

Universidad Autónoma de Barcelona

Departamento de Medicina

**ESTUDIO CLÍNICO, OBSERVACIONAL, DE UNA NUEVA
MODALIDAD VENTILATORIA; VENTILACIÓN ASISTIDA
PROPORCIONAL. HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU,
BARCELONA, 2010.**

AUTOR: Hernan Marcelo Aguirre Bermeo

DIRECTOR: Dr. Jordi Mancebo Cortés

Trabajo de investigación
Doctorado en Medicina Interna
Convocatoria Junio del 2010

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Jordi Mancebo Cortés, del Departamento de Medicina de la Universidad Autónoma de Barcelona, Director del Servicio de Medicina Intensiva del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau,

HACE CONSTAR,

Que el trabajo titulado **ESTUDIO CLÍNICO, OBSERVACIONAL, DE UNA NUEVA MODALIDAD VENTILATORIA; VENTILACIÓN ASISTIDA PROPORCIONAL. HOSPITAL DE LA SANTA CREU I SANT PAU, BARCELONA, 2010**; ha sido realizado bajo mi dirección por el licenciado Hernan Marcelo Aguirre Bermeo y que se encuentra en condiciones para poder ser presentado como un trabajo de investigación de 12 créditos, dentro del programa de doctorado en Medicina Interna (curso 2009-2010), en la convocatoria de Junio 2010.

Barcelona, 1 de Junio del dos mil diez.

INDICE

Indice de Tablas	3
Indice de Figuras	4
Abreviaturas	5
Resumen	7
Introducción	8
Justificación del estudio	16
Pacientes y Métodos	17
Pacientes	17
Procedimiento	17
Análisis	17
Método Estadístico	18
Resultados	19
Discusión	20
Conclusiones	23
Tablas	24
Figuras	27
Anexos	36
Bibliografía	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proporción de asistencia ventilatoria y relación Ventilador / Paciente según % Gain.

Tabla 2. Características de pacientes incluidos.

Tabla 3. Características individuales, motivo de ingreso y evolución de pacientes incluidos.

Tabla 4. Variables respiratorias, gasométricas y hemodinámicas de la muestra durante todos los días en ventilación PAV.

Tabla 5. Variables respiratorias de cada paciente incluido durante todos los días en ventilación PAV.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de la ventilación de dos pacientes en modalidad PAV durante 2 horas.

Figura 2. Relación entre la P_{mus} y asistencia según los deltas de P_{aw} más habituales.

Figura 3. Runaway.

Figura 4. Variación diaria de la media de la PTP de los pacientes incluidos.

Figura 5. Variación diaria de la media del V_t de los pacientes incluidos.

Figura 6. Variación diaria de la media del FR de los pacientes incluidos.

Figura 7. Variación porcentual diaria de la media de la PTP respecto a su basal de los pacientes incluidos.

Figura 8. Media y desvío estándar de la PTP y Gain de los pacientes durante todos los días en ventilación en PAV.

Figura 9. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 1 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 10. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 2 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 11. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 3 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 12. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 4 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 13. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 5 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 14. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 6 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 15. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 7 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 16. Variación diaria de la media del FR, PTP y V_t del paciente 8 durante los días en ventilación en PAV.

ABREVIATURAS

- Trabajo respiratorio (WOB) (“work of breathing”; WOB)
- Ventilación Asistida Proporcional (PAV) (“Proportional assist ventilation”; PAV)
- Volumen corriente (Vt) (“Tidal Volumen”; Vt)
- Presión elástica positiva al final de la espiración propia del paciente (PEEPi) (“intrinsic positive end-expiratory pressure”; PEEPi)
- Presión positiva extrínseca al final de la espiración (PEEP) (“extrinsic positive end-expiratory pressure”; PEEP)
- Presión aplicada al sistema respiratorio (Prs)
- Resistencia (R)
- Flujo aéreo (V´)
- Elastancia (E) (“elastance”; E)
- Volumen (V)
- Presión producida por el ventilador (Paw)
- Presión producida por los músculos respiratorios (Pmus)
- Volumen asistido (VA)
- Flujo asistido (FA)
- Litros (L)
- Segundos (S)
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)
- Pauta de soporte o ganancia (Gain)
- Frecuencia respiratoria (FR)
- Respiración de Cheyne-Stokes (“Cheyne-Stokes Breathing”; CSB).
- Ventilación asistida por presión (PS) (“Pressure Support Ventilation”; PS)
- Richmond Agitation Sedation Scale (RASS)
- Desvio estándar (DS)
- Media (M)
- Unidad de cuidados intensivos (UCI)
- Síndrome de Distres Respiratorio del Adulto (SDRA)
- Ventilación asistida controlada por volumen (CMV)

- Mínimo (Min)
- Máximo (Max)
- Producto presión/tiempo de los músculos inspiratorios (PTP)
- Ventilador (Vent)
- Paciente (Pcte)
- Simplified Acute Physiology Score (SAPS II)
- Presión pico de vías aéreas (Ppico)
- Resistencia de vías aéreas (R)
- Compliancia pulmonar (C)
- Tiempo inspiratorio (Ti)
- Presión de oclusión (P0.1)
- Presión arterial media (PAM)
- Latidos por minuto (lpm)

RESUMEN

La Ventilación Asistida Proporcional es una modalidad ventilatoria en la que el respirador genera una asistencia inspiratoria proporcional al esfuerzo muscular del paciente. Esta modalidad permite una sincronía paciente-ventilador prácticamente total. Existen numerosos estudios fisiopatológicos sobre la PAV, pero los estudios clínicos son escasos; por lo que se plantean varias hipótesis y preguntas de la modalidad. El presente, es un estudio clínico, observacional, en el que se incluyeron 8 pacientes a los cuales su médico responsable estimó iniciar el destete de la ventilación mecánica. El propósito es describir la tolerancia clínica y la interacción paciente-ventilador durante la ventilación en esta modalidad y analizar el esfuerzo muscular que realizan. Para ello se recogió todas las variables respiratorias cada minuto durante el tiempo que los pacientes permanecieron en ventilación mecánica.

El esfuerzo muscular de todos los pacientes se mantuvo dentro de los niveles de confort predefinidos durante toda la ventilación. El porcentaje de éxito en el destete fue del 75%, similar a estudios de otras modalidades; el éxito o no en el destete no estuvo influenciado por el nivel de esfuerzo muscular ya que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el esfuerzo muscular de los pacientes que cambiaron de modalidad ventilatoria y los que tuvieron éxito en el destete. Debemos destacar que los pacientes necesitaron dosis pequeñas de sedación, incluso el 37,5% de los pacientes no requirieron uso de sedantes. Podemos concluir que la ventilación asistida proporcional brinda una ventilación mecánica similar a otras modalidades ventilatorias y probablemente más fisiológica.

INTRODUCCION

La comprensión cada día mayor de la fisiopatología respiratoria en pacientes en ventilación mecánica sumado al continuo avance tecnológico ha permitido desarrollar nuevas modalidades ventilatorias que permiten, por un lado, un mayor control de la mecánica ventilatoria y por otro, una mayor sincronización y confort del paciente a la misma.

En los años 1980 resultados de diferentes investigaciones evidenciaron que la alteración de la bomba respiratoria causada por la sobrecarga o fatiga muscular tenía un rol importante en la fisiopatología del fracaso respiratorio agudo; de igual manera, se observó que la necesidad de reducir este trabajo respiratorio (WOB) ("work of breathing"; WOB) era una de las razones más frecuentes para iniciar el apoyo ventilatorio ¹.

La Ventilación Asistida Proporcional (PAV) ("Proportional assist ventilation"; PAV), es una reciente modalidad ventilatoria en la que se realiza una sincronización prácticamente total de la asistencia con dos diferencias importantes con respecto a otras modalidades; 1) el generar presión en proporción al esfuerzo muscular instantáneo del paciente, de esta manera cuanto más esfuerzo respiratorio realiza el paciente más apoyo ventilatorio es proporcionado y 2) siendo la única modalidad ventilatoria que ha sido diseñada para optimizar la interacción paciente-ventilador dejando el apoyo ventilatorio bajo total control del centro respiratorio del paciente ².

De esta manera, el ventilador no es más que un "músculo adicional del paciente" que cuya profundidad y frecuencia de las respiraciones depende completamente como se dijo antes de la dinámica respiratoria del paciente ¹.

En la modalidad PAV no existen parámetros prefijados de flujo, volumen, presión ni frecuencia respiratoria. El objetivo de la PAV es el confort y la disminución del WOB del paciente siendo su principal ventaja la sincronía con los esfuerzos respiratorios y la adaptabilidad de asistir a cambios en la demanda ventilatoria ³.

Para obtener una correcta sincronización paciente-ventilador, debemos considerar que el ajustar el tiempo inspiratorio del ventilador al tiempo inspiratorio neural del paciente es potencialmente muy importante y esto es posible únicamente en la modalidad PAV. De esta misma manera, exceptuando en los pacientes en coma o relajación muscular total, existe muchas influencias que afectan la demanda ventilatoria, como son: el sueño-vigilia,

temperatura, cambios en pH, ansiedad, etc. Estos cambios en la demanda ventilatoria son poco identificados y modificados en las modalidades convencionales, sin embargo con la PAV es posible valorar los cambios en la demanda ventilatoria inmediatamente y sincronizar mejor la interacción ventilador-paciente ⁴.

La Figura 1 ilustra dos ejemplos de pacientes en modalidad PAV. En el eje "x" se encuentra en función del tiempo (la media por minuto para evitar los cambios entre cada respiración) y en el eje "y" el volumen en litros; se evidencia que en el paciente A existe cambios muy frecuentes en el volumen (l/min) en dos horas y un cambio aun más marcado durante el sueño. En el paciente B refleja que existen pacientes con menor variabilidad que otros.

La variabilidad del volumen corriente (V_t) ("Tidal Volumen"; V_t), flujo, tiempo inspiratorio, etc., entre respiración y respiración es una característica propia de la respiración en sujetos normales despiertos. Esta magnitud varía de acuerdo al nivel de vigilia siendo menos pronunciada durante el sueño y mínimo bajo anestesia. Esta variación disminuye también en pacientes con debilidad muscular o alteración mecánica. Típicamente el coeficiente de variación en los pacientes ventilados con PAV está en el rango del 10-40% dependiendo de su nivel de vigilia, siendo este rango muy similar al de los sujetos normales e indicando que la disminución de la variabilidad en pacientes con enfermedad respiratoria no es porque están enfermos en si, sino debido al efecto de la alteración de la mecánica y de la debilidad muscular que disminuye la expresión en la mecánica ventilatoria entre respiración y respiración ⁵.

Una buena interacción paciente/ventilador implica que el inicio y el final de la inspiración neural del paciente sea detectada correctamente y que la asistencia mecánica sea proporcionada en sincronía con el esfuerzo del paciente. La manera de cómo el soporte ventilatorio es iniciado "trigger" durante la PAV no es diferente de las otras formas ventilatorias debido a que trabaja con la misma metodología basada en la presión de vías aéreas, flujo o ambas. El trigger del ventilador se ve influenciado por la presencia de la presión elástica positiva al final de la espiración propia del paciente (PEEPi) ("intrinsic positive end-expiratory pressure"; PEEPi). El efecto de la PEEPi debe ser mitigado aplicando presión positiva extrínseca al final de la espiración (PEEP) ("extrinsic positive end-expiratory pressure"; PEEP) la cual reduce el esfuerzo del paciente y el retraso del trigger, sin embargo, debemos recordar que la aplicación

de PEEP puede tener consecuencias como hiperinsuflación, empeoramiento de debilidad diafragmática, alteraciones hemodinámicas y de intercambio gasométrico ⁶.

Durante la ventilación mecánica, la presión aplicada al sistema respiratorio (Prs) debe vencer sus componentes elásticos y resistivos, esto se explica en la llamada ecuación del movimiento, una de las ecuaciones fundamentales de la mecánica respiratoria, la cual consiste en que la Prs debe vencer las resistencias (R) al flujo aéreo (V') y las fuerzas de retracción elásticas (E) ("elastance"; E) para un volumen (V) determinado.

$$Prs = R \times V' + E \times V$$

De esta manera durante la ventilación controlada (pacientes sedados o paralizados), la presión aplicada al sistema respiratorio depende únicamente de la presión producida por el ventilador (Paw), así: $Prs = Paw = R \times V' + E \times V$. Por otro lado durante la ventilación en soporte, la presión aplicada al sistema respiratorio depende de la presión producida por los músculos respiratorios (Pmus) y la Paw, así: $Prs = Paw + Pmus = R \times V' + E \times V$ ^{3, 6, 7}.

Esta es la base fisiológica de la modalidad PAV, debemos considerar también que la Pmus debe vencer al comienzo de la inspiración la PEEPi, de esta manera la ecuación sería:

$$Paw + Pmus = R \times V' + E \times V + PEEPi$$

Durante la PAV, el respirador calcula en cada momento la presión aplicada midiendo sus componentes elásticos y resistivos ya que conoce de forma instantánea el flujo y el volumen, de esta manera produce presión inmediata en proporción al flujo medido llamado "flujo asistido" (FA, cmH20/L/S) y al volumen medido llamado "volumen asistido" (VA cmH20/L) ^{1, 3, 6, 8, 9}.

Con este argumento un esfuerzo mayor (mas reducción en presión alveolar) extraerá mas aire del ventilador, y esto a su vez resulta en mayor soporte ³.

Este proceso de cálculo es continuo y su control depende de la programación de cada ventilador, por ejemplo, el sistema del ventilador 840 de Puritan Bennett (Tyco Healthcare, Mansfield, MA) con el Software Proportional Assist™ Ventilation Plus (PAV™+) calcula aleatoriamente la resistencia y la distensibilidad del paciente cada 4-10 respiraciones. Cada 5 milisegundos, el software realiza una estimación del aire en las vías aéreas, basándose en la estimación del flujo en la Y y calcula también el volumen circulante, basándose en la integral del flujo estimado en la Y ¹⁰.

Algunos modelos de ventiladores permiten establecer diferente porcentaje de asistencia para FA como para VA con limitadas implicaciones clínicas, así; Ranieri et al, al estudiar ocho pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), concluyeron que la aplicación de PEEP para compensar la PEEPi y FA para disminuir las fuerzas resistivas es la forma más efectiva de reducir esfuerzo respiratorio y la mejor manera de ventilación PAV en pacientes EPOC, ya que la asociación FA y VA y PEEP prolonga el tiempo inspiratorio y produce asincronía paciente/ventilador ^{11, 12}. Por otro lado Navalesi et al, encontraron que en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, la combinación entre VA y FA es la forma más efectiva de disminuir el trabajo respiratorio del paciente en comparación con el uso de solo VA o solo FA ^{12, 13}.

Ventiladores actuales como el ventilador 840 de Puritan Bennett (Tyco Healthcare, Mansfield, MA) con el Software Proportional Assist™ Ventilation Plus (PAV™+) establecen la asistencia en porcentaje igual para FA y VA. Si el porcentaje es igual para los dos componentes, significa que el porcentaje de asistencia es constante para los dos (VA y FA) durante la asistencia y de esta misma manera el porcentaje de contribución del paciente (Pmus) es constante también; por esta razón la relación de soporte y Pmus está dada por la proporcionalidad así:

$$\text{Si; \% asistencia de ventilador} + \text{\% asistencia del paciente} = 100\%$$

$$\text{Entonces; Proporcionalidad} = \text{\% asistencia de ventilador} / 100 - \text{\% asistencia del paciente}$$

Debemos recordar que a pesar que la pauta de soporte o ganancia (Gain) en PAV se realiza en porcentaje, la PAV es una asistencia proporcional, de esta manera aplicando la fórmula de la proporcionalidad anotada previamente significa, por ejemplo, que al 50 % de asistencia, la proporción será 1, es decir que por cada cmH20 que realiza el paciente, realiza otro el ventilador, (ver tabla 1 y figura 2).

De esta manera si conocemos la proporción podemos conocer exactamente la Pmus del paciente durante cada inspiración de la siguiente manera:

$$\text{Pmus} = \text{Delta Paw (Presión Pico - PEEP)} / \text{Proporcionalidad}$$

Durante la ventilación con PAV existe una disminución del esfuerzo. Sin embargo en determinados pacientes esta reducción puede no ser tan efectiva debido a diferentes causas como: 1) diferencias entre las E y R actuales y presuntas, 2) entrega deficiente de ventilador,

3) hiperinsuflación dinámica o relación presión/volumen no lineal y 4) incremento asociado de la ventilación basal ³.

Al estudiar el patrón y la frecuencia respiratoria (FR) no se evidencia que la aplicación de PAV o el aumento de asistencia resulte en cambios apreciables de los mismos, excepto en pacientes que muestran signos clínicos de distres a niveles bajos de asistencia. De esta misma manera en estudios realizados queda claro que la PAV no produce “per se” un cambio en FR, simplemente sigue el patrón y ritmo preferido por el sistema de control respiratorio del paciente ³.

La tendencia del sistema respiratorio a ser inestable es llamado “loop gain” ³. La respuesta ventilatoria a los estímulos químicos es un importante determinante del loop gain. En algunos pacientes y especialmente a niveles altos de asistencia ventilatoria, se pueden observar fenómenos de respiración periódica. Sin embargo, si un paciente desarrolla respiración periódica durante PAV debemos pensar en 1) los músculos respiratorios y la mecánica respiratoria son cercanas a la normalidad y el paciente no necesita de ventilación mecánica, 2) el sistema químico de control de la respiración es inestable y se debería sospechar en desordenes que pueden resultar en respiración de Cheyne-Stokes (CSB) (“Cheyne-Stokes Breathing”; CSB), sobretodo en fallo cardíaco, 3) Fenómeno de Runaway (explicado a continuación) en el cual el aumento de volumen tidal puede producir hipocapnea y a su vez apnea central ³.

La ventilación en modalidad PAV tiene también ciertas limitaciones o desventajas las cuales son importantes detallar, así:

Fenómeno Runaway, este ocurre cuando FA supera a las resistencias del paciente y cuando el VA supera la elastance del paciente, de esta manera la presión aplicada excede las fuerzas totales opuestas. El exceso de presión generada por el ventilador genera más V' y V causando a su vez más presión en vías aéreas. Es una limitación porque produce 1) inicio de alarmas que puede producir ansiedad en pacientes despiertos, 2) generar exceso de presión, flujo, volumen y 3) producir disconfort al paciente. (Fenómeno de Runaway, ver figura 3).

Bajo estas circunstancias la inspiración termina cuando se alcanza la alarma de presión pico o de V_t seleccionadas o cuando el esfuerzo espiratorio del paciente es lo suficientemente intensa para cortar la asistencia inspiratoria del respirador ^{3, 6, 14}.

A pesar de todo, los runaways no son peligrosos para los pacientes por dos razones, 1) si están correctamente fijadas las alarmas debido a que durante la ventilación con PAV la presión pico limite raramente debe ser superior a 40cmH₂O, 2) La relación no lineal de presión/volumen del sistema respiratorio y la relación no lineal presión/flujo en pacientes intubados efectivamente impide una sobredistensión peligrosa^{3, 14}.

La Precisión y Estabilidad de los valores mecánicos medidos, como es de conocimiento general la medida correcta de los valores mecánicos pasivos (R y E) debe realizarse en condiciones específicas (sedación, parálisis, etc.) y éstos cambian frecuentemente y pueden en ocasiones no reflejar los valores de E y R medidos en PAV, por esta razón cuando la diferencia entre los valores de R y E reales y los presumidos es pequeña y la asistencia no es alta su impacto es insignificante. Por ejemplo con un 20% de error con Gain al 50% la asistencia proporcionada real puede variar entre el 42 y el 60%, por el contrario con un 50% de error con Gain al 80% la asistencia proporcionada puede variar del 40 al 120%. Esto puede provocar distres en pacientes infraasistidos y runaway en los sobreasistidos. Según Younes, la discrepancia entre R y E real de la presumida es la más importante limitación/dificultad de la modalidad PAV³.

Fugas, las fugas aéreas son un problema muy importante en los sistemas ventilatorios cuyas modalidades dependen de la precisión en su medida para realizar los cálculos correspondientes. En la modalidad PAV la cual usa el flujo y volumen en combinación con el constante cálculo de elastance y resistencia, una fuga en el circuito puede producir una alteración en el cálculo de la pmus y en consecuencia de la proporcionalidad de la asistencia¹⁵. En los sistemas ventilatorios de la UCI no existen fugas excepto en casos como son las fistulas broncocutaneas o tubos endotraqueales defectuosos³.

Hiperinflación dinámica, es un problema importante sobre todo si se acompaña de debilidad muscular severa. La hiperinflación produce que la presión elástica al final de la espiración sea mayor a 0 y los músculos respiratorios deban generar suficiente presión para superar esta presión antes de que el trigger del ventilador sea activado, por esta razón antes de que se inicie la asistencia ventilatoria una fina parte de la inspiración del paciente ya ha sucedido; en consecuencia, la asistencia sólo se proporciona en una parte del total de la inspiración del paciente. En pacientes sin debilidad muscular marcada este incremento de aumento inicial de

fuerza muscular es tolerada, pero es de mayor consideración en pacientes con debilidad muscular severa debido a que puede desencadenar distres.

A pesar de lo expuesto, pacientes con EPOC o con otras causas de hiperinflación dinámica son correctamente ventilados con PAV e incluso su ventilación es muy adecuada y confortable ³.

Como se dijo previamente, una forma de mitigar el efecto de la hiperinflación puede ser aumentar la PEEP, aunque esto es efectivo solamente cuando se relaciona con una alta resistencia de la presión espiratoria que produce una limitación de flujo espiratorio. El impacto de la hiperinflación dinámica puede ser eliminada si el ventilador es programado con trigger según la presión o flujo inspiratorio ³.

Relación no lineal entre presión y volumen, generalmente la relación entre la E y V es lineal, sin embargo en algunos enfermos esta relación no es lineal y produce que la E calculada no sea la real y el VA sea incorrecto ³.

Otras limitaciones o desventajas relacionadas con la modalidad PAV son, *el tiempo de respuesta del ventilador* a los cambios de parámetros respiratorios y *el exceso de activación de alarmas* por la alta variación de parámetros respiratorios ³.

La modalidad PAV proporciona una ventilación con características similares al resto de modalidades de ventilación de soporte y aunque presenta limitaciones no despreciables, son poco frecuentes y poco lesivas. Por otro lado, considerando las características de esta modalidad anotadas previamente, encontramos sustanciales diferencias que hacen que a la PAV se le denomine como “más fisiológica”. Así como se describió previamente, en la modalidad PAV la asistencia (P_{aw} , V, V', etc.) varía de acuerdo al esfuerzo muscular del paciente, es decir el paciente decide cuándo y cuánto respirar, en otras modalidades como la ventilación asistida por presión (PS) (“Pressure Support”; PS), la asistencia es la misma respiración tras respiración.

Debemos anotar también que durante la ventilación con PAV, el final del ciclo ventilatorio es sincronizado con el final del esfuerzo del paciente. En otras modalidades, el inicio de la espiración puede no ser correctamente detectada por el ventilador causando que continúe la inspiración cuando el paciente quiera espirar.

Todo esto se manifiesta con un mayor confort en los pacientes lo que ha hecho que en algunos estudios realizados, al comparar la PS y PAV en pacientes despiertos con distres, la PAV sea preferida ³.

Considerando que la ventilación mecánica produce alteraciones hemodinámicas complejas. Patrick et al, encontraron que el gasto cardíaco fue un 22% más alto y la presión arterial fue más alta durante PAV que durante la modalidad controlada por volumen, esto es producido por una menor presión de aire utilizada que provoca un mayor retorno venoso ³. De igual manera, Georgopoulos et al, estudiaron a 20 pacientes que fueron ventilados durante 30 minutos en PS y PAV y evidenciaron un aumento estadísticamente significativo (y poco relevante desde el punto de vista clínico) del gasto cardíaco durante la modalidad PAV (PS 4.1 ± 1.3 vs PAV 4.4 ± 1.6) ¹⁶.

Un problema importante en ventilación mecánica es la presencia de asincronías, Xirouchaki et al, compararon la modalidad PAV y PS en 208 pacientes (PAV n=108 y PS n=100) y evidenciaron que la PAV reduce la incidencia de asincronia paciente/ventilador (PAV 5.6% vs PS 29%, $P < 0.001$) ¹⁷. La menor incidencia de asincronías mejora también la calidad del sueño en pacientes en PAV ¹⁸, aunque Georgopoulos et al, encontraron una respiración inestable durante el sueño en pacientes con asistencia alta tanto en PS como en PAV ¹⁹.

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

La Ventilación Asistida Proporcional es una reciente modalidad ventilatoria en la que se realiza una sincronización prácticamente total de la asistencia ventilatoria. A pesar de la existencia de numerosos estudios fisiopatológicos sobre la PAV, los estudios clínicos son escasos; por lo que se plantean varias hipótesis y preguntas de la modalidad. El presente estudio, pretende describir la tolerancia clínica y la interacción paciente-ventilador de los pacientes durante la ventilación en PAV ajustada según los criterios clínicos habituales (para mejorar el intercambio de gases, disminuir el trabajo respiratorio y proporcionar un soporte ventilatorio que sea razonablemente confortable para el paciente) y se analizará también el esfuerzo muscular que realizan.

PACIENTES Y METODOS

PACIENTES

Se incluyeron 8 pacientes con criterios de destete de ventilación mecánica "Weaning" Los pacientes fueron incluidos al presentar estabilidad hemodinámica y metabólica. Cuatro pacientes requirieron dosis bajas de sedación con Propofol y un paciente con midazolam.

Los criterios de inclusión fueron la presencia de respiración espontánea, con presión Plateau inferior a 30cmH₂O, con volumen tidal de 6-8 ml/kg. del peso teórico en ventilación asistida controlada, PEEP \leq 10 cmH₂O, PaO₂/FiO₂ > 150 o Saturación O₂ \geq 90% en FiO₂ \leq 50%, temperatura corporal entre 36°C y 39°C y escala Richmond Agitation Sedation Scale (RASS) \geq -4. Se excluyeron pacientes menores de 18 años, embarazadas, pacientes con limitación terapéutica o con mal pronóstico a corto plazo, pacientes con traqueotomía, fistula broncopulmonar, neumotórax o drenaje torácico, antecedente de paro cardíaco prolongado, pronóstico neurológico incierto o patología neuromuscular con afección motora difusa.

PROCEDIMIENTO

Cuando el médico responsable del paciente estimó que el paciente debía iniciar el Weaning el paciente fue incluido en el estudio. Se conectó un ordenador con software específico (840 DCI Microsoft® Windows® based program) que permitió recoger automáticamente la variables respiratorias del ventilador Puritan Bennett 840™ (Tyco Healthcare, Mansfield, MA).

Se recogió todas las variables cada minuto durante el tiempo que el paciente permaneció en ventilación mecánica; el aumento o disminución del Gain, FiO₂ y PEEP se realizaron de acuerdo al criterio del médico responsable.

Las variables hemodinámicas y gasométricas así como la P0.1 y escala RASS fueron recogidas una vez por día en condiciones de estabilidad del paciente.

El criterio de abandono de la modalidad PAV y su paso a modalidad controlada por volumen fue de su médico habitual basado en la práctica clínica diaria.

La prueba de extubación fue realizada con presión soporte de 7 y PEEP de 0 y la decisión de extubación fue tomada por su médico responsable.

ANALISIS

Las variables ventilatorias fueron pasadas del software específico (840 DCI Microsoft® Windows® based program) a una base de datos (Excel Microsoft® Redmond, WA, USA)

diseñada explícitamente para el estudio. De igual manera, el resto de las variables se anotaron en el cuaderno de recolección de datos y pasados a una base de datos (Excel Microsoft® Redmond, WA, USA).

Para el cálculo de la P_{mus} se debe considerar que durante la ventilación en PAV la presión aplicada al sistema respiratorio depende de la P_{mus} y la P_{aw} , así: $P_{aw} + P_{mus} = 100\%$ y la asistencia en PAV está dada por la proporcionalidad así: Si; % asistencia de ventilador + % asistencia del paciente = 100% Entonces; Proporcionalidad = % asistencia de ventilador / 100-% asistencia del paciente. De esta manera si conocemos la proporción podemos conocer exactamente la P_{mus} del paciente durante cada inspiración de la siguiente manera: $P_{mus} = \Delta P_{aw} (\text{Presión Pico} - \text{PEEP}) / \text{Proporcionalidad}$

Para el cálculo del producto presión/tiempo (PTP) de los músculos inspiratorios se considera que la curva de esfuerzo muscular inspiratorio del paciente es triangular. Este triángulo está constituido por la P_{mus} y el tiempo inspiratorio; de esta manera la PTP se calcula así: $PTP = (P_{mus} \times T_i) / 2 \times \text{frecuencia respiratoria}$.

METODO ESTADISTICO

El nivel de significación estadística se fijó en el 5% ($p=0.05$) con el software del programa SPSS (v 17.0).

Se realizó un análisis descriptivo presentando cada variable con su media, desviación estándar, mediana y percentil 25-75. El análisis de prueba T para muestras independientes fue utilizada para la comparación de la P_{mus} de los pacientes con éxito o no en el weaning. El análisis con correlación de Pearson permitió establecer la correlación entre P_{mus} , V_t y FR.

RESULTADOS

Se estudiaron ocho pacientes, 4 hombres y 4 mujeres, con edades medias de 51.25 ± 19.75 , con un promedio de 6.88 ± 3.75 días de ventilación mecánica antes de pasar a modalidad PAV y permanecieron una media (M) de 4.75 ± 3.19 en modalidad PAV; las características de los pacientes incluidos se detallan en la tabla 2.

El motivo de ingreso en la unidad de cuidados intensivos (UCI) fue en la mayoría de casos por Síndrome de Distres Respiratorio del Adulto (SDRA) y el éxito en Weaning fue del 75%; en dos pacientes se cambió de modalidad a asistida controlada por volumen (CMV) por empeoramiento de enfermedad de base y finalmente fueron exitus (ver tabla 3).

Al estudiar toda la muestra se evidenció que el mínimo (Min) de Gain utilizado fue del 20% y el máximo (Max) del 75% (M 60.55 ± 8.06) con un promedio de modificación diaria de la misma de 0.5 veces (Min. 0, Max. 2). Esto produjo una media de presión muscular de la muestra de 10.49 ± 3.65 con un PTP promedio de $114,93 \pm 57.87$; la figura 4 nos muestra la variación media diaria de la PTP en cada paciente durante todos los días en esta modalidad.

Las variables respiratorias y hemodinámicas de la muestra durante todos los días en modalidad PAV se detallan en la tabla 4. La variación de la media diaria del Vt y de la FR de cada paciente se puede observar en la figura 5 y figura 6 respectivamente.

Los pacientes cinco y siete que pasaron a CMV, requirieron una media de Gain de 66.62 y 66.83 con una PTP media de 84,33 y 85,66 respectivamente. No existieron diferencias estadísticamente significativas entre la pmus de los pacientes con Weaning exitoso y aquellos que se cambió a modalidad CMV ($p=0,999$).

Las variables respiratorias de cada paciente durante todos los días en PAV se detallan en la tabla 5.

Al iniciar la ventilación en la modalidad PAV, los pacientes tuvieron una P0.1 media de -3.5 ± 1.9 y una sedación medida según escala RASS una media de -1.4 ± 2.7 , mientras que pre-extubación la P0.1 media fue -3.15 ± 0.91 y el RASS medio fue $1 \pm 1,4$.

Finalmente mediante el análisis con correlación de Pearson evidencia una correlación significativa total y parcial bilateral (<0.000) entre pmus con FR y pmus con Vt.

DISCUSIÓN

A pesar de la existencia de numerosos estudios fisiológicos sobre la modalidad PAV, los estudios clínicos son escasos y de corta duración.

Al considerar todo lo anteriormente expuesto, sería predecible pensar que esta modalidad “más fisiológica” se tradujese en mejores resultados clínicos. Sin embargo el uso de la modalidad PAV es muy limitada debido a factores como; 1) logísticos (no todas las unidades de terapia intensiva tienen acceso a este tipo de modalidades y ventiladores), 2) la relativa sencillez en el manejo de modalidades como la PS y 3) a las características propias de la PAV que hacen que su manejo y su comparación con otras modalidades sea más dificultosa.

En este estudio, los pacientes estuvieron en ventilación mecánica durante una media de 11,63 \pm 5,60 un tiempo algo superior a la media de 7 días evidenciado en otros estudios ²⁰ y el 40,84% del tiempo en ventilación mecánica estuvieron en Weaning en modalidad PAV, coincidiendo con el 41% evidenciado en otras modalidades ²¹.

El porcentaje de éxito en Weaning también fue del 75%, similar a estudios de otras modalidades ²², aunque al analizar las causas de abandono de modalidad de este 25%, el paciente cinco presentó un empeoramiento de la enfermedad de base lo cual es un factor independiente del tipo de modalidad ventilatoria usada. El paciente siete presentó un IAM que aunque podría interpretarse como independiente de la modalidad, no se lo puede descartar.

Al parecer el éxito o no en el weaning no estuvo influenciado por la pmus ya que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre la pmus de los pacientes que cambiaron de modalidad ventilatoria y los que tuvieron éxito en el weaning.

Aunque se utilizaron porcentajes de Gain extremos (20% al 75%) la media de 60.55% \pm 8.06 nos indica que los pacientes se encontraron en la zona en la que el aumento o disminución del Gain influye en la pmus de forma no tan exponencial (ver figura 2).

El principal objetivo de la ventilación mecánica es ayudar a restaurar el intercambio gaseoso y reducir el trabajo respiratorio. La presión necesaria para producir una expansión pulmonar y que el aire ingrese en los pulmones puede ser producida de 3 maneras, así: 1) sólo por el ventilador, 2) por el paciente o 3) por una combinación de los dos (en modalidades como la PAV) y en este último caso requiere de una interacción suave y precisa entre el ventilador y el paciente ²³. En la modalidad PAV podemos conocer el trabajo respiratorio y por ésta razón es

importante su correcta monitorización para ajustar los parámetros ventilatorios y evitar que el esfuerzo de los músculos respiratorios sea inadecuado. La energía producida por los músculos respiratorios puede ser cuantificada en términos de PTP, siendo el producto de la presión desarrollada por los músculos multiplicada por el tiempo de contracción muscular o dicho de otra manera, el tiempo integral de la diferencia entre la presión esofágica y la presión elástica estimada de la pared torácica, su valor normal es alrededor de 100 cmH₂Oxs/min^{23, 24}.

Delaere et al, compararon el WOB de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica en PS y PAV con Gain al 50% y 80% y encontraron que los resultados en términos de WOB son similares entre la PS pautada por el clínico y PAV con Gain al 80%, pero al comparar la PS con PAV al 50%, esta última proporciona una asistencia insuficiente y un aumento de WOB con impacto negativo en la gasometría²⁵. De igual manera un reciente estudio realizado por Ruiz-Ferron et al, se reafirma la idea de que el aumentar el Gain disminuye el trabajo respiratorio sin cambiar el patrón respiratorio, pero con Gain inferior a 30% conlleva a un excesivo WOB²⁶.

Por otro lado Bigatello et al, explica la ventaja fisiológica de la PAV al estudiar en un prototipo de ventilador con un modelo artificial de pulmón y demostrar que la asistencia con PAV es suficiente para disminuir, según la proporción establecida, el trabajo respiratorio en los diversos cambios de la demanda respiración tras respiración; sin embargo en la ventilación con PS es suficiente para disminuir el trabajo respiratorio para un esfuerzo respiratorio puntual pero no cuando hay un cambio del mismo^{12, 27}.

En nuestro estudio, en la mayoría de pacientes la PTP se mantiene alrededor del valor normal independiente del Gain utilizado, excepto en el paciente ocho, en el cual los valores de PTP y pmus son considerablemente mayores y con una media de Gain inferior a todo el resto de la muestra lo que puede explicar un trabajo respiratorio elevado en este paciente, aunque ello no influyó en el éxito del Weaning. Llama la atención que durante el weaning la PTP de los pacientes tiende a disminuir respecto a la basal, excepto en tres pacientes en los cuales la PTP subió con respecto a la basal (ver figura 7).

La modalidad PAV, permite ajustar el Gain necesario a cada paciente según el criterio de su médico responsable, con el fin de generar una PTP dentro de los límites de la normalidad, la relación PTP/Gain observada en el estudio se aprecia de mejor manera en la figura 8.

Cabe recalcar que la modalidad PAV ha demostrado la necesidad de un menor número de intervenciones (en términos de cambios en parámetros del ventilador por la presencia de asincronías, y necesidad de sedación) al compararla con la PS ²⁸. En el presente estudio, los pacientes necesitaron dosis pequeñas de sedación, incluso el 37,5% de los pacientes no requirieron uso de sedantes.

En las figuras 9-16 se presenta la variación diaria de la media del FR, PTP y Vt de cada paciente en cada día durante la ventilación en modalidad PAV, se aprecia la diferencia diaria de estas variables en cada paciente, lo cual reafirma su característica "mas fisiológica".

La presión de oclusión ha demostrado tener capacidad pronóstica en el éxito del Weaning sobre todo en valores inferiores a 4,2cmH₂O ²⁹. La P0.1 se obtiene mediante el registro de la presión de la vía aérea durante una oclusión completa realizada al 0.1sg del inicio de la inspiración y es una medida indirecta y válida de la actividad del centro respiratorio. En personas sanas su valor máximo es de 2cmH₂O ³⁰. En el presente estudio los pacientes presentaron una media inferior a 4,2cmH₂O (M 3.3).

Como se ha descrito, la característica fundamental de la PAV es el proveer de asistencia en proporción del esfuerzo del paciente, esto puede generar muchas ventajas al comparar con otros modos ventilatorios aunque su aplicación sea algo más compleja ya que requiere de un conocimiento y análisis básico de las características mecánicas del sistema respiratorio del paciente y por esta razón, antes de generalizar su uso, se necesita la realización de estudios clínicos para su correcta aplicación.

CONCLUSIONES

La ventilación asistida proporcional brinda una ventilación mecánica similar a otras modalidades ventilatorias y permite conocer con precisión el esfuerzo muscular instantáneo que realiza el paciente respiración a respiración. Esta característica es única para la modalidad PAV y debería permitir una asistencia ventilatoria más fisiológica.

Para su correcto uso, es necesario conocer las características propias de la modalidad y la monitorización de las variables respiratorias sobre todo cuando se utiliza porcentajes de asistencia extremos de Gain.

TABLAS

Tabla 1

Gain PAV (%)	Proporcionalidad	Relación (Vent/Pcte)
5	0.05	5/95
10	0.11	10/90
15	0.18	15/85
20	0.25	20/80
25	0.33	25/75
30	0.43	30/70
35	0.54	35/65
40	0.67	40/60
45	0.82	45/55
50	1.00	50/50
55	1.22	55/45
60	1.50	60/40
65	1.86	65/35
70	2.33	70/30
75	3.00	75/25
80	4.00	80/20
85	5.67	85/15
90	9.00	90/10
95	19.00	95/5

Tabla 1. Proporción de asistencia ventilatoria y relación Ventilador (Vent) / Paciente (Pcte) según % Gain.

Tabla 2

	Media	DS	Mediana	Percentil 25 -75
Edad	51,25	19,75	53	30 - 71,50
Talla (cm)	158,40	7,76	156	151,50 - 166,50
Peso Real (Kg)	61,50	7,71	60	54,75 - 67,50
Peso Predicho (Kg)	52,72	7,61	48,80	46,90 - 60,50
SAPS II (ingreso UCI)	41,13	15,67	41	27,00 - 56,75
Días de ventilación antes de inclusión	6,88	3,75	6	3,50 - 10,75
Días de ventilación en modo PAV	4,75	3,19	3,50	3,00 - 5,75
Días de ventilación mecánica	11,63	5,60	9	8,25 - 16,25
PaO2 (al ingresar al estudio)	108,38	17,64	111	94 - 124,25
PaCO2 (al ingresar al estudio)	36,71	7,61	33,50	29,73 - 45,75
pH (al ingresar al estudio)	7,45	0,03	7,44	7,42 - 7,47
FiO2	38,75	7,44	35	35 - 47,50
PEEP (al ingresar al estudio)	6,88	2,41	6,50	5 - 9,50
Número de pruebas de extubación	1,13	0,83	1	0,25 - 2
Escala RASS *	-,95	1,96	0	-2,50 - 0,00

Tabla 2. Características de pacientes incluidos. Simplified Acute Physiology Score (SAPS II), Richmond Agitation Sedation Scale (RASS) (Ver anexo 1, rango +4 a -5). Desviación Estándar (DS). * Valores de escala RASS de la muestra durante todos los días en ventilación PAV.

Tabla 3

Enfermo	Edad	Sexo	SAPS II ingreso UCI	Motivo de Ingreso	Extubación	Evolución
1	28	M	42	SDRA	SI	Vivo
2	51	F	19	SDRA	SI	Vivo
3	70	M	59	SDRA	SI	Vivo
4	73	M	50	SDRA	SI	Vivo
5	25	F	40	Shock Séptico	NO	Fallece
6	36	F	26	Politrauma	SI	Vivo
7	72	M	63	Postoperatorio	NO	Fallece
8	55	F	30	SDRA	SI	Vivo

Tabla 3. Características individuales, motivo de ingreso y evolución de pacientes incluidos.

Tabla 4

	Media	DS	Mediana	Percentil 25 -75
Gain	60,55	8,06	60	55 - 65
FR (lpm)	25,22	6,67	26	20 - 30
Vt (litros)	0,593	0,206	0,648	0,422 - 0,750
Ppico (cmH2O)	22,80	6,27	23	20 - 26
R (cmH2O)/(litros/segundo)	13,18	3,06	13	11 - 15
C mL/(cmH2O)	43,45	9,18	43	39 - 49
Ti Espontaneo (segundos)	0,87	,24	0,88	0,75 - 1,02
P. Muscular	10,49	3,65	10,23	8,57 - 12
PTP	114,93	57,87	106,40	83,16 - 136,26
P0.1	-3,33	1,22	-3	-4,07 - -2,28
PAM	86,58	8,52	85,50	80,50 - 90,52

Tabla 4. Variables respiratorias, gasométricas y hemodinámicas de la muestra durante todos los días en ventilación PAV. Latidos por minuto (lpm), Presión pico de vías aéreas (Ppico), Resistencia de vías aéreas (R), Compliancia pulmonar (C), Tiempo inspiratorio (Ti), Presión de oclusión (P0.1), Presión arterial media (PAM).

Tabla 5

	PEEP	Gain	FR (lpm)	Vt (litros)	Pico (cmH2O)	R (cmH2O)/(L/S)	C mL/(cmH2O)	PTP (DS) cmH20xs/min	P. Mus (DS)
1	7,40	51,36	22,58	0,62	17,22	4,79	66,40	74,56 (32,22)	9,32 (2,98)
2	6,38	54,62	23,04	0,52	21,27	9,53	33,04	100,73 (27,01)	12,41 (2,55)
3	4,00	59,91	21,79	0,57	21,71	11,57	58,88	95,97 (45,17)	12,48 (5,21)
4	6,76	62,16	24,29	0,70	23,87	12,81	46,42	117,36 (45,08)	10,23 (2,53)
5	5,00	66,62	29,84	0,35	22,90	16,00	27,83	84,33 (35,15)	8,84 (2,32)
6	5,00	49,22	31,70	0,34	10,96	9,39	58,15	91,74 (68,39)	6,16 (2,49)
7	5,00	66,83	18,10	0,57	28,47	15,66	39,68	85,66 (35,93)	11,75 (3,49)
8	5,37	48,21	29,25	0,39	17,73	12,24	39,65	156,73 (92,12)	13,21 (5,91)

Tabla 5. Variables respiratorias de cada paciente incluido durante todos los días en ventilación PAV. Desviación estándar (DS).

FIGURAS

Figura 1

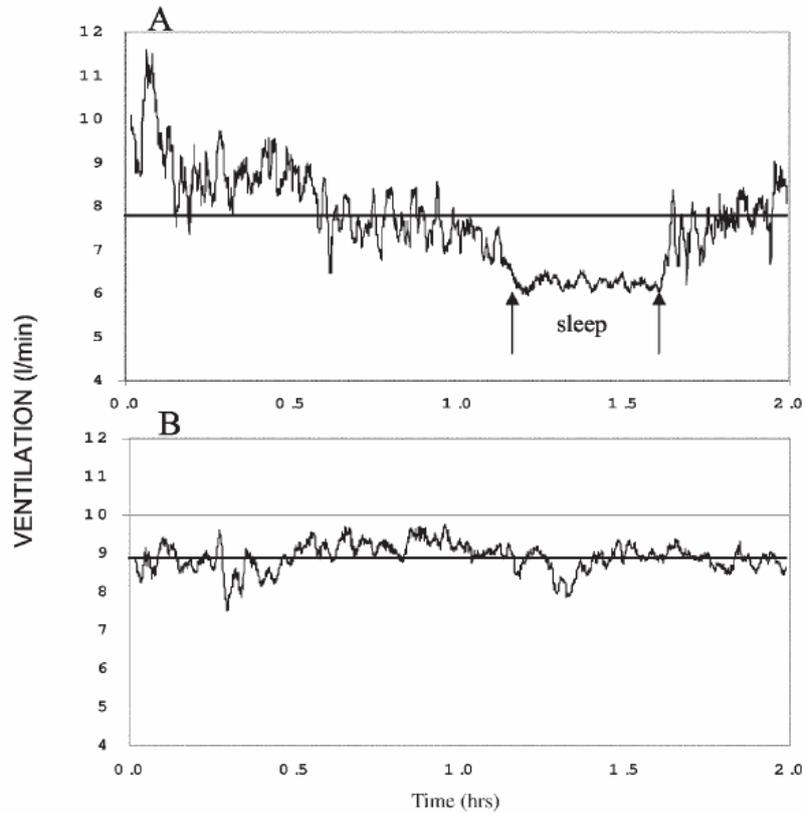


Figura1. Variación de la ventilación de dos pacientes en modalidad PAV durante 2 horas.

Tomado de: Younes M. Control of Breathing During Mechanical Ventilation. In: Slutsky AS, Brochard L, eds.

Mechanical Ventilation. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005:63-82.

Figura 2

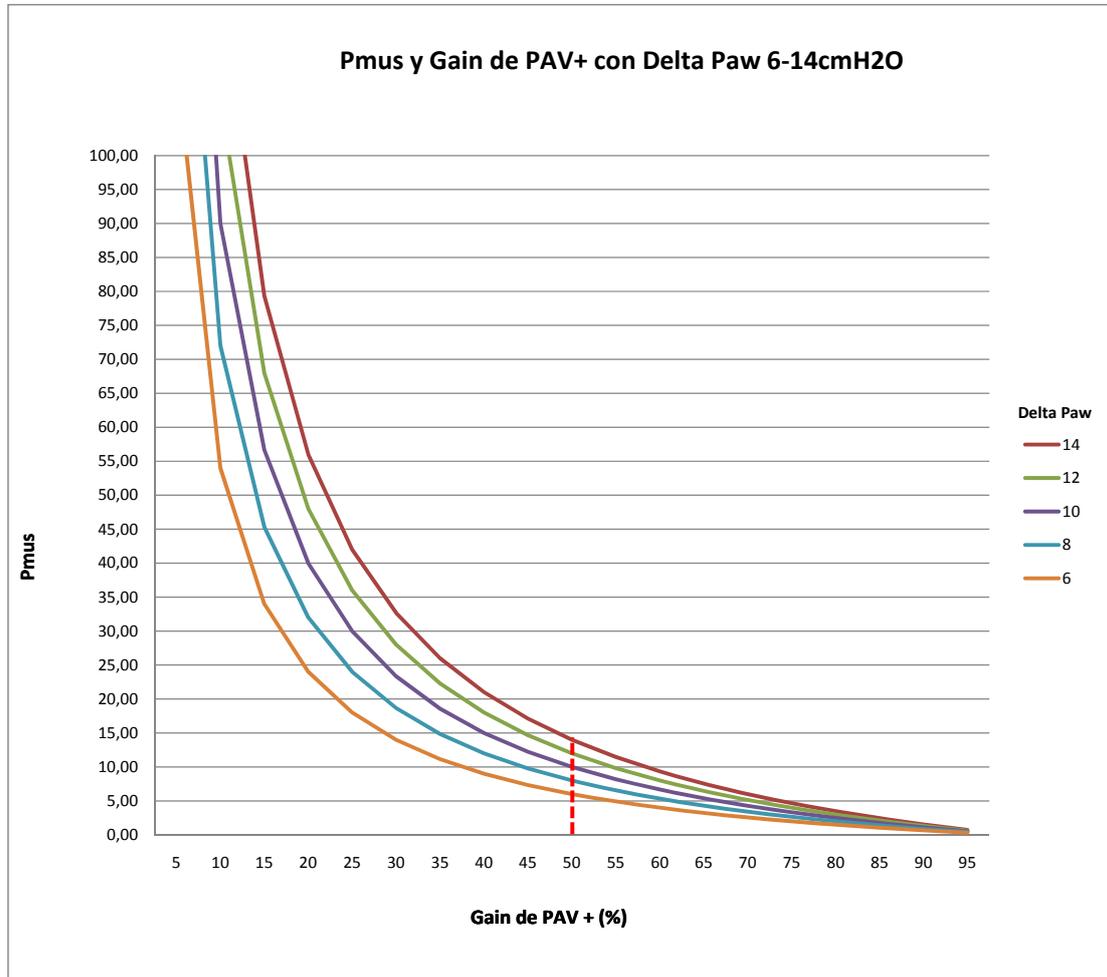


Figura 2. Relación entre la Pmus y asistencia según los deltas de Paw más habituales. Se observa cómo al 50% de asistencia el valor de Pmus y delta de Paw son iguales. Es importante notar que a menor asistencia existe más verticalidad de la línea que se traduce en un significativo aumento del esfuerzo respiratorio del paciente (pmus) y a mayor asistencia la línea es mas horizontal, todo esto explicado por la proporcionalidad.

Figura 3

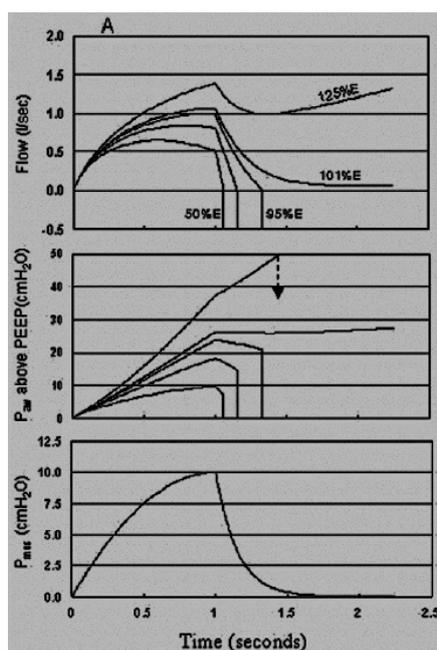


Figura 3. Runaway. Simulación del efecto de incremento de porcentaje de asistencia de elastance usado para VA. Se evidencia que en el momento en que la VA excede a la elastance (101% E), el flujo no llega a cero al final de la fase inspiratoria. A niveles altos de asistencia el runaway empieza más temprano y el flujo y la presión aumenta progresivamente hasta que el ciclo termina por un límite fisiológico o ventilatorio. Tomado de: Younes M. Proportional-Assist Ventilation. In: Tobin M, ed. Principles and Practice of Mechanical Ventilation. New York: McGraw-Hill; 2006:335-64.

Figura 4

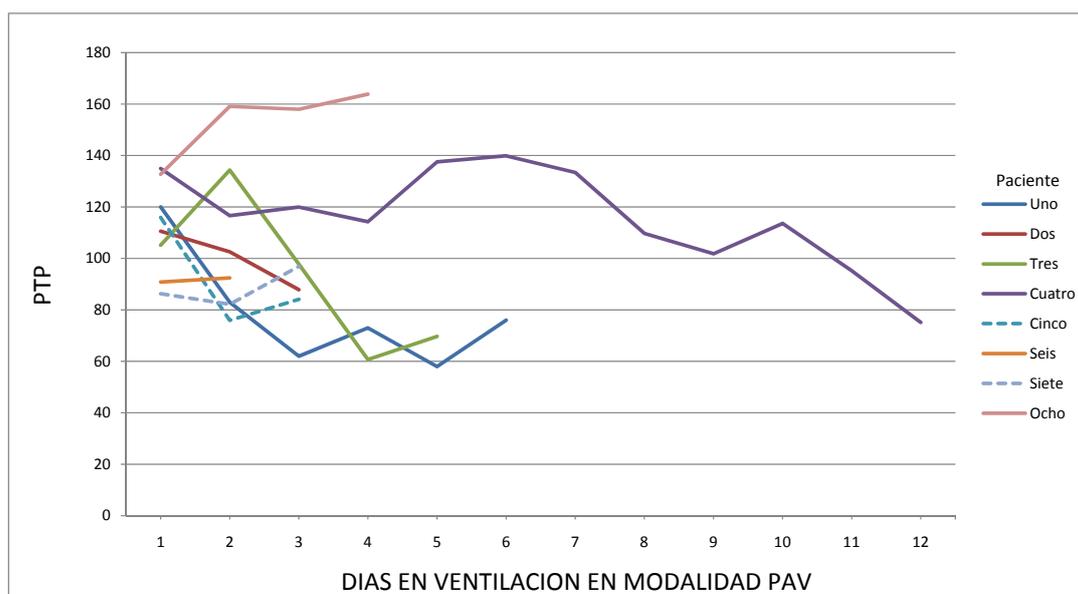


Figura 4. Variación diaria de la media de la PTP de los pacientes incluidos. En líneas entrecortadas se representa los pacientes que cambiaron a modalidad CMV.

Figura 5

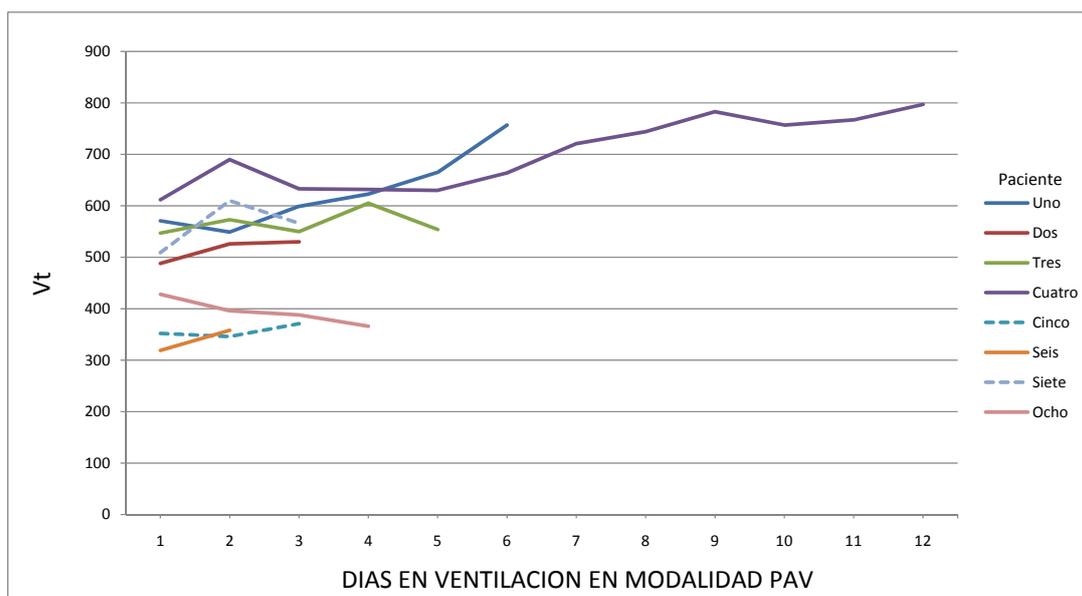


Figura 5. Variación diaria de la media del Vt de los pacientes incluidos. En líneas entrecortadas se representa los pacientes que cambiaron a modalidad CMV.

Figura 6

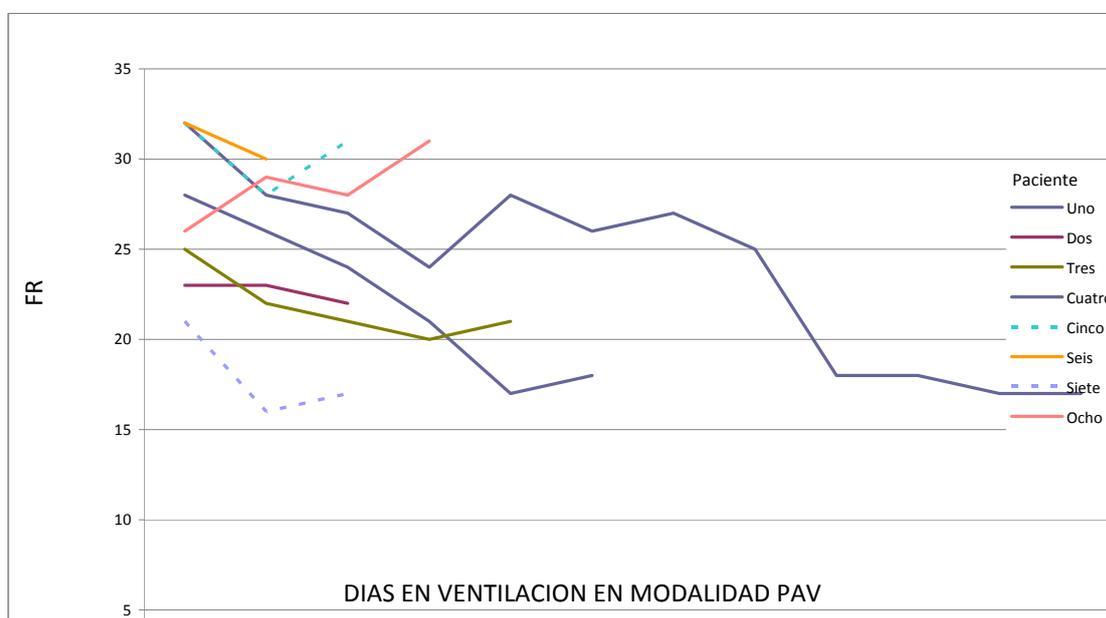


Figura 6. Variación diaria de la media del FR de los pacientes incluidos. En líneas entrecortadas se representa los pacientes que cambiaron a modalidad CMV.

Figura 7

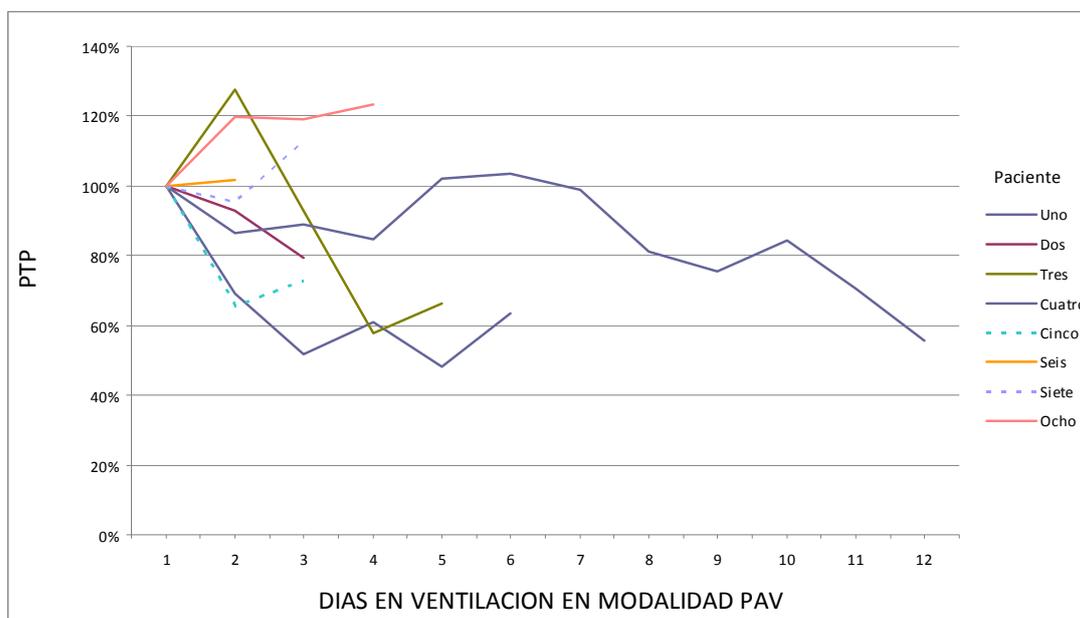


Figura 7. Variación porcentual diaria de la media de la PTP respecto a su basal (inicio de modalidad PAV) de los pacientes incluidos. En líneas entrecortadas se representa los pacientes que cambiaron a modalidad CMV.

Figura 8

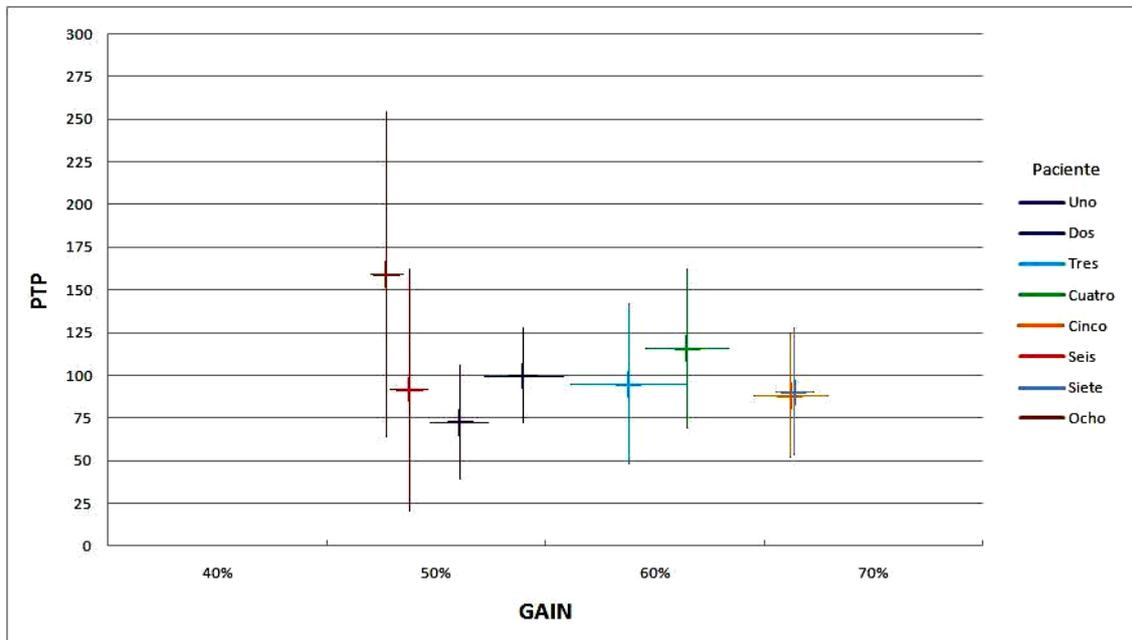


Figura 8. Media (línea acentuada) y desvío estándar (línea fina) de la PTP y Gain de los pacientes durante todos los días en ventilación en PAV.

Figura 9

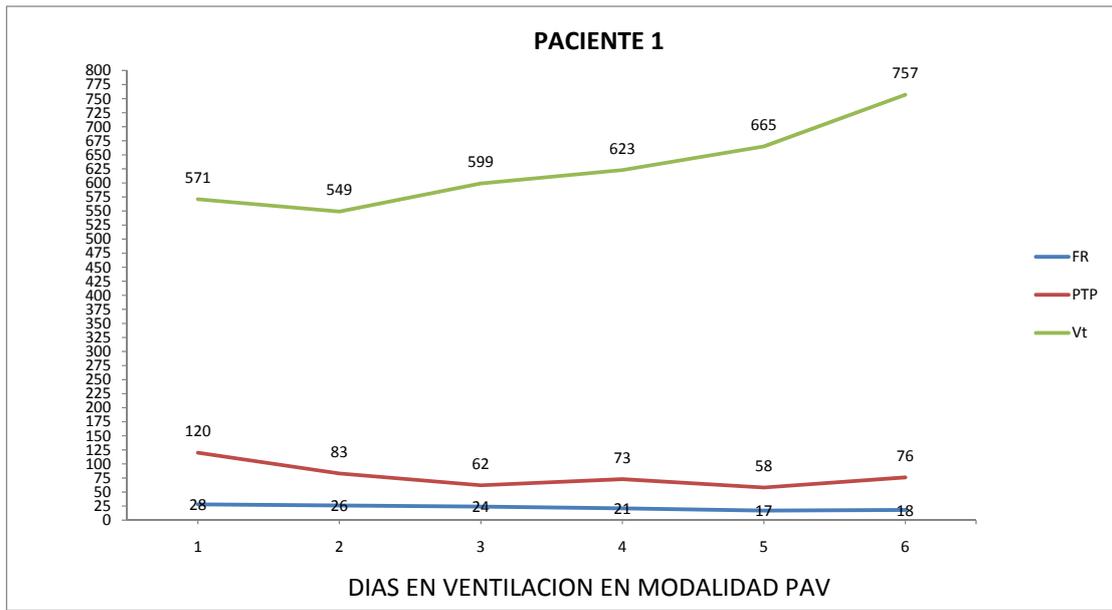


Figura 9. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 1 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 10

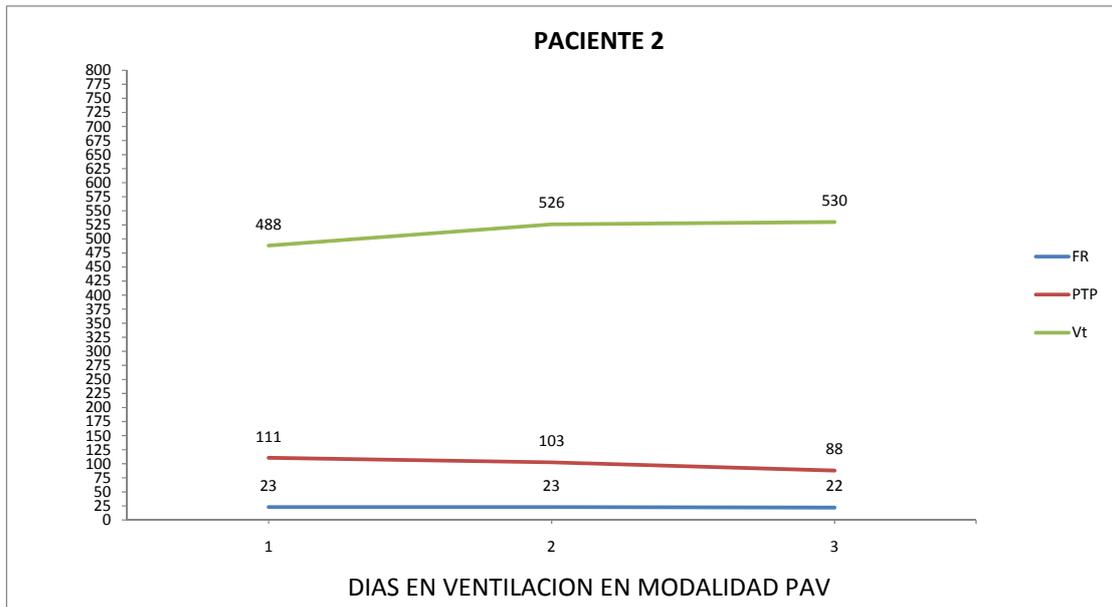


Figura 10. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 2 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 11

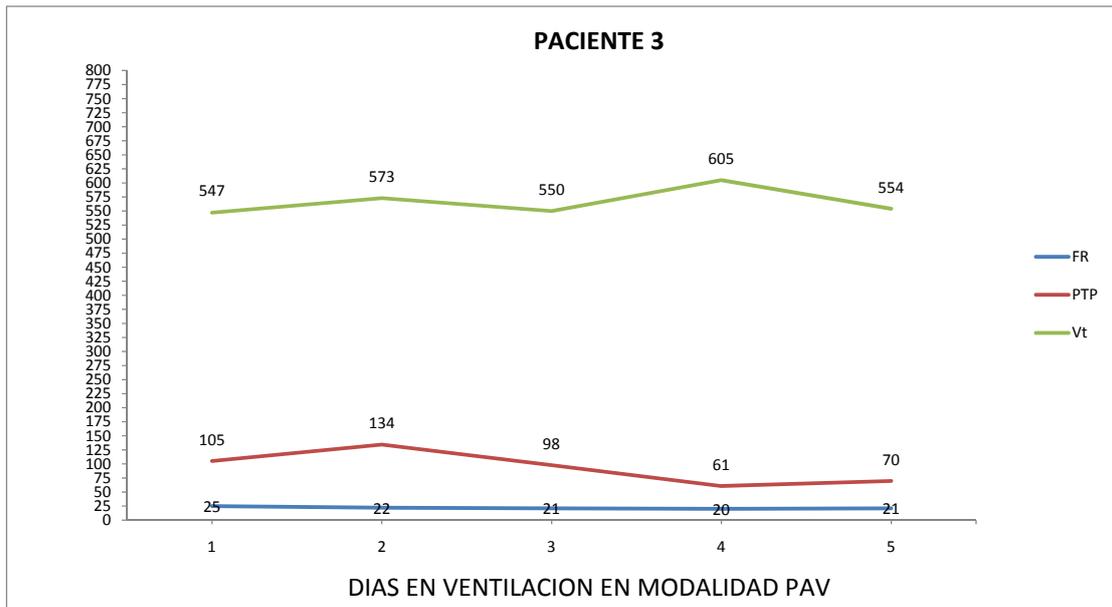


Figura 11. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 3 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 12

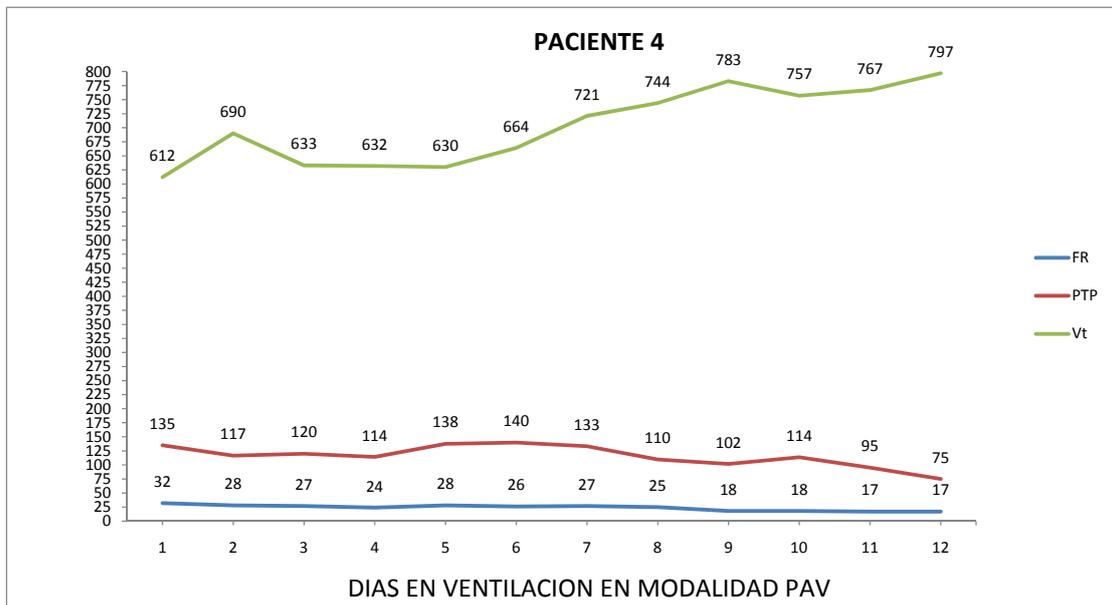


Figura 12. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 4 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 13

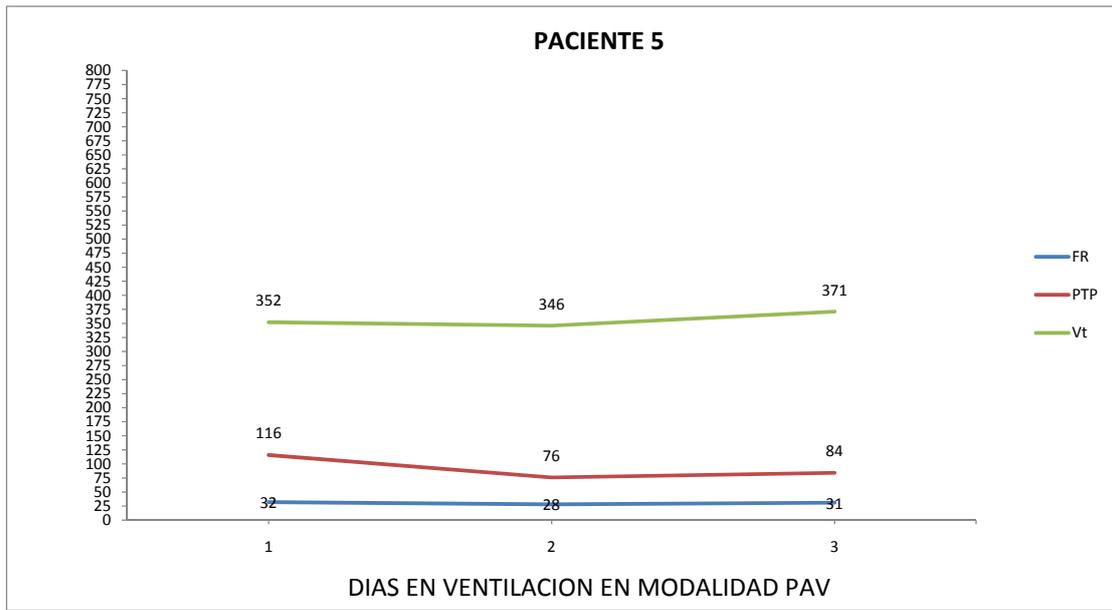


Figura 13. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 5 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 14

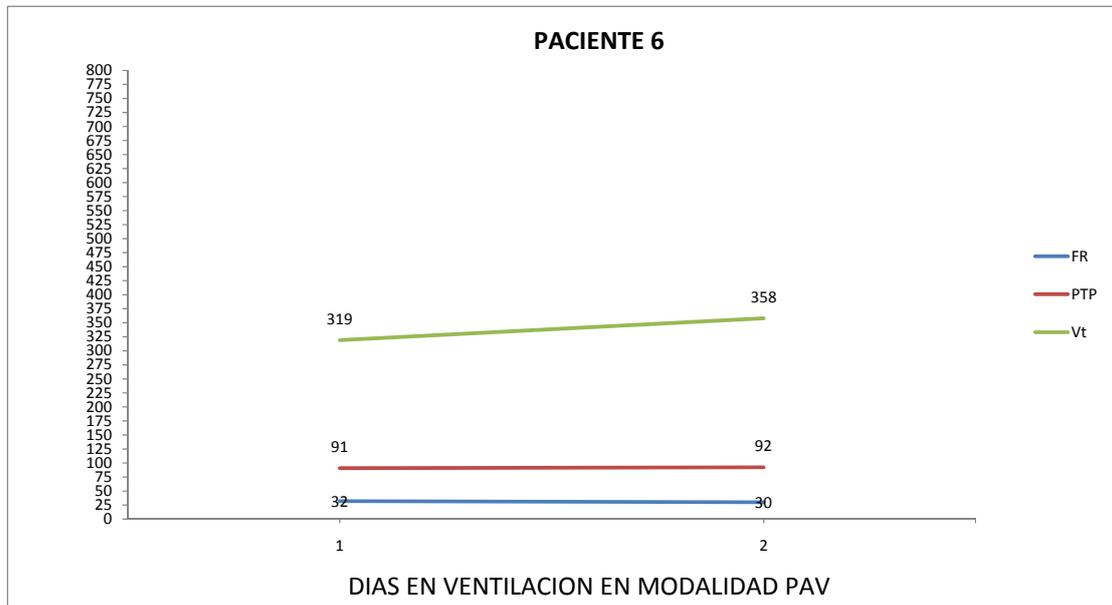


Figura 14. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 6 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 15

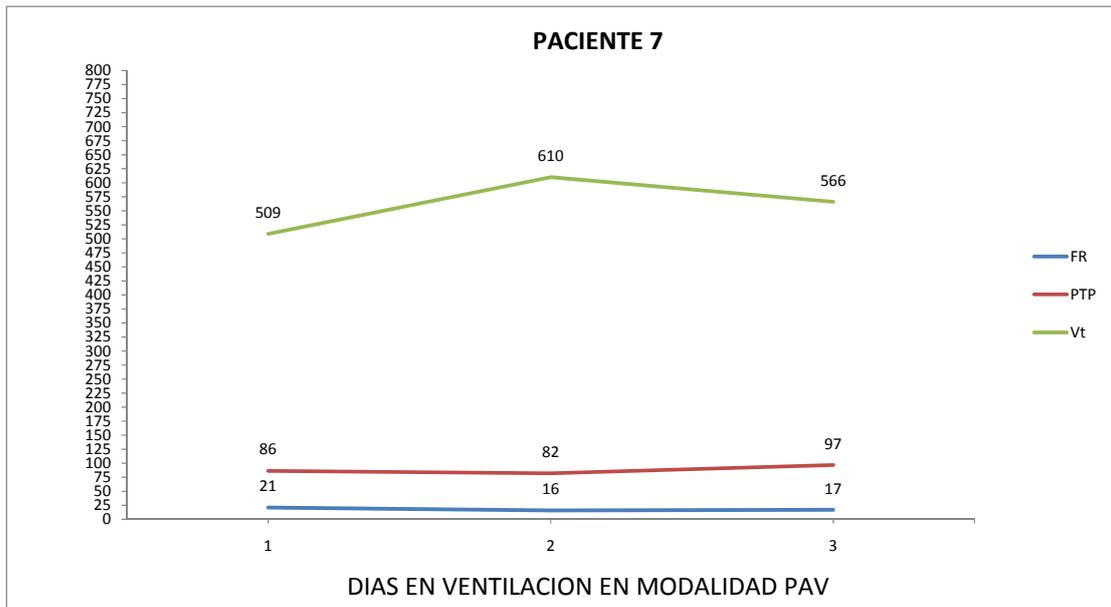


Figura 15. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 7 durante los días de ventilación en PAV.

Figura 16

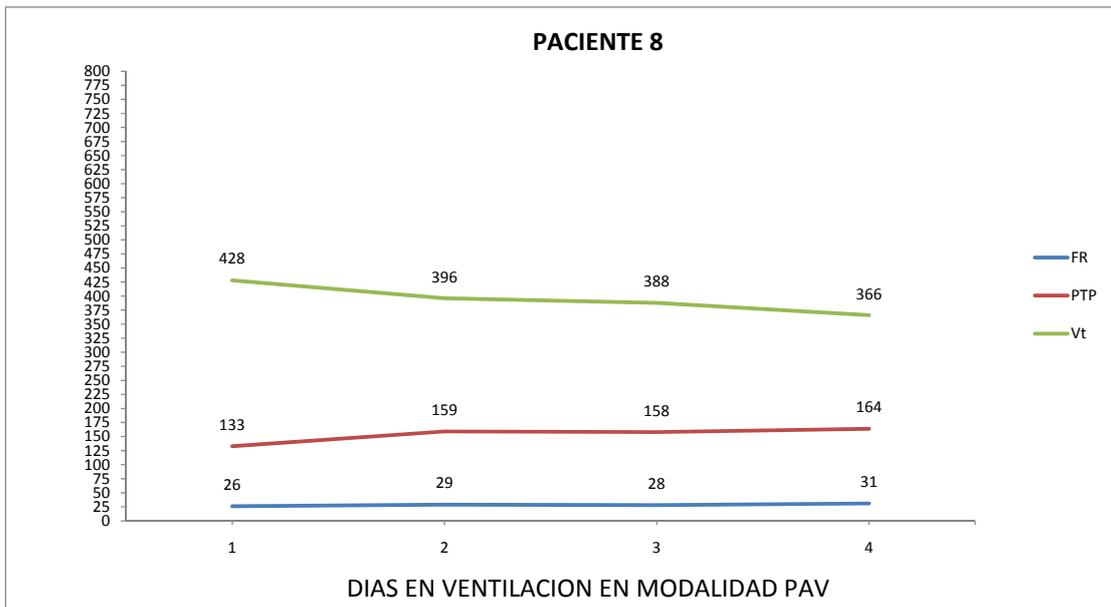


Figura 16. Variación diaria de la media del FR, PTP y Vt del paciente 8 durante los días en ventilación en PAV.

ANEXOS

ANEXO 1

Richmond Agitation Sedation Scale (RASS)³¹

Score	Term	Description
+4	Combative	Overtly combative or violent; immediate danger to staff
+3	Very agitation	Pulls on or removes tube(s) or catheter(s) or has aggressive behavior toward staff
+2	Agitated	Frequent nonpurposeful movement or patient-ventilator dyssynchrony
+1	Restless	Anxious or apprehensive but movements not aggressive or vigorous
0	Alert and calm	
-1	Drowsy	Not fully alert, but has sustained (more than 10 seconds) awakening, with eye contact, to voice
-2	Light sedation	Briefly (less than 10 seconds) awakens with eye contact to voice
-3	Moderate sedation	Any movement (but no eye contact) to voice
-4	Deep sedation	No response to voice, but any movement to physical stimulation
-5	Unarousable	No response to voice or physical stimulation

Procedure

1. Observe patient. Is patient alert and calm (score 0)?
Does patient have behavior that is consistent with restlessness or agitation (score +1 to +4 using the criteria listed above, under DESCRIPTION)?
2. If patient is not alert, in a loud speaking voice state patient's name and direct patient to open eyes and look at speaker. Repeat once if necessary. Can prompt patient to continue looking at speaker.
Patient has eye opening and eye contact, which is sustained for more than 10 seconds (score -1).
Patient has eye opening and eye contact, but this is not sustained for 10 seconds (score -2).
Patient has any movement in response to voice, excluding eye contact (score -3).
3. If patient does not respond to voice, physically stimulate patient by shaking shoulder and then rubbing sternum if there is no response to shaking shoulder.
Patient has any movement to physical stimulation (score -4).
Patient has no response to voice or physical stimulation (score -5).

Tomado de: Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, et al. The Richmond Agitation-Sedation Scale. Validity and Reliability in

Adult Intensive Care Unit Patients. Am J Respir Crit Care Med 2002;166:1338-44.

BIBLIOGRAFIA

1. Ambrosino N, Rossi A. Proportional assist ventilation (PAV): a significant advance or a futile struggle between logic and practice? *Thorax* 2002;57:272-6.
2. Appendini L. Proportional Assist Ventilation: Back to the Future? *Respiration* 2003;70:345-6.
3. Younes M. Proportional-Assist Ventilation. In: Tobin M, ed. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. New York: McGraw-Hill; 2006:335-64.
4. Brochard L. Role of the Clinician in Adjusting Ventilator Parameters During Assisted Ventilation. In: Slutsky AS, Brochard L, eds. *Mechanical Ventilation*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005:113-23.
5. Younes M. Control of Breathing During Mechanical Ventilation. In: Slutsky AS, Brochard L, eds. *Mechanical Ventilation*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005:63-82.
6. Navalesi P, Costa R. New modes of mechanical ventilation: proportional assist ventilation, neurally adjusted ventilatory assist, and fractal ventilation. *Current Opinion in Critical Care* 2003;9:51-8.
7. Lessard MR. Enhancing ventilatory strategies for the critically ill – proportional assist ventilation. *Can J Anesth* 2007;54(6):407-13.
8. Boneto C, Calo M, Delgado M, Mancebo J. Modes of Pressure Delivery and Patient-Ventilator Interaction. *Respir Care Clin* 2005;11:247-63.
9. Younes M. Proportional Assist Ventilation, a New Approach to Ventilatory Support. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:114-20.
10. Puritan Bennett Corporation. Anexo PAV+. In: *Manual del operador y de referencia técnica de ventilador Puritan Bennett 840TM* (Tyco Healthcare, Mansfield, MA). Pleasanton; 2003:1-32.
11. Ranieri VM, Grasso S, Mascia L, et al. Effects of Proportional Assist Ventilation on Inspiratory Muscle Effort in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Acute Respiratory Failure. *Anesthesiology* 1997;86(1):79-91.
12. Kuhlen R, Rossaint R. Proportional assist ventilation. *Intensive Care Med* 1999;25:1021-3.

13. Navalesi P, Hernandez P, Wongs A, Laporta D, Goldberg P, Gottfried S. Proportional assist ventilation in acute respiratory failure: effects on breathing pattern and inspiratory effort. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154(5):1330-8.
14. Rodriguez P, Brochard L. Ventilación Mecánica Asistida: Hacia una mejor adaptación del respirador a las necesidades del paciente. *Revista Argentina de Medicina Respiratoria* 2008;1:12-23.
15. Sinderby C, Spahija J, Beck J. Neurally-adjusted Ventilatory Assist. In: Slutsky AS, Brochard L, eds. *Mechanical Ventilation*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005:125-34.
16. Kondili E, Xirouchaki N, Vaporidi K, Klimathianaki M, Georgopoulos D. Short-term Cardiorespiratory Effects of Proportional Assist and Pressure-support Ventilation in Patients with Acute Lung Injury/Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology* 2006;105:703-8.
17. Xirouchaki N, Kondili E, Vaporidi K, et al. Proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients: comparison with pressure support. *Intensive Care Med* 2008;34:2026-34.
18. Bosma K, Ferreyra G, Ambrogio C, et al. Patient-ventilator interaction and sleep in mechanically ventilated patients: Pressure support versus proportional assist ventilation. *Crit Care Med* 2007;35:1048-54.
19. Alexopoulou C, Kondili E, Vakouti E, Klimathianaki M, Prinianakis G, Georgopoulos D. Sleep during proportional-assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2007;33:1139-47.
20. Esteban A, Anzueto A, Alía I, et al. How Is Mechanical Ventilation Employed in the Intensive Care Unit? An International Utilization Review. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:1450-8.
21. Esteban A, Alía I, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ, SpanishLungFailureCollaborativeGroup. Modes of Mechanical Ventilation and Weaning. A National Survey of Spanish Hospitals. *Chest* 1994;106:1188-93.
22. Mancebo J. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 1996;9:1923-31.
23. Cabello B, Mancebo J. Work of breathing. *Intensive Care Med* 2006;32:1311-4.

24. Laghi F, Tobin MJ. Indications for mechanical ventilation. In: Tobin M, ed. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. New York: McGraw-Hill; 2006:129-62.
25. Delaere S, Roeseler J, D'hoore W, et al. Respiratory muscle workload in intubated, spontaneously breathing patients without COPD: pressure support vs proportional assist ventilation. *Intensive Care Med* 2003;29:949-54.
26. Ruiz-Ferrón F, Machado J, Morante A, Galindo S, Castillo A, Rucabado L. Trabajo y patrón respiratorio con diferentes niveles de ventilación asistida proporcional. *Medicina intensiva* 2009;33(6):269-75.
27. Bigatello L, Nishimura M, Imanaka H, Hess D, Kimball W, Kacmarek R. Unloading of the work of breathing by proportional assist ventilation in a lung model. *Crit Care Med* 1997;25(2):267-72.
28. Xirouchaki N, Kondili E, Klimathianaki M, Georgopoulos D. Is proportional-assist ventilation with loadadjustable gain factors a user-friendly mode? *Intensive Care Med* 2009;35:1599-603.
29. Herrera M, Blasco J, Venegas J, Barba R, Doblaz A, Marquez E. Mouth occlusion pressure (P0.1) in acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 1985;11(3):134-9.
30. Mérida A, Navarrete I, Ruiz M, Colmenero M. Técnicas de interrupción del apoyo ventilatorio. In: Net A, Benito S, eds. *Ventilación Mecánica*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 1998:187-202.
31. Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, et al. The Richmond Agitation–Sedation Scale. Validity and Reliability in Adult Intensive Care Unit Patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:1338–44.