximal inspiratory pressure (MIP) > -25 mm Hg and 3) rapid shallow breathing index (RSB) < 100 b/min/L. Exclusion criteria: 1) Sepsis, 2) fever, 3) chest tubes, 4) neurological impairment and 5) hemodynamic instability, and/or respiratory instability. **Interventions:** Change in ventilator support mode from assist-controlled ventilation to pressure support ventilation. **Measurements:** Oxygen consumption, CO_2 production and energy expenditure; also tidal volume and minute volume. **Results:** Upon changing to PSV patients showed a minor increase in minute volume and O_2 consumption and a minor decrease in CO_2 production and energy expenditure. **Conclusion:** Change of ventilatory mode from assist-controlled to PSV is not a cause of important metabolic changes.

Key words: Weaning, assist-control ventilation, pressure support ventilation, O_2 consumption.

INTRODUCCIÓN

El campo de la ventilación asistida ha cambiado drásticamente con la introducción de mejoras en la tecnología y nuevas modalidades en la ventilación mecánica; los más recientes ventiladores se caracterizan por tener microprocesadores que optimizan la interacción entre pa-

ciente y ventilador. Esta tecnología ha hecho posible el desarrollo de la ventilación con soporte por presión, la cual ha ganado una extensa popularidad durante la última década.¹⁻³

La ventilación con soporte por presión es diferente de la ventilación controlada o la ventilación mandatoria intermitente; ya que este modo se caracteriza por la combinación única de ventilación mecánica y espontánea en cada ciclo respiratorio en forma simultánea, además de que la frecuencia respiratoria y el volumen corriente dependen del patrón respiratorio del paciente y del nivel de presión del soporte programado. Este modo de ventilación asistida puede ser usado como un método de ventilación mecánica o como un método de destete, por sí solo o en combinación con otros métodos.^{1,3}

* Departamento de Anestesiología. Centro Médico ABC.

** División de Enseñanza e Investigación. Centro Médico ABC.

Recibido para publicación: 6/02/02. Aceptado para publicación: 12/03/02.

Correspondencia: Dr. Francisco Guadarrama Quijada
Centro Médico ABC, Departamento de Anestesiología
Sur 136 núm. 116, Col. Las Américas, 01120 México, D.F.

La ventilación en modo de soporte por presión (VSP) ha sido considerada como el modo de ventilación mecánica más confortable, además de que se ha propuesto que puede disminuir el trabajo respiratorio. Esta afirmación ha sido documentada con numerosos trabajos de investigación, por lo que podría pensarse que este tipo de ventilación, cuando se aplica en pacientes adecuadamente seleccionados, no incrementará el consumo de oxígeno, la producción de bióxido de carbono (CO_2) ni el gasto calórico.⁴⁻⁷

La entrega y utilización de oxígeno (O_2) a los tejidos requiere de la integración de los sistemas respiratorio, cardiovascular y microcirculatorio. La ineficiencia de la entrega de O_2 a los tejidos es una razón frecuente para el ingreso de un paciente a la unidad de cuidados intensivos. Prevenir y evitar la progresión de la hipoxia tisular son metas fundamentales de la reanimación; por lo tanto, el monitoreo del transporte y consumo del oxígeno (O_2) es potencialmente importante para la prevención y tratamiento de la hipoxia tisular.

Los conceptos de transporte y consumo de oxígeno han evolucionado en los últimos 100 años, desde la descripción de Fick de la ecuación para calcular el gasto cardíaco.⁸ Cournad y colegas se encuentran entre los primeros investigadores en medir directamente los contenidos de O_2 arterial y venoso y en calcular el consumo de oxígeno por medio del análisis de los gases espirados. La base para la determinación del consumo de O_2 por el análisis de los gases espirados, en la que se basan los llamados “carros metabólicos” o calorímetros y en la que también se basa el “ventilador metabólico” Puritan-Bennet 7250, que se utilizó en el presente trabajo, se representa en la siguiente fórmula:

$$\text{VO}_2 = (\text{FIO}_2 \times \text{VI}) - (\text{FEO}_2 \times \text{VM})$$

Donde, FIO_2 es la fracción inspirada de O_2 , VI es el volumen minuto inspirado, FEO_2 es la concentración de O_2 espirado y VM es el volumen minuto espirado.¹³ En forma simplificada puede decirse que el consumo de oxígeno puede ser determinado restando el volumen espirado al volumen inspirado de O_2 toda vez que conocemos y controlamos la mezcla de gases inspirados.

El metabolismo aeróbico resulta en la producción de CO_2 (VCO_2), la relación entre VCO_2 y consumo de O_2 es el coeficiente respiratorio (RQ). Ya que todo el CO_2 del organismo se elimina con el gas exhalado, la VCO_2 puede ser calculada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{VCO}_2 = \text{VM} \times \text{FECO}_2$$

Donde, FECO_2 es la fracción espirada de CO_2 y V_E es la ventilación minuto.⁹ La medición de la producción de

CO_2 y el consumo de oxígeno en tiempo real forman las bases del cálculo del gasto energético que realizan los monitores metabólicos. Éstos utilizan la fórmula de Weir para calcular el gasto calórico:

$$\text{EE(rep)} = [(\text{VO}_2 \times 3.94) + (\text{VCO}_2 \times 1.11) \times (1.44)] - (2.17 \times \text{UN})$$

Donde, UN es la excreción urinaria de nitrógeno en 24 horas, la omisión de este valor del cálculo sólo produce un error del 2%.

La introducción de la calorimetría indirecta continua ha permitido medir, en tiempo real, los parámetros metabólicos de producción de CO_2 y el consumo de oxígeno. A partir de éstos, se puede obtener el gasto calórico también medido en tiempo real. Esto ha hecho posible la publicación de distintos trabajos que han observado los cambios en estos parámetros en pacientes críticos sometidos a distintas intervenciones terapéuticas.⁸⁻¹²

En este trabajo se estudiaron a 20 enfermos críticos a los que se les cambió la ventilación asistida de asistido-control a VSP; todos conectados a un “ventilador metabólico” Puritan Bennett 7250 para evaluar los cambios metabólicos asociados al inicio de la ventilación espontánea en soporte por presión.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio clínico, observacional, prospectivo, longitudinal, efectuado entre febrero y julio de 1999 en el Departamento de Terapia Intensiva “Dr. Mario Shapiro” del Centro Médico ABC. Los criterios de inclusión fueron: a) Pacientes intubados con ventilación mecánica. b) Presión inspiratoria máxima (P_{imax}) mayor a -25 mm Hg. c) Índice de respiración rápida superficial (VRS) menor a 100 respiraciones por minuto por litro; el índice de respiración rápida superficial se calculó de la siguiente manera: Frecuencia respiratoria espontánea / Volumen corriente (en litros); se trata de dos factores predictores de la capacidad que tiene el paciente para mantener una ventilación espontánea que han sido validados previamente.² d) Estabilidad hemodinámica: presión arterial media (TAM) > 60 mm Hg sin apoyo de norepinefrina o dobutamina; frecuencia cardíaca (FC) < 120 y > 50 . e) Estabilidad respiratoria: presión arterial de O_2 (PaO_2) > 60 con PEEP < 5 cm de H_2O y fracción inspirada de O_2 (FIO_2) $< 60\%$ y f) Integridad neurológica. Los criterios de exclusión fueron la presencia de sepsis documentada de acuerdo a la definición de la Sociedad Americana de Medicina Crítica,¹⁰ temperatura mayor a 38°C ; y presencia de tubos pleurales.

Intervenciones

Todos los pacientes tenían asistencia ventilatoria con un ventilador Puritan-Bennet 7200 (Nelcor Puritan Bennet, Carlsbad California) conectado a un monitor metabólico Puritan-Bennet 7250. Al inicio de estudio los sujetos se encontraban en un modo de ventilación asisto-controlada (AC); con volumen corriente (VT) promedio de 542 ± 76 mL; flujo promedio de 68 ± 12 litros por minuto y PEEP promedio de 4.4 ± 0.6 cm de H₂O. Después de un periodo de 30 minutos sin modificaciones en los parámetros de ventilación mecánica se midieron VCO₂, VO₂ y el gasto energético (EE), posteriormente se cambió el modo ventilatorio a ventilación con soporte de presión (VSP) con un nivel de soporte inicial fijo de 16 cm de H₂O. Sin modificación en el nivel de PEEP.

A los 30 minutos del inicio de la VSP se disminuyó a 14 cm de H₂O, treinta minutos después a 12 cm de H₂O y 30 minutos más tarde a 10 cm de H₂O. Al finalizar este último periodo, se consideró terminado el estudio y el paciente volvió a AC, o bien, se continuó con el destete de la ventilación mecánica de acuerdo a la decisión del personal médico.

Las variables a estudiar fueron: edad, sexo, peso, diagnóstico y presencia o ausencia de antecedentes de

tabaquismo o neumopatía; las mediciones de los parámetros estudiados se tomaron en forma basal en modo AC y posteriormente cada 15 minutos, utilizando para el análisis las mediciones al final del periodo de 30 minutos después del cambio de ventilación y de la disminución de la presión de soporte; las variables metabólicas estudiadas fueron VO₂, VCO₂, y gasto energético (EE), las variables respiratorias estudiadas fueron volumen corriente (Vt) y volumen minuto (VM)

Se registraron además los signos vitales de los pacientes durante el estudio y la saturación por oxímetro de pulso (SpO₂) y el CO₂ al final de la espiración (ETCO₂) como un método no invasivo de análisis del intercambio de gases.

Estadística

Las variables continuas se evaluaron con medidas de tendencia central y dispersión (promedio y desviación estándar), se utilizó el análisis de varianza para la comparación de las variables (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Se estudiaron un total de 20 pacientes, 11 hombres y nueve mujeres; la edad promedio fue de 69 ± 13 años (intervalo entre 24 y 80 años). El peso fue en promedio de 71 ± 11 kg. El *cuadro I* muestra la relación de pacientes y su diagnóstico.

Al inicio del estudio, el valor promedio de volumen minuto fue de 9.7 ± 2.6 litros por minuto; el volumen corriente de 542 ± 72 mL por minuto; la fracción inspirada de O₂ (FIO₂) de $50 \pm 10\%$ y el PEEP de 3.6 ± 1 cm de H₂O. Todos los pacientes toleraron el cambio a una ventilación espontánea (*Cuadro II*).

Cuadro II. Cambios en signos vitales e indicadores ventilatorios con ventilación con soporte de presión (VSP).

Parámetro	AC	VSP
FC (latidos por minuto)	84 ± 12	78 ± 10
Temperatura (°C)	37.2 ± 0.2	37 ± 0.2
SpO ₂ (%)	97 ± 2	97 ± 2
ETCO ₂	28.2 ± 4.5	26.1 ± 6.3

Abreviaturas: AC = Ventilación asisto-controlada.

VSP = Ventilación con soporte de presión.

FC = Frecuencia cardíaca.

SpO₂ = Saturación por oxímetro de pulso.

ETCO₂ = Bióxido de carbono al final de la espiración.

Cuadro I. Diagnósticos de los pacientes.

Paciente	Diagnóstico
1	Posoperado
2	EPOC
3	EPOC
4	Sepsis abdominal
5	Neumonía
6	Posoperado
7	Posoperado
8	Trauma
9	Trauma
10	Intoxicación
11	Posoperado
12	Sepsis por catéter
13	EPOC
14	Posoperado
15	Neumonía
16	Posoperado
17	Trauma
18	Posoperado
19	Posoperado
20	Trauma

EPOC = Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Cuadro III. Cambios metabólicos.

Modo	VM (litros x minuto)	VO ₂ ** (mL x minuto)	VCO ₂ (mL x minuto)	EE (Kcal x día)
AC	9.7 ± 2.6	379 ± 103**	284 ± 142	2,521 ± 638
VSP de 16 H ₂ O	10.3 ± 3.1	376 ± 104	231 ± 79	2,296 ± 691
VSP de 14 H ₂ O	9.08 ± 3.8	457 ± 82**	233 ± 67	2,635 ± 791
VSP de 12 H ₂ O	11.3 ± 1.8	351 ± 109	248 ± 74	2,396 ± 619
VSP de 10 H ₂ O	10.9 ± 4.4	439 ± 143	375 ± 194	3,130 ± 1,046

** p < 0.05

Abreviaturas: VM = Volumen por minuto. VO₂ = Consumo de oxígeno. VCO₂ = Producción de bióxido de carbono. EE = Gasto energético. AC = Ventilación asisto-controlada. VSP = Ventilación con soporte de presión (VSP).

Los cambios metabólicos se presentan en el *cuadro III*. No hubo diferencia significativa en el volumen minuto con AC y los diversos niveles de presión con VSP. En cuanto al consumo de oxígeno, sólo hubo diferencia estadísticamente significativa entre la ventilación controlada y la ventilación con 14 cm de H₂O de soporte; incluso también se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el consumo de oxígeno con 14 cm de H₂O con los otros niveles de soporte ($p < 0.05$). Respecto a la producción de bióxido de carbono y gasto energético, no se registró diferencia estadística al comparar la ventilación controlada frente a los distintos niveles de ventilación con soporte de presión.

DISCUSIÓN

En nuestro estudio se encontró como único cambio metabólico estadísticamente significativo el aumento del consumo de oxígeno que se observó al alcanzar un nivel de soporte de 14 cm de H₂O; después, el consumo de oxígeno disminuyó nuevamente hasta valores semejantes a los basales y ya no fue estadísticamente diferente del consumo de oxígeno en modo asisto-controlado. Esto puede deberse a un efecto de adaptación o entrenamiento a la ventilación espontánea. La disminución en el trabajo respiratorio dependiente del nivel de soporte que se produce al cambiar a los pacientes a VSP se ha demostrado con anterioridad. En un estudio que involucró ocho pacientes intubados, Brochard comparó las características de la ventilación soporte de presión con 10 cm de H₂O contra la ventilación con un sistema de flujo continuo y válvula de demanda;¹⁷ La ventilación con VSP produjo un incremento significativo en el Vt y la PaO₂, con una disminución en el trabajo respiratorio, también disminuyó la actividad electromiográfica del diafragma. En un estudio subsecuente el mismo autor comparó diferentes niveles de VSP (0, 10, 15 y 20 cm de H₂O)¹⁹ durante la ventilación con soporte de 0; los pacientes ventilaban con un vo-

lumen corriente (VT) pequeño y a una frecuencia respiratoria alta; un patrón que frecuentemente se asocia a fracaso del destete, con incremento en el trabajo respiratorio y actividad intensa de los músculos esternocleidomastoideos. Con niveles de soporte de 10 cm de H₂O o mayores, los datos de fatiga desaparecieron y disminuyó la actividad de los esternocleidomastoideos, así como el trabajo y la frecuencia respiratoria.

En un estudio reciente²⁰ Brandi y colaboradores estudiaron las mismas variables metabólicas del estudio anterior, con la misma tecnología, la manipulación respiratoria consistió en incremento o reducción del VT en modo AC. Ellos encontraron incremento del VCO₂ en el grupo de incremento en el VT y disminución del mismo en el grupo de disminución del VT, sin cambios significativos en el consumo de oxígeno o gasto calórico. En otro estudio Swinamer y colaboradores²¹ estudiaron los efectos metabólicos de la ventilación espontánea, en esta ocasión con pieza T y CPAP; encontraron que con CPAP el consumo de oxígeno y el gasto energético se incrementaron 14 y 13%, respectivamente; mientras que con la pieza T se incrementaron más a 20 y 19%, respectivamente. En un grupo de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, Horman⁵ observó un incremento en el consumo de oxígeno relacionado con el cambio de modo ventilatorio de SIMV a VSP con 20 cm de H₂O de presión de soporte. Estos resultados demuestran que las variables metabólicas son dinámicas y están sujetas a cambios y modificaciones secundarias a intervenciones terapéuticas, probablemente la explicación de que el consumo de O₂ y el gasto energético no se halla incrementado en nuestro trabajo, a diferencia del de Horman, a pesar de que en este último se manejó una mayor presión de soporte, probablemente sea que en nuestro trabajo sólo dos pacientes tenían enfermedad pulmonar, a diferencia del grupo de Horman en el que el 100%, eran enfermos de este tipo. Probablemente la razón de la diferencia en los cambios metabólicos con los sujetos de VSP y CPAP del estudio de Swinamer y cols. esté dada por el

nivel de soporte inspiratorio “moderado” que recibieron nuestros pacientes.

Una pregunta que quedará pendiente de contestar en futuras investigaciones es cuál es el efecto de disminuciones aun mayores del nivel de soporte. En nuestros pacientes el estudio se consideró terminado al cumplir los 30 minutos en ventilación de soporte por presión con un nivel de 10 cm de H₂O de soporte, en ese momento algunos pacientes fueron extubados y otros regresaron a la ventilación controlada. Con base en los resultados encontrados por los autores mencionados previamente, se podría pensar que al disminuir el soporte a niveles inferiores de los que se considera compensan la resistencia del tubo orotraqueal (entre 6 a 10 cm de H₂O, según diversos autores), el consumo de oxígeno aumentaría, también se ha señalado que la magnitud de este aumento puede ser un predictor del éxito o fracaso del destete.¹⁷

También queda por aclarar, en futuras investigaciones, el efecto metabólico de disminuciones en el nivel de soporte por debajo de 10 cm de H₂O durante el proceso de destete.

CONCLUSIONES

El cambio de ventilación controlada (AC) a ventilación en modo de soporte por presión VSP, con los niveles de soporte estudiados no causa cambios metabólicos de importancia en pacientes críticamente enfermos adecuadamente seleccionados, lo que confirma la impresión clínica de que es un modo de AMV bien tolerado y que no incrementa el requerimiento calórico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dekel B, Segal E, Perel A. Pressure support ventilation. *Arch Intern Med* 1996; 156: 367-373.
2. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1991; 324: 1444-1450.
3. MacIntyre NR. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 1986; 89: 677-683.
4. Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 513-521.
5. Hormann C, Baum M, Luz G, Putensen C, Putz G. Tidal volume, breathing frequency, and oxygen consumption at different pressure support levels in the early stage of weaning in patients without chronic obstructive pulmonary disease. *Intensive Care Med* 1992; 18 (4): 226-230.
6. Prakash O, Meij S. Cardiopulmonary response to inspiratory pressure support during spontaneous ventilation vs conventional ventilation. *Chest* 1985; 88: 403-408.
7. Van de Graff WB et al. Pressure support: Changes in ventilatory pattern and components of the work of breathing. *Chest* 1991; 100: 1082-1011.
8. Makita K, Nunn J, Royston B. Evaluation of metabolic measuring instruments for use in critically ill patients. *Critical Care Med* 1990; 18: 638-644.
9. Chittock DR, Ronco JJ, Russell J. Respiratory monitoring. In: Tobin MJ. *Principles and practice of intensive care monitoring*. USA: McGraw Hill, 1988; 317.
10. Bone RC, Balk RA, Cerra FB et al. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. *Chest* 1992; 101: 1644-1655.
11. Hess DR. Capnometry. In: Tobin MJ. *Principles and practice of intensive care monitoring*. USA: McGraw Hill. 1988; 377.
12. Hubmayr RD, Loosbrack LM et al. Oxygen uptake during weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1988; 94: 1148-1155.
13. Lemaire F, Teboul JL et al. Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1989; 69: 171-179.
14. Shapiro M, Wilson RK et al. Work of breathing through different sized endotracheal tubes. *Crit Care Med* 1986; 14: 1028-1031.
15. Fiastro JF, Habib MP, Quan SF. Pressure support compensation for inspiratory work due to endotracheal tubes and demand continuous positive airway pressure. *Chest* 1988; 93: 499-505.
16. Kirkland L. Effects of ventilator resetting on indirect calorimetry measurement-The importance of patience. *Crit Care Med* 1999; 27(3): 459-460.
17. Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilator weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med* 1992; 18 (6):3327-333.
18. Brochard L, Rua F et al. Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology* 1991; 75: 739-745.
19. Brochard L, Pluskwa F et al. Improved Efficacy of inspiratory pressure support. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 411-415.
20. Brandi LS, Bertolini R, Santini L, Cavani S. Effects of ventilator resetting on indirect calorimetry measurement in the critically ill surgical patient. *Crit Care Med* 1999; 27 (3): 531-539.
21. Swinamer DL, Fedoruk LM, Jones RL, Chin WD, Phang PT, Hamilton SM, King EG. Energy expenditure associated with CPAP and T-piece spontaneous ventilatory trials. Changes following prolonged mechanical ventilation. *Chest* 1989; 96 (4): 867-728.