

## NEUMOLOGIA

## VENTILACIÓN MECÁNICA CON SOPORTE DE PRESIÓN

Alejandra Flores Badilla \*  
Alcibey Alvarado González \*\*

## SUMMARY

Given that a comprehensive study on the subject does not exist in Costa Rican medical literature, we have decided to develop a bibliographic review of pressure support ventilation (PSV).

Our target readers are not critical care doctors, pneumologists, anesthesiologists, respiratory therapists or the medical staff at critical care units who are trained and knowledgeable in the topic.

The motivation for this review stems from the fact that medical ventilation is no longer exclusive to critical care units; patients requiring it are frequently encountered in normal medical rooms attended by staff unfamiliar with the procedure. This publication is directed to these staff members and is intended to be

clear and simple to aid the management of these patients.

**Palabras clave (Keywords) :**

Ventilación Mecánica  
Trabajo respiratorio  
Ventilación con Soporte de Presión

**SIMBOLOGIA USADA EN ESTE ARTICULO**

El idioma de la ventilación mecánica es el inglés. Por esta razón la mayoría de las siglas utilizadas están en este idioma, se adjunta la traducción en español.

- VMA: Ventilación Mecánica Asistida.
- PSV: Ventilación con Soporte de Presión.
- PAV: Ventilación Proporcional Asistida.
- IPPV: Ventilación en Presión Po•

SIMU: Ventilación Mandataria Intermitente.

• SIMV: Ventilación Mandataria Intermitente Sincronizada.

• V: Volumen Minuto.

• Vt: Volumen corriente (Tidal Volumen).

• W: Trabajo respiratorio.

• D: Distancia.

• P: Presión.

• V: Volumen.

• Kg: Kilogramos.

• ms: milisegundos

• m: Metros.

• j: Julios = Kg. x m.

• L: Litros.

• 1Kg-m/L= 10 julios.

• min.: Minuto.

• TRS: Tracto Respiratorio Superior.

• TET: Tubo Endotraqueal.

• Vi: Flujo Inspiratorio.

• Ti: Tiempo Inspiratorio.

• AWR: Resistencia de las Vías Aéreas.

• WOB: Trabajo Respiratorio.

• WOB<sub>imp</sub>: Trabajo Respiratorio

\* Medica General. Universidad de Costa Rica. Estudiante de Maestría Centroamericana en Farmacología Clínica. Profesora del departamento de Farmacología y Toxicología, Universidad de Costa Rica.

\*\* Especialista en Medicina Interna y Neumología. Laboratorio de Fisiopatología Respiratoria. Servicio de Neumología, Unidad de Cuidado Crítico Respiratorio. Instructor licenciado de la Cátedra de Fisiopatología y Medicina Interna. Universidad de Costa Rica. Hospital San Juan de Dios, San José, Costa Rica. Member of American Association for Respiratory Care. E-mail: alcialvagonza@yahoo.com.mx.

- $WOB_L$  : Trabajo Respiratorio del pulmón
- $V_E$  : Flujo Espirado en un Minuto
- CPAP: Presión Positiva continúa de la vía aérea.
- I. R. A: Insuficiencia Respiratoria Aguda.
- EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.
- SCM: Esternocleidomastoideos.
- Pappi : Presión Aplicada por el Ventilador.
- IPPB : Respiración con Presión Positiva Intermitente

## I NTRODUCCIÓN

Ventilación con soporte de presión o inspiración asistida es una forma de ventilación mecánica limitada por presión similar pero más sofisticada que la IPPB. Con PSV, cuando el paciente activa el ventilador para inspirar, le es administrada una asistencia ventilatoria o se le provee un límite de presión (seleccionada por el operador) que genera suficiente flujo de gas que entra en el circuito ventilatorio; de esta forma la válvula de exhalación se cierre y permita que el sistema de presión rápidamente se aproxime a un nivel de presión denominado presión de soporte. Estas características son bastante diferentes con lo que ocurre normalmente en los pacientes en VMA, en los cuales durante una inspiración se alcanza una presión meseta (presión en el sistema respiratorio durante la inspiración después de alcanzar la presión pico) y esta se mantiene hasta que

el flujo inspiratorio del paciente disminuye hasta un mínimo al cual el tiempo de exhalación ocurre. Esta diferencia en presiones hace que el paciente pueda tener control primario sobre la frecuencia ventilatoria ( $f_r$ ), el flujo inspiratorio ( $V_i$ ) y el tiempo inspiratorio ( $T_i$ ). Al final, el volumen corriente que alcanza el paciente va a estar determinado por la compliance, la resistencia de las vías aéreas y la PSV. Por esta razón es que muchos médicos y pacientes consideran este tipo de modalidad de asistencia ventilatoria más confortable que las modalidades limitadas por volumen.

## M ETODOLOGÍA

Al ser este trabajo una revisión de un tema, se basa en datos retrospectivos obtenidos de literatura. Se han escogido, vía MEDLINE, trabajos prospectivos, con datos medibles, cuantificables y comparables sobre el tema. Mucha es la literatura sobre el tópico, pero hemos intentado leer y colocar en la bibliografía aquellos trabajos o artículos que transmiten claramente los aspectos más importantes sobre el uso de P. S. V.

## D ISCUSIÓN

En 1993 uno de los autores del actual trabajo (A. A. G.) publicó tres artículos sobre aspectos muy bási-

cos de la Ventilación Mecánica Asistida (V. M. A.), junto con el Dr. Álvaro Suárez Mejido, Jefe —en ese momento— del Servicio de Neumología y de la Cátedra de Fisiopatología y Semiología de la U. C. R. en el Hospital San Juan de Dios (1-2-3) En ese momento no se disponía de manera generalizada de la ventilación con soporte de presión. De hecho los ventiladores que daban una Ventilación con Presión Positiva Intermitente (I. P. P. V.), fueran ciclados por presión (la generación de los MARK), o ciclados por tiempo (I. M. V.) o por volumen (OHMEDA) no tenían incorporado P. S. V. Hoy en día prácticamente los ventiladores tienen, con escasas excepciones, tienen integrada ésta modalidad. Las técnicas para soporte ventilatorio parcial se utilizan para pacientes con un control respiratorio normal pero que tienen dificultad en sostener una adecuada ventilación espontánea. La forma más popular de asistencia ventilatoria es P. S. V. en la cual el ventilador genera una presión constante que se suma al esfuerzo del paciente durante el período inspiratorio. Con P. S. V. la presión aplicada por el ventilador (Pappi) aumenta hasta un nivel predeterminado que es mantenido constante hasta que se alcanza el criterio de ciclar ( un mínimo valor de flujo inspiratorio ). En Ventilación Proporcional Asistida (P. A. V. ) el ventilador genera una presión en proporción al esfuerzo del paciente (6).

Luego la P<sub>ap</sub>, es función del esfuerzo inspiratorio es mayor el incremento en la P<sub>ap</sub>. Por lo tanto en pacientes en V.M.A en los cuales la impedancia (resistencia a la movilidad) respiratoria se incrementa agudamente, la capacidad fisiológica de mantener un VT y un Volumen minuto constantes a través del esfuerzo inspiratorio solo se preserva durante P.A. V. En P. S. V. se requiere esfuerzo muscular mayor y se produce más malestar que en P.A. V. Parte de las características fisiológicas importantes de la PSV es que durante ella, la respuesta al CO<sub>2</sub> se extiende hasta la hipocapnia y se expresa principalmente como un incremento en la intensidad de los impulsos motores respiratorios, con pocos cambios en la frecuencia respiratoria (5). La siguiente ecuación expresa esta relación:

$$V = V_t \times F_r$$

Durante cualquier tipo de ventilación, se induce en el individuo un trabajo respiratorio; este se aumenta en la VMA e incluso puede llegar a condicionar el éxito de esta. Parte de los atractivos de la VSP es que tiende a disminuir este trabajo haciéndola muy útil en ciertos tipos de pacientes.

El trabajo respiratorio puede ser discutido desde dos perspectivas:

trabajo mecánico y costo de respirar.

#### Trabajo mecánico

Clásicamente definido como una fuerza (F) aplicada, multiplicada por la distancia (D) movida.

$$W = F \times D$$

O bien,

$$W = P \times V$$

La relación anterior puede ser fácilmente aplicada al Sistema Respiratorio, ya que la Presión (P) es una fuerza aplicada por unidad de área y un cambio en el volumen (V) representa una distancia multiplicada por un área. Debido a que las presiones y volúmenes asociados con el movimiento del sistema pulmón-tórax pueden ser medidos fácilmente, el WOB puede ser cuantificado; de tal forma que el WOB calculado por un minuto puede expresarse como:

- 1 Kg.-m/L/min.
- 2 Julios-L/ min.
- 3 Kg.-m/min. o J/min.

#### Costo de Respirar

El Trabajo Mecánico realizado por los músculos de la Respiración debe vencer tres fuerzas que se oponen a la inspiración:

- a) Fuerzas Elásticas debido al tejido elástico de la cavidad torácica.
- b) Resistencia de la vía aérea.
- c) Inercia (trabajo que se gasta en mover una estructura no elástica dentro de la cavidad torácica), la cual habitualmente es ignorada, ya que su efecto es mínimo.

El WOB total, es alrededor de 0.073 Kg.-m/ L. Aumenta a 2.6 con Enfisema (7) y a 3 en el Síndrome de Hipoventilación — Obesidad. El trabajo impuesto al respirar (WOB imp.), está dado por la vía aérea y los circuitos del ventilador. Un 33% de la resistencia no elástica la proporciona el tracto respiratorio superior durante la respiración con la boca abierta.

Si se debiese colocarse una vía aérea artificial, aumentaría el trabajo para mantener el flujo de gas. Ello es importante en pacientes en Ventilación Mecánica, porque la disminución del diámetro del TET y el incremento en

el **V<sub>E</sub>** aumenta el **WOB + WOB<sub>L imp.</sub>**

Parece claro que una vía aérea artificial, afecta el trabajo respiratorio y ello puede ser más pronunciado en pacientes con enfermedad de los músculos ventilatorios, quienes son menos capaces de superar la incrementada carga ventilatoria. Por lo tanto, la selección apropiada del diámetro de una vía aérea artificial se vuelve crítico. Si el paciente tiene un problema de vía aérea es preferible la vía

oral que la nasal, esto para asegurar el mayor diámetro posible. Normalmente, tubos con diámetro interno de 7.5 —cuando se usan en hombres— y entre 7.0 y 7.3 en mujeres. En general es razonable asumir que en pacientes que respiran espontáneamente con:

1. Enfermedad pulmonar crónica o debilidad de los músculos respiratorios

(2), una vía aérea pequeña (1), frecuencias respiratorias aumentadas o

elevados  $V_E$ , el  $WOB_{imp}$  puede ser excesivo y es necesario reducir y contrabalancear el  $WOB$  impuesto.

La habilidad de P. S. para contrabalancear el  $WOB$  impuesto por vías aéreas artificiales, circuitos ventilatorios, sistemas de demanda parece estar bien establecido, también se ha demostrado que disminuye la frecuencia respiratoria espontánea, aumenta el  $V_t$ , reduce la actividad de los músculos ventilatorios y disminuye el consumo de oxígeno; adicionalmente el paciente puede estar más confortable y puede disminuir la fatiga muscular(7-8). De acuerdo a lo anterior se puede inferir algunas de las indicaciones P. S. V. para reducir el trabajo impuesto ( $WOB_{imp}$ ) en pacientes que respiran espontáneamente; tales como:

a. Pacientes que tienen vías aéreas artificiales más pequeñas que las óptimas y que requieren soporte ventilatorio, particular-

particularmente si la frecuencia espontánea es  $>20$  y el  $VE > 10$  L/min.

- b. Historia de EPOC o evidencia de debilidad de los músculos ventilatorios que requieran soporte de presión  $>24$  o 48 horas y van a ser mantenidos en sistemas ventilatorios de demanda en SIMV a frecuencias  $<4/m$  o en CPAP.
- c. Pacientes con debilidad muscular o EPOC que experimentan dificultad en mantener ventilación en un sistema de flujo continuo en I. M.V. con  $Fr < 4/min$ , o Sistemas CPAP.

En general es el juicio clínico el que dicta el uso de P. S. para el  $WOB$  impuesto. Realmente cualquier paciente en quien el  $WOB_{imp}$  es considerado un problema clínico, es candidato a P. S. V. Casi parece lógico que para superar el  $WOB_{imp}$  debe escogerse un nivel de P. S. V que establezca un patrón ventilatorio razonable en un paciente dado, y permita superar la carga adicional que supone la taquicardia, taquipnea, hipertensión, diaforesis, respiración paradójica, respiración alternante, fatiga muscular. En la mayoría de éstos casos un nivel entre 5-15 cm. H<sub>2</sub>O es suficiente. Ocasional más que frecuente, niveles más altos se requieren. Una vez alcanzada la mejoría y con un nivel mínimo de P. S. V. (5 cmH<sub>2</sub>O) el paciente puede o ser extubado o colocado con un flujo de gas continuo, vía

Tubo en T. Realmente cualquier paciente en quien el  $WOB_{imp}$  es considerado un problema clínico, es candidato a P. S. V. Ahora bien; en pacientes con I. R. A., que posean EPOC de base ó quienes presentan sepsis postoperatoria, parece ser que la mayor, ventaja de P. S. V. en reducir el trabajo impuesto a los músculos respiratorios. El nivel óptimo de P. S. V. es aquel que permita mantener la actividad diafragmática durante el destete sin llevar a fatiga del diafragma (10). Los parámetros respiratorios no son de ayuda en la valoración aguda del nivel de soporte de presión óptimo. El único parámetro clínico que es confiable de predicción de fatiga diafragmática durante P. S. V. es la contracción de los músculos esternocleidomastoideos (SCM). De hecho en algunos trabajos el nivel óptimo de P.S. V. se ha definido como el más bajo P. S. V. sin contracción de los SCM.

Existen controles automáticos de P.S.V., basados en algoritmos lo cuales a su vez están basados en parámetros tan sencillos como: frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, SaO<sub>2</sub> y Volumen Tidal (9) y que se ajustan al nivel de P.S. hora a hora, en particular en pacientes con E. P. O. C., pero ello requiere de una medición continua de los parámetros en un monitor minuto a minuto, y un ajuste automático de P. S. De estas facilidades no disponemos en las U. C. I. y en las U.C.C.R., en Costa Ri-

ca. Existen otros parámetros útiles en la valoración de los pacientes con P.S.V. tales como la medición de la P0.1, que es la presión de oclusión negativa durante los primeros 100 ms de una inspiración ocluida o forzada fue introducida por Whitelaw et al (11). Como ésta presión es medida a un flujo de 0 es independiente de la complianse (distensibilidad) y la resistencia del sistema respiratorio, se considera que estima el control neuromuscular de la respiración. Este parámetro (P0.1) podría diferenciar a aquellos pacientes que puedan o no ser desconectados de Ventilación Mecánica. Recientemente se ha estimado que éste valor es un mejor índice que la frecuencia respiratoria para estimar la carga de los músculos respiratorios. Valores altos reflejan un incremento en la activación neuromuscular del sistema respiratorio y son un claro indicador de probable fatiga muscular inspiratoria. Por el contrario, niveles bajos de P0.1 se asocian con un efectivo desacostumbramiento. El valor normal de P0.1 es de 1.5 cm. H<sub>2</sub>O, puede aumentar hasta 4 cm. H<sub>2</sub>O en O. C. A. y puede subir hasta 8 cm. H<sub>2</sub>O en I.R.A. (4). La medición de la P0.1 depende del sistema en el que esté el paciente; dado que el tubo en T y P.S. V. son frecuentemente usados como maniobra de desacostumbramiento es importante saber como se calcula este parámetro en ellos:

#### a. Medida de P0.1 durante la res-

#### piración espontánea (Tubo en T)

La P0.1 se mide de forma "silente", activando manualmente la válvula espiratoria y ocluyéndola al final de la espiración, por medio de una jeringa. El paciente no puede ver ni la válvula ni el operador, y por lo tanto no puede anticipar que la oclusión fue terminada y por supuesto, que duró menos de 300 milisegundos (ms).

#### b. Medida de la P0.1 durante P.S. V.

El Servo Ventilador 900 (es frecuentemente usado en nuestras Unidades de Cuidados Críticos) se puede realizar una maniobra al final de la espiración por oprimir el botón de la pausa espiratoria. La válvula de las tijeras electrónicas inspiratoria permanecerán cerradas al final de la espiración y el "flap" de la válvula cerrada en el lado espiratorio, resultando en un esfuerzo inspiratorio contra una vía cerrada. Una vez que el esfuerzo respiratorio inicial se completa, el botón o perilla inspiratorio se libera y la respiración normal se reinicia (10). Para un paciente que este recibiendo soporte ventilatorio y no tenga problemas para reasumir la respiración espontánea, los dos métodos de extubación (respiración espontánea con Soporte de Presión, o, el método clásico de Tubo en T, son métodos exitosos. Un criterio predictivo es el Rapid Shallow Breathing, que se mide muy fácilmente y es la relación entre frecuencia

respiratoria (f) y volumen tidal (Vt):  $f / Vt$  (4). Los valores menores a 80 indican mejores probabilidades de desacostumbramiento exitoso. El método de Tubo en T durante 2 horas permite seleccionar los pacientes que pueden ser exitosamente estables. Sin embargo este método tiene un riesgo de reintubación del 15 -19 %, cualquier método de extubación requiere en un 25% reincubación y / o V. M. A. La P. S. V. contrabalancea el trabajo extra impuesto por la respiración a través de un TET. Habitualmente se requieren entre 7 — 8 cm. H<sub>2</sub>O para disminuir el trabajo respiratorio después de la extubación, el Soporte Ventilatorio puede ser exitosamente discontinuado en 2/3 partes de los pacientes después de un intento de respiración espontánea de 2 horas. La P. S. V. o Tubo en T, son métodos para reasumir respiración espontánea antes de la extubación, en pacientes mecánicamente ventilados sin dificultad para reasumirla respiración espontánea. Presumiblemente esto sería aplicable a pacientes en que se intente desconectarlos con la técnica de una sola vez en un día.

## C ONCLUSIONES

La P.S.V ofrece varias ventajas en el soporte ventilatorio de pacientes con complicaciones de base (que aumentan el trabajo respiratorio impuesto) que puedan pro-

ducir en las técnicas de ventilación mecánica una disminución de la eficacia comparada con la obtenida en los pacientes sin estas condiciones agregadas.

Permite además que se de un desacostumbramiento más cómodo para el paciente y con menor cantidad de fracasos lo que ayuda a que el tiempo en que un paciente tenga que estar en V.M.A. disminuya y por tanto lo hagan también las complicaciones asociadas a ventilación mecánica prolongada. La P.S V. es una técnica de fácil utilización con los ventiladores que se cuenta en la mayoría de los hospitales del país y que por sus beneficios debería de estimularse más su uso en los casos que concierna.

## R E S U M E N

Dado que no existe una revisión comprensiva en la literatura médica costarricense a cerca del tema,

nosotros hemos decidido realizar una revisión bibliográfica sobre P. S. V. La motivación fundamental para este trabajo, es la cada vez más frecuente cantidad de pacientes que se encuentran mecánicamente ventilados en salones generales, fuera de las Unidades de Cuidado Crítico, atendidos por personal no muy familiarizado con esta modalidad. A ellos va dirigida esta monografía que pretende ser clara, simple y útil en el manejo de este tipo de pacientes

## B I B L I O G R A F I A

1. Alvarado, G .A; Suárez M. A. V. M .A. Revista Médica de Costa Rica. 1993. XL (523) 41-51.
2. Alvarado, G. A.; Suárez M. A. V. M .A. Revista Médica de Costa Rica. 1993. XL (524) 85-99.
3. Alvarado, G .A; Suárez M. A. V. M. A.. Revista Médica de Costa Rica. 1993. XL (525) 129-149.
4. Esteban, A.; Alía, I.; Gordo, F.; Fernández R.; Solsona, F. J.; Vallverdú, J.; et all. Extubacion outcome after Spontaneous Breathing Trials with T- tube or Pressure Support Ventilation. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1997; 156: 459-465.
5. Georgopoulos, D; Mitrouska, Y.; Bshouty, Z.; Webster, K. ;Patakas, D. ;Younes, M. Respiratory Response to CO2 during Pressure-support Ventilation in Conscious Normal Humans. A.M.J.. Respir. Crit. Care Med. 1997; 156: 146-154.
6. Grasso, S.; Puntillo, F.; Mascia, L.; Ancona, G.; Fiore, T.; Bruno, F.; Slutsky, S.A.; Ranieri, V. M. Compensation for increase in Respiratory Workload during Mechanical Ventilation. Am. J. Respir. Care. 2000; 161: 819-826.
7. Kacmarek, M. R. The Role of Pressure Support Ventilation in Reducing Work of Breathing. Respiratory Care, 1988; 33: 99-120.
8. MacIntyre, R. N. Pressure Support Ventilation: Effects on Ventilatory Reflexes and Ventilatory -Muscle Workloads. Respiratory Care. 1987; 32: 447-457.
9. Nemoto, T.; Hatzakis, E. G.; Thorpe, W. C.; Olivenstein, R.; Dial, S.; Bates, T. H. J. Automatic Control of Pressure Support Mechanical Ventilation Using Fuzzy Logic. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1999; 160: 550-556.
10. Perrigault, O. P. F.; Pouzeratte, H. Y.; Jaber, S.; Capdevila, J. X.; Hayot, M.; Boccard, G.; Ramonatxo, M.; Colson, P. Changes in occlusion pressure (P0.1) and breathing pattern during pressure support ventilation. Thorax. 1999; 54: 119-123.
11. Whitelaw, W. A.; Derenne, J. P.; Emili, M. J. Occlusion pressure as a measure of respiratory centre output in conscious man. Respir. Physiol. 1975. 23: 181-199.