



11224
230
21

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

División de Estudios de Posgrado e Investigación
" FACULTAD DE MEDICINA "

The American British Cowdray Hospital

**Influencia de la Ventilación Asistida por Presión
(VSP) Sobre el Trabajo Respiratorio, Distensibili-
dad Pulmonar y Resistencia de la Vía Aérea.**

TESIS

Que para obtener el título de

Especialista en Medicina del Enfermo en Estado Crítico

presenta

Dr. Gustavo Sánchez Miranda.

Asesor de tesis: **Dr. José Javier Elizalde González**
Profesor del curso: **Dr. Jesús Martínez Sánchez**



México, Distrito Federal
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Febrero de [REDACTED]

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.




DR. JESUS MARTINEZ SANCHEZ
JEFE DE DEPTO. DE TERAPIA INTENSIVA
PROF. TITULAR: CURSO DE ESPECIALIZACION
EN MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO
CRITICO HOSPITAL A.B.C. DIV. DE
ESTUDIOS SUPERIORES
FAC. MEDICINA U. N. A. M.

THE AMERICAN BRITISH
COWDRAY HOSPITAL

★ ENE 15 1935 ★

JEFATURA DE ENSEÑANZA

*A Tere y Mariana -que constituyen
la mayor parte de mi ser-, mis
triumfos son suyos y mi esfuerzo
estará dedicado siempre al éxito
del grupo.*

*A Gustavo y Maria Elena: -sabios-
que, más que padres, han sido
maestros, de apoyo incondicional y
el ejemplo a seguir en lo profesio-
nal y familiar.*

*A la enfermera, héroe anónimo que
lucha a un lado del enfermo, gra-
cias por su apoyo, animo y com-
pañía.*

ÍNDICE

	Página
Introducción	1
Objetivo	7
Material y Métodos	8
Criterios de Inclusión	8
Criterios de exclusión	9
Protocolo	11
Resultados	13
Discusión y conclusiones	16
Bibliografía	21

Influencia de la Ventilación Asistida por Presión (VSP) Sobre el Trabajo Respiratorio, Distensibilidad Pulmonar y Resistencia de la Vía Aérea.

Gustavo Sánchez Miranda.

Introducción. Cuando la demanda ventilatoria excede a la capacidad de ventilación del individuo, es mandatorio iniciar la asistencia mecánica ventilatoria (AMV), la cual tiene la finalidad de normalizar el intercambio gaseoso (mejorando la ventilación alveolar y la oxigenación arterial), incrementar el volumen pulmonar y evitar el exceso de trabajo de los músculos respiratorios -generalmente fatigados en un intento por suplir las demandas ventilatorias- manipulando el trabajo respiratorio (WOB[®]), además este procedimiento permite sedar y relajar al paciente, disminuir el consumo de oxígeno miocárdico y sistémico, reducir la presión intracraneana y estabilizar la pared torácica entre otras acciones^(1,2).

En los últimos 30 años (mas aún en los pasados diez), se han descrito varias técnicas de AMV principalmente basadas en ventilación mediante presión positiva, entre las que se pueden mencionar la ventilación mecánica controlada (CMV[®]), la ventilación mandatoria intermitente sincrónica (SIMV[®]), la ventilación controlada por presión (VCP), la ventilación asisto controlada (AC), la ventilación asistida por presión (VSP) y formas de

[®] Por sus siglas en idioma inglés.

ventilación de alta frecuencia (HFV[®])(2,3). Todas estas técnicas producen alteraciones cardiopulmonares y extratorácicas complejas, por lo que pueden originar tanto deterioro como mejoría de la disponibilidad de oxígeno y de la función de ciertos órganos; es por ello que para decidir el inicio de la AMV debe de tomarse en cuenta el riesgo-beneficio de la técnica empleada(4,5,6).

La ventilación asistida por presión es una modalidad ventilatoria descrita a mediados de la década pasada(7), en la cual el comienzo de la inspiración (el disparo) es controlada por el enfermo, el que para ello debe estar consciente y con el centro respiratorio (*drive*) intacto, la VSP es ciclada por flujo y asistida por presión. En esta modalidad la presión de la vía aérea (**P_{va}**) se incrementa rápidamente al inicio de la inspiración y se mantiene (gracias a un flujo donado por la máquina) en una meseta durante el resto del tiempo inspiratorio (**T_i**), el cual, a diferencia de otras modalidades, no es fijo y está determinado por el esfuerzo del paciente(8). Debe puntualizarse que los ventiladores modernos detectan la ausencia de flujo (mediante neumotacografía) y el inicio de la espiración espontánea, por lo que el paciente tiene cierto control sobre la cantidad de aire que requiere para respirar, lo que la hace una modalidad ventilatoria fácilmente tolerable y con mayor posibilidad de adaptación entre el sujeto y la máquina(2,9,10) y con mínimos efectos cardiovasculares(11).

La VSP ha sido utilizada como modalidad ventilatoria en sí (es decir como una forma de AMV en enfermos estables) y como un método de retiro de la ventilación mecánica(9).

Se ha documentado que la VSP disminuye progresivamente el esfuerzo respiratorio al incrementar el nivel de soporte de presión, esto es muy notorio cuando se aplica a un paciente francamente disneico, el cual cambia su patrón ventilatorio y disminuye la frecuencia respiratoria, logrando mayores volúmenes corrientes (V_T) con menor esfuerzo (mejora la eficacia), además compensa el trabajo impuesto por la sonda endotraqueal y la válvula de demanda del ventilador^(12,13,14). Esta modalidad tiene la desventaja de que el V_T depende de la mecánica respiratoria del sujeto y de la sincronía máquina/individuo, lo cual puede cambiar en cualquier momento y condicionar hipoventilación, por lo que requiere de monitoreo continuo del volumen minuto (V_E) y del intercambio gaseoso (oximetría de pulso y gasometría arterial); así mismo se dice que es generalmente mal tolerada en pacientes con broncoespasmo o resistencias de la vía aérea (R_{va}) elevadas^(2,10,15).

Cuando la causa que lleva al desequilibrio ventilatorio, aporte/demanda, es resuelta debe de considerarse el retiro de la AMV, tomando en cuenta, además, que debe existir un intercambio gaseoso adecuado, un estado de estabilidad cardiovascular, un aceptable estado psicológico y reservas suficientes en el sistema neuromuscular respiratorio para soportar las demandas ventilatorias durante el retiro⁽²⁾. La mayor parte de los pacientes internados en una unidad de terapia intensiva (UTI), requieren de AMV durante menos de tres días, en ellos la suspensión de la asistencia suele ser, sencilla y de corta duración (liberación); sin embargo, aproximadamente un tercio de los pacientes requieren de AMV prolongada y protocolos con diferentes técnicas de ventilación mecánica (solas o asociadas) para

descontinuar (o intentar descontinuar) el soporte ventilatorio (destete). Dentro de las técnicas más utilizadas se encuentra la pieza T, SIMV y VSP⁽¹⁵⁾. Es entendible que el retiro en aquellos pacientes que requirieron gran apoyo mecánico -mientras su enfermedad de base se controlaba-, deba realizarse en forma lenta y progresiva con la finalidad de ir adecuando (en cierta forma "entrenando") el sistema respiratorio a las nuevas demandas de ventilación⁽¹⁴⁾. No extraña el saber que la distensibilidad del pulmón y de la pared torácica y los músculos respiratorios sean los que requiere de mayor "entrenamiento" después de la ventilación con presión positiva (VPP), tomando en cuenta que la distensibilidad pulmonar y la de la pared torácica disminuyen importantemente durante la VPP por un incremento en el V_T y en la presión inspiratoria pico (PIP), recuérdese la fórmula de la distensibilidad pulmonar dinámica (Ddin):

$$Ddin = \frac{V_T}{PIP - PEEP}$$

en donde un incremento de la PIP desproporcionado con el V_T condiciona Ddin baja, se considera a un valor por arriba de 30 ml/cm H₂O como aceptable para iniciar el retiro de la AMV, mientras que los valores normales se encuentran entre 50 y 80 ml/cm H₂O⁽¹⁷⁾.

Uno de los principales objetivos de la ventilación mecánica es el de disminuir o abolir el WOB (*entiéndase por este a todas aquellas fuerzas que se oponen -postcarga- a la función de los músculos respiratorios*); el trabajo (W) es la fuerza necesaria para mover un objeto a cierta distancia, por lo que

aplicado a un sistema de fluidos es el cambio de presión (**P**) ocasionado por un cambio en el volumen (**V**) (17,18):

$$W = P \times V'$$

en otras palabras los componentes del trabajo respiratorio, lo constituye todo aquello que puede incrementar la presión a un determinado volumen, como es el caso de la capacidad de distensión del pulmón y de la pared torácica, esto es mas fácilmente entendible si se revisa la figura No 1 que muestra el diagrama sugerido por Campbell y modificado por Banner recientemente⁽²⁰⁾, en donde se observan las curvas de presión-volumen de la distensibilidad pulmonar (D_p) y la distensibilidad de la pared torácica (D_{pt}) durante la ventilación espontánea; nótese que la presión pulmonar y de la pared son iguales en un volumen semejante a la capacidad residual funcional (CRF), es decir al 35% de la capacidad vital, también en la figura se muestra que al incrementarse el volumen las curvas de D_p y D_{pt} cambian en rumbos opuestos, formando un área triangular entre ambas al incrementar el V_T (de 35 a 50% de la capacidad vital), lo que equivale al trabajo respiratorio. Por cierto a dicha fuerza se le suma la resistencia al flujo que se encuentra graficada dentro de la curva en forma de asa. Brenner agregó al diagrama de Campbell el trabajo impuesto por el ventilador (ver figura No. 1), lo que da una mejor idea del trabajo total al que se somete un paciente durante la AMV. Finalmente en la misma figura se toma en cuenta a la capacidad elástica de la pared torácica (tendencia a regresar a su forma original), lo que logra que al almacenarse energía durante la inspiración, esta mide ser utilizada durante la espiración, es por ello que

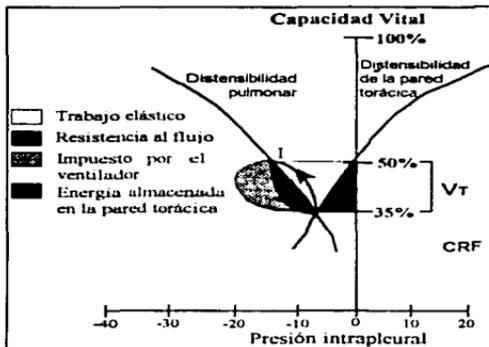


Figura No. 1. Representación del trabajo respiratorio total utilizando un diagrama de Campbell modificado, se muestran las curvas de D_p y D_{pt} en relación a la presión pleural y el volumen. Durante la inspiración (1) el volumen aumenta y la presión pleural disminuye constituyendo la resistencia fisiológica al flujo inspiratorio. La espiración es normalmente pasiva al regresar el volumen a la capacidad residual funcional (CRF). Tomado de ref. 20

esta última es, en condiciones normales, un proceso pasivo que no requiere de un trabajo agregado(20,21).

En conclusión: el trabajo respiratorio total (WOBt) de un paciente ventilando espontáneamente bajo AMV está condicionado por: las propiedades elásticas fisiológicas, la resistencia al flujo y el trabajo impuesto por el ventilador, circuito de ventilación y tubo endotraqueal.

Para el cálculo del WOB se necesita de un neumotacógrafo conectado al tubo endotraqueal que calcule el VT, flujo, y Pva en cada ciclo respiratorio(22), además de la medición simultánea de la presión en el tercio inferior del esófago(23) (la cual tiene una correlación prácticamente perfecta con la presión pleural y ha sido utilizada con buenos resultados durante más de 40 años(24)); es por ello que la determinación del WOB a la cabecera de un enfermo en estado crítico era hasta hace unos años una situación complicada(22), tediosa e inexacta (ya que requiere trazar curvas

y calcular las áreas del diagrama de Campbell con sistemas convencionales); sin embargo en la actualidad se cuenta con sistemas computarizados que realizan los cálculos en forma automática y prácticamente instantánea, además las sondas esofágicas actuales son más fidedignas y cómodas para el paciente^(23,24).

Objetivo.

La VSP es una modalidad de retiro de la AMV cuyo uso se ha generalizado rápidamente, sus ventajas parecen ser claras sobre otras modalidades en pacientes de difícil retiro, mientras que sus desventajas no parecen ser importantes⁽³⁴⁾. Clínicamente es fácil comprobar que disminuye efectivamente el trabajo respiratorio; sin embargo en pacientes con destete difícil y reserva cardiopulmonar pobre, el conocer el WOBt en diferentes niveles de VSP es útil y en ocasiones decisivo para un retiro exitoso; establecer el nivel de VSP ideal con los parámetros mecánicos respiratorios rutinarios es problemático y, generalmente, desacertado.

El objetivo del presente estudio es el de conocer la influencia de diferentes niveles de VSP sobre el trabajo respiratorio y sus componentes, como son la resistencia de la vía aérea (R_{va}) y la distensibilidad pulmonar, para de esta forma facilitar la determinación de la presión ideal de soporte y como su descenso o incremento afecta a la mecánica respiratoria.

Material y Métodos.

El presente es un estudio prospectivo en el que se seleccionaron pacientes internados en La Unidad De Terapia Intensiva del Hospital ABC de la Ciudad de México, sometidos a ventilación mecánica en cualquier modalidad, a los que se planeaba el inicio en el retiro de la AMV, los sujetos fueron estudiados en un periodo de 6 meses (mayo a septiembre de 1994) y seleccionados según los siguientes criterios:

Criterios de Inclusión:

1. Resolución del proceso que condicionó el inicio de la AMV.
2. Ventilación espontánea presente (aparato neuromuscular respiratorio íntegro).
3. Índice de ventilación rápida superficial (VRS) igual o menor a 100.
4. PaO₂ igual o mayor de 60 torr a una FiO₂ menor de 0.6,
5. pH normal sin déficit de base.
6. Estabilidad hemodinámica (no dependiente de drogas vasoactivas intravenosas para mantener TA o gasto cardíaco), aunque podían estar utilizándose para mejorar la perfusión renal y la esplácnica o con otros fines.
7. Psicológica o psiquiátricamente estable.
8. El paciente debía de estar de acuerdo con el procedimiento o en caso de incapacidad para decidir, contar con autorización verbal del familiar o de la persona responsable.
9. Autorización del médico responsable del caso para la realización del estudio.

Criterios de Exclusión:

1. No cumplir los criterios de inclusión.
2. Imposibilidad para colocar la sonda-balón esofágico (por ejemplo en los siguientes casos):
 - a) lesión de tabique nasal,
 - b) tubo nasotraqueal,
 - c) reflejo de deglución muy alterado,
 - d) lesión esofágica reciente o antigua,
 - e) cirugía reciente de esófago o estómago,
 - f) sangrado de tubo digestivo activo.
3. Falta de cooperación del paciente.
4. Deformidades severas del tórax óseo.
5. Deterioro respiratorio (alteración de intercambio gaseoso) o hemodinámico en cualquier parte del protocolo.
6. Rechazo a continuar con el protocolo por parte del médico responsable o del paciente en cualquier momento del estudio.
7. Mediciones o curvas no satisfactorias.

Todos los sujetos fueron asistidos mecánicamente con ventiladores Puritan-Bennet 7200a, los cuales estuvieron alimentados con energía eléctrica y neumática, controlados mediante un microprocesador avanzado, básicamente ciclados por volumen y tuvieron un generador de flujo constante y variable, además de contar con una tarjeta electrónica que los habilita como ventiladores controlados por presión. Así mismo estuvo disponible el modo

de ventilación asistida por presión (VSP) y de flujo continuo (Flow-By); gracias a un neumotacógrafo integrado se midió el volumen, la presión y el flujo en la vía aérea durante cada ciclo respiratorio, esto último pudo ser visto gráficamente en forma de curvas individuales o combinadas (presión-volumen y volumen-flujo) con un software opcional.

La medición de la presión esofágica (Pes) se realizó mediante la colocación de una sonda nasogástrica flexible de 16 FR (*SmartCath, Bicare Monitoring System, USA*), de polietileno, con guía radiopaca, la cual tiene un balón a 15 cm de su extremo distal, de aproximadamente 10 cm de largo por 3.5 cm de perímetro, la pared del balón es de un grosor inferior a 0.06 mm; el admíniculo se infla automáticamente con 0.8 ml y responde con frecuencia de 30 Hz. La presión del balón se transmite por una sonda que se conecta al neumotacógrafo.

La presión de la vía aérea, volúmenes y flujos se midieron mediante un transductor desechable de flujo (*VarFlex, Bicare Monitoring System, USA*) conectado a la parte más proximal del tubo endotraqueal (entre la pieza Y del circuito del ventilador y el tubo endotraqueal); el transductor se conecta, mediante sondas de polietileno de 5 FR, al neumotacógrafo.

Se utilizó un neumotacógrafo de la marca Bicare modelo CP-100, el cual tiene un microprocesador convencional (PC 80286) que realiza mediciones de presión de la vía aérea, presión esofágica y velocidad de flujo de la vía aérea, los que analiza y expone en forma numérica y gráfica, en tiempo real; a partir de esas tres mediciones se derivan 20 variables que se encuentran enlistadas en la Tabla No. 1; los datos son observados en un

monitor monocromático (ambar-verde) VGA, mostrando curvas de presión, volumen y flujo sobre tiempo, calcula el trabajo respiratorio tanto del paciente (WOBp) como de la máquina (WOBv) y lo muestra gráficamente en curvas en forma de asa (*loops*) Pes-volumen y Pva-volumen respectivamente. Los datos y curvas se imprimieron en una impresora HP Bubble jet.

El trabajo respiratorio del paciente se calculó según la siguiente ecuación:

$$WOBp = (P_{eFE} - P_{eII})dV + \frac{2D_{PT}}{V_T}$$

en donde P_{eFE} = presión esofágica al final de la espiración; P_{eII} = presión esofágica al inicio de la inspiración; dV = flujo; D_{PT} = distensibilidad de la pared torácica (asumida como 200 ml/cmH₂O) y V_T = volumen corriente espontáneo.

El índice de Ventilación rápida superficial (VRS) se consideró como f/V_T , estos parámetros medidos en ventilación espontánea con un espirómetro de Wright⁽²⁷⁾; además en algunos pacientes el VRS se cuantificó en tiempo real con ayuda del monitor durante todo el protocolo, mediante la misma fórmula.

Protocolo: Una vez cumplidos los criterios de inclusión, se colocó una sonda esofágica y corroboró su posición mediante una Rx de tórax penetrada, el detector de flujo fue puesto en la parte más proximal de la sonda endotraqueal;

posterior a ello se calibró el neumotacógrafo Bicore inicialmente sin transductores y subsiguientemente con ellos (tanto el de flujo como el catéter esofágico).

El protocolo se inició con el paciente sentado en un sillón y se ajustó la VSP en modalidad de CPAP (presión positiva continua de la vía aérea), con flujo máximo de

120 l/min, cero de presión positiva continua y 0.5 cm H₂O de sensibilidad; el nivel de VSP se inició con un nivel suficiente el necesario para lograr un VT

Tabla No. 1. Variables derivadas por el monitor pulmonar⁽²⁵⁾.

Frecuencia respiratoria (RR)	Volumen minuto (V _E)
Trabajo respiratorio del paciente (WOB _p)	Distensibilidad pulmonar dinámica (D _{din})
Trabajo respiratorio del ventilador (WOB _v)	Disparo respiratorio (P _{0.1})
Resistencia de la vía aérea (R _{va})	Volumen corriente espirado (VT _{esp})
Índice de ventilación rápida superficial (VRS)	Producto presión-tiempo (PPT)
Velocidad de flujo inspiratorio (VFI)	Volumen corriente inspirado (VT _{ins})
Velocidad de flujo espiratorio (VFE)	Volumen corriente espirado (V _{Tesp})
AutoPEEP	Sensibilidad de la válvula de demanda (sen)
Fracción del tiempo inspiratorio (TI/TOT)	Resistencia media de la vía aérea (R _{mva})
Presión media de la vía aérea (PM _{va})	Cambio en la presión esofágica (ΔP _e)

espontáneo de 10 ml/Kg de peso y eso se consideró como un VSP del 100%, así se mantuvo al paciente durante 20 min (siempre con monitoreo continuo electrocardiográfico, presión arterial y de oximetría de pulso), al final de los cuales se realizaron las mediciones de trabajo respiratorio, distensibilidad y resistencia de la vía aérea principalmente; una vez impresos los datos se disminuyó el nivel del VSP al 75%, repitiéndose las medidas igualmente después de 20 minutos, lo mismo se realizó para niveles de VSP del 50 y del

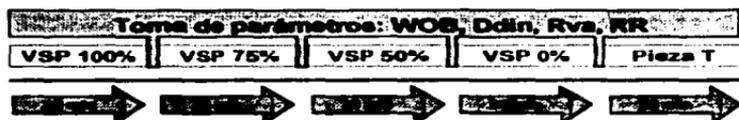


Figura No. 2. Representación esquemática del protocolo

0% respectivamente, posterior a ello se colocó el paciente en pieza T y se repitió el protocolo (obsérvese la figura No. 2)

Resultados:

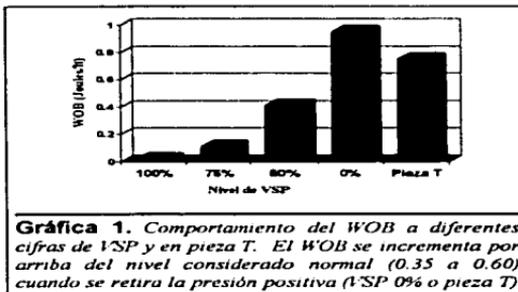
Se seleccionaron 14 enfermos, de los cuales se excluyeron 3, dos de ellos por resolución incompleta del problema de base que originó el inicio de la AMV, lo que impidió la continuación en el retiro, y un paciente que cursó con inestabilidad hemodinámica y alteración en el inter-cambio gaseoso, que no

Tabla No. 2. Características de los pacientes estudiados.

Pacien te	Edad (años)	Sexo	Diagnóstico	Días de AMV*	PEEP máximo	Diámetro TET	IRS
1	21	Fem	TCE *	10	14	8	92
2	67	Fem	Cranectomía	8	8	8	90
3	62	Fem	Cirugía abdominal	5	12	8.5	78
4	68	Fem	Cirugía abdominal	6	8	7	68
5	53	Fem	Cirugía abdominal	5	11	8.5	72
6	83	Fem	Cirugía de tórax	3	5	8	85
7	27	Masc	Politraumatizado	4	7	8.5	57
8	39	Masc	Cranectomía	4	4	8	92
9	48	Masc	Cirugía abdominal	6	7	8.5	88
10	71	Masc	Cirugía de tórax	4	6	8.5	80
11	36	Masc	Cirugía de tórax	2	6	8.5	87
Prom	52.3			5.18	8	8.1	80.8

* TCE = Traumatismo craneoencefálico

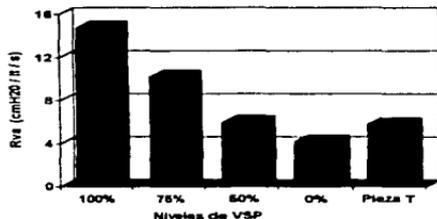
permitió la continuación del protocolo y condicionó la exclusión del estudio, posteriormente fué retirado del ventilador con disminución progresiva y muy lenta del nivel de soporte por presión. Finalmente se analizaron 11 sujetos (5 hombres y 6 mujeres) con



edad promedio de 52.3 años (rango de 21 a 83 años), los cuales tienen las características mostradas en la tabla No. 2. En promedio los pacientes tuvieron 5.18 ± 2.27 días de AMV, con un PEEP máximo de 8 ± 3.1 cmH₂O, tubos endotraqueales de 8.1 ± 0.4 mm y VRS de 80.8 ± 11.22 .

Al inicio del protocolo y con nivel de VSP del 100%, se encontró un WOB nulo en 9 de los 11 pacientes en los que el trabajo fué mínimo (0.2 y 0.22 joules/l respectivamente), lo que da un promedio de 0.02 ± 0.07 joules/l; la distensibilidad pulmonar dinámica se encontró en promedio en 59 ± 13.33 ml/cmH₂O y la resistencia de la vía aérea en 14.74 ± 6.14 cmH₂O/l/s. Cuando el nivel de VSP se disminuyó al 75%, el WOBp se incrementó poco (0.11 ± 0.11 joules/l), permaneciendo ausente aún en 4/11 sujetos estudiados, la distensibilidad descendió un poco (52.17 ± 11.55 ml/cmH₂O), y la resistencia de la vía aérea, aunque aún discretamente elevada, ya en cifras tolerables para el retiro de la AMV (10.21 ± 3.41 cmH₂O/l/s); probablemente

los cambios más importantes ocurrieron al disminuir el VSP del 75 al 50%, ya que el WOBp alcanzó cifras normales (0.41 ± 0.28 joules/l), lo mismo que la Ddin que mantuvo un nivel adecuado (41.83 ± 8.30 ml/cmH₂O), la Rva cayó prácticamente a la mitad al encontrarse en 5.96 ± 3.14



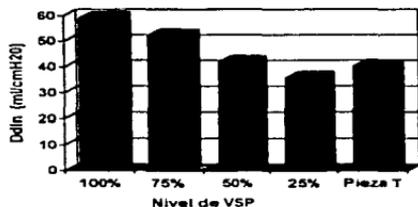
Gráfica 2. Comportamiento de la resistencia de la vía aérea a diferentes niveles de VSP y en pieza T, obsérvese como durante VSP de 100 y 75%, la Rva se incrementa por arriba del rango normal (2 a 6 cmH₂O/l/s).

cmH₂O/l/s. Al retirar la asistencia por presión, manteniendo al enfermo en el ventilador, el WOBp rebasa las cifras normales e incrementa a 0.95 ± 0.32 joules/l, mientras que la distensibilidad mantiene niveles tolerables en 35.67 ± 10.09 ml/cmH₂O y la Rva no sufre gran cambio (4.18 ± 2.22 cmH₂O/l/s); con un comportamiento similar al tener al sujeto en la pieza T en donde el WOBp disminuye a 0.75 joules/l y la Ddin aumenta a 40.17 ± 6.94 ml/cmH₂O, mientras que la Rva se mantiene en 5.77 ± 2.38 cmH₂O/l/s. Los resultados anteriores pueden entenderse mas claramente en las gráficas 1, 2 y 3.

El autoPEEP se encontró en 0 cmH₂O en 9 de los 11 pacientes en nivel de VSP del 100% , en estos 2 enfermos el autoPEEP se encontraba en 3 y 5 cmH₂O al máximo nivel de VSP y bajó a 2 y 3 cmH₂O respectivamente en 0% de VSP y se mantuvieron en esa cifras durante la pieza T.

El índice de VRS en tiempo real se analizó en 6 pacientes, encontrando un incremento del mismo directamente proporcional al aumento en el WOBp.

El nivel de VSP máximo promedio fué de 18.5 ± 3.8 cmH₂O.



Gráfica 3. Comportamiento de la distensibilidad pulmonar ante diferentes rangos de VSP y en pieza T. A pesar de que en todas las jerarquías se mantienen valores aceptables de Ddin (> 30 ml/cmH₂O), solo se alcanzan cifras normales en la VSP máxima.

Discusión y Conclusiones.

A pesar de que aproximadamente un 30% de los enfermos en una unidad de terapia intensiva requieren de alguna maniobra especial en el retiro de la AMV, ésta situación se convierte en un reto para el clínico en ciertos casos de difícil destete o en aquellos sujetos en que ha fracasado en una o varias ocasiones la extubación y es necesario reiniciar la AMV. Con la finalidad de identificar a aquellos pacientes que van a requerir de maniobras o modalidades especiales de retiro o de predecir el fracaso o éxito en el mismo, se han desarrollado diferentes índices y aún se encuentra en discusión cual es el mejor de ellos; recientemente, algunos estudios han considerado que el índice de VRS es -sino el mas efectivo de ellos-, probablemente, el mas útil, ya que es sencillo y rápido de calcular y tiene un valor predictivo positivo y negativo

aceptable⁽²⁷⁾, a pesar de que no es la finalidad del presente estudio, cabe mencionar que este índice pudo, en nuestra pequeña muestra, predecir el éxito en el destete en 10 de nuestros 11 pacientes (90.9%), mientras que si se hubiera considerado el WOB_p (menor de 0.75 joules/l) en pieza T como el único indicador para el inicio en el retiro de la AMV, se hubiera continuado con el retiro de la AMV en 5 de los 11 pacientes -cuyo destete hubiera sido exitoso-; es decir el WOB parece tener un valor predictivo positivo muy alto (100), aunque un valor predictivo negativo bajo (16); sin embargo el estudio no fué diseñado con estos fines y la muestra es pequeña para una investigación de esta naturaleza. Este comentario se realiza teniendo en cuenta que la medición del WOB es poco frecuente en las unidades de terapia intensiva y no existen estudios nacionales sobre la utilidad de este parámetro mecánico respiratorio en el destete.

Por otra parte, con un nivel de VSP máximo el trabajo respiratorio del paciente se nulifica⁽²⁸⁾ (ver Gráfica 1) y esto al parecer es secundario a un incremento importante en la distensibilidad pulmonar, el exceso de WOB desaparece a pesar de existir cifras elevadas de resistencia de la vía aérea en niveles elevados de VSP (véanse Gráficas 2 y 3), lo que demuestra que ante una distensibilidad pulmonar normal el incremento de la R_{va} es bien tolerado y no influye directamente sobre el trabajo respiratorio -recuérdese la fórmula para el cálculo del WOB (*vide supra*)-; la distensibilidad de la pared torácica pareció no modificarse con el incremento en el nivel de VSP.

Es importante mencionar que nuestros pacientes en realidad constituyen una muestra de enfermos de relativa fácil liberación de la AMV,

ya que el tener una mecánica respiratoria aceptable constituyó uno de los principales criterios de inclusión; posiblemente en sujetos con menor reserva cardiopulmonar el incremento de la Rva pueda influir directamente sobre la distensibilidad pulmonar y finalmente acrecentar el WOB, por lo que el comportamiento pueda ser diferente a niveles elevados de VSP. Es bien sabido que la ventilación asistida por presión es bien tolerada y existe un mejor acoplamiento entre el hombre y la máquina (incluso mejor que en AC), por lo que esta mejor tolerancia debe de influir para abolir el sobretrabajo respiratorio, condición a considerar cuando un paciente que requiere de apoyo mecánico ventilatorio máximo no se acopla adecuadamente al ventilador^(9,27). De hecho únicamente en dos sujetos aquí mencionados no se suprimió el WOB en nivel de VSP del 100%, aunque en ellos el nivel fué muy bajo (0.20 y 0.22 joules/l respectivamente). A pesar de que solo se trata de 2 casos, esta respuesta podría adscribirse a la presencia de autoPEEP⁽³⁰⁾ de 3 y 5 cmH2O (ausente en los demás), ya que el autoPEEP disminuyó junto con el nivel de VSP y aumentó el WOB en ambos enfermos, llegando a 2 y 3 cmH2O en pieza T. No se repitió el protocolo con algún grado de CPAP, lo que muy probablemente hubiera sido de utilidad para corroborar si el aumento en el WOB dependía principalmente del autoPEEP, que es lo más factible.

Recientemente Appendi y colaboradores⁽⁶⁾ demostraron que no hay diferencia en cuanto a esfuerzo diafragmático en pacientes con auto PEEP si se manejan solo con CPAP ó solo con VSP, pero la combinación VSP + PEEP parece ser la mas efectiva (no se realizaron mediciones de presión gástrica para evaluar la participación de la actividad muscular abdominal en el

ciclo respiratorio -principalmente en la espiración-, cuya determinación se ha utilizado para obtener más fidedignamente el valor del autoPEEP) (31).

Al disminuir el nivel de VSP al 75%, no existieron cambios estadísticamente significativos (al compararlos con las cifras encontradas al 100%) en el WOB, tampoco los hubo en la distensibilidad pulmonar, aunque sí se hallaron en la Rva ($p < 0.02$), lo que apoya el hecho de que ésta influye poco en el WOB en pacientes con Ddin normal; el hecho de no encontrar diferencias importantes entre el nivel de VSP del 100% y del 75%, sugiere que no es útil iniciar el retiro de la AMV o prolongar el mismo en niveles de soporte que condicionen VT de 10 ml/Kg o más y que puede emprenderse el retiro con cifras de VSP más bajas, que quizá oscilen entre el 50 y el 75%.

Un WOB normal se logró con nivel de VSP del 50%, en esta parte del protocolo la Ddin se mantuvo por arriba de 35 (41.83 ml/cmH₂O) y la Rva disminuyó a valores normales (5.96 cmH₂O/l/s), probablemente alguna cifra alrededor de esta magnitud de VSP sea la más útil para el "entrenamiento" de los músculos respiratorios.

Como ya estudios previos lo habían documentado, el trabajo respiratorio en pieza T es menor que el encontrado con el paciente ventilando espontáneamente conectado al ventilador sin presión positiva, únicamente con flujo disponible(12,14,21,29,32); esto quizá está en relación a la resistencia impuesta por la válvula inspiratoria (a pesar de utilizarse sensibilidades bajas) y por el propio circuito de la máquina, podría estar también en relación a distribución turbulenta del flujo condicionado por disponibilidad del mismo a una velocidad elevada (120 lt/min).

Nathan y cols. (33) encontraron que el trabajo respiratorio es mayor en el paciente recién extubado que durante la pieza T en sujetos con un promedio de 7 días de AMV y esto quizá en relación a edema de partes blandas que obstruyen y pueden dar turbulencia al flujo inspiratorio, esta condición ha dificultado la estimación exacta de la presión mínima de soporte necesaria para eliminar la resistencia al flujo dada por el TET y el circuito del ventilador, no es la intención del presente escrito el evaluar la cifra de VSP mínima, pero ésta debe estar muy cerca del 50% del VSP que utilizamos (9.25 cmH₂O), se prefirió decartar dentro del protocolo una VSP del 25% por estar esta seguramente por debajo de la VSP mínima y condición que podría condicionar fatiga muscular, ya que se sumaría a los 20 min de VSP de 0, que ya de por sí establece un WOB elevado para el paciente.

En conclusión, la experiencia de esta observación, no obstante el número relativamente pequeño de casos estudiados, resalta la bondad de la VSP en el retiro de la AMV, al modificar paulatinamente el WOB mejorando la Dp, a pesar de que incrementa la Rva. Debe valorarse el utilizar un nivel de VSP alrededor del 75% para el inicio de la discontinuación de la AMV; se hace notar, además, la utilidad de un monitor respiratorio completo (que incluya el WOB) a la cabecera del paciente en casos seleccionados de difícil destete.

Bibliografia.

1. Kirby RR, Banner MJ, Downs JB. *Clinical applications of ventilatory support*. Ed. Churchill Livingstone, New York 1990;263-276.
2. Slutsky AS (Chairman). *Mechanical Ventilation (ACCP consensus conference)*. Chest 1993;104:1833-59.
3. Beyond L, Chasse M, Harf A. *Inspiratory work of breathing during spontaneous ventilation using demand valves and continuous flow systems*. Am Rev Respir Dis 1988;138:300-04.
4. Pinsky MR, Desmet JM, Vincent JL. *Effect of positive end-expiratory pressure on right ventricular function in humans*. Am Rev Respir Dis 1992;146:681-87.
5. Pinsky MR, Vincent JL, DeSmet JM. *Estimating left ventricular filling pressure on positive end-expiratory pressure in man*. Am Rev Respir Dis 1991;143:25-31.
6. Appendini L, Patessio A, Zanaboni S, Carone M, Gukov B, Donner CF, Rossi A. *Physiologic effects of positive end-expiratory pressure and mask pressure support during exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease*. Am J Respir Crit Care Med 1994;149:1069-76.
7. MacIntyre NR. *Respiratory function during pressure support ventilation*. Chest 1986;89:677-83.
8. MacIntyre NR, Ho Li. *Effect of initial flow rate and breath termination criteria on pressure support ventilation*. Chest 1991;99:134-38.
9. Kacmarek RM. *The role of pressure support ventilation in reducing work of breathing*. Resp Care 1988;33:99-120.
10. MacIntyre N, Nishimura M, Usada Y, et al. *The Nagoya conference on system design and patient-ventilator interactions during pressure support ventilation*. Chest 1990;97:1463-66.
11. Hurst JM, Branson, RD, Davis K. *Cardiopulmonary effects of pressure support ventilation*. Arch Surg 1989;124:1067-70.

12. Banner MJ, Kirby RR, MacIntyre NR. *Patient and ventilator work of breathing and ventilatory muscle loads at different levels of pressure support ventilation.* Chest 1991; 100:531-533.
13. Shapiro M, Wilson RK, Casar G. *Work of breathing through different sized endotracheal tubes.* Crit Care Med 1986;14:1028-31.
14. Hirsh C, Kacmarek RM, Stanel K. *Work of breathing during CPAP and PSV imposed by the new generation of mechanical ventilators: a lung model study.* Resp Care 1991;36:815-28.
15. Tobin MJ, Yang K. *Weaning from mechanical ventilation.* Crit Care Clinics 1990;6:725-47.
16. Flick GR, Bellamy PE, Simmons DH. *Diaphragmatic contraction during assisted mechanical ventilation.* Chest 1989; 96:130-35.
17. Tobin MJ. *Respiratory Monitoring.* JAMA 1990;254:244-51.
18. Elizalde JJG. *Nuevas opciones de monitoreo respiratorio no invasivo.* Rev Iberolat C int 1993;2:216-35.
19. Kacmarek RM, Hess Dean, Stoller JK. *Monitoring in Respiratory Care.* Ed Mosby, St. Louis. 1993; 267-308.
20. Banner MJ, Jaeger Mj, Kirby RR. *Components of the work of breathing and implications for monitoring ventilator-dependent patients.* Crit Care Med 1994;22:515-23.
21. Banner MJ, Blanch PB, Kirby RR. *Imposed work of breathing and methods of triggering a demand-flow CPAP system.* Crit Care Med 1993; 21:183-190.
22. Marini JJ. *Lung mechanics at the bedside: Instrumentation and clinical application.* Respir Care 1990;35:669-93.
23. Banner MJ, Kirby RR, Blanch, PB. *Site of pressure measurement during spontaneous breathing with continuous positive airway pressure: Effect on calculating imposed work of breathing.* Crit Care med 1992; 20:528-35
24. Cherniak RM, Farhi LE, Armstrong BW, et al. *A comparison of esophageal and intrapleural pressure in man.* J Appl Physiol 1955,8:203-11.

25. Petros AJ, Lamond CT, Bennet D. *A device to assess the work of breathing while weaning from mechanical ventilation (The Bicore pulmonary monitor)*. *Anesthesia* 1993; 48:985-88.
26. Kirton O, Banner MJ, Axelrod A. *Detection of unsuspected imposed work of breathing: Case reports*. *Crit Care Med* 1993;21:790-95.
27. Yang KL, Tobin MJ. *A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation*. *N Eng J Med* 1991;324:1445-50.
28. Banner MJ, Kirby RR, Blanch PB. *Decreasing imposed work of the breathing apparatus to zero using pressure support ventilation* *Crit Care Med* 1993; 21:1333-1338.
29. Moran JL, Homan S, O'Fathaigh M, Jackson M, Leppard P. *Inspiratory work imposed by continuous positive airway pressure (CPAP) machines: the effect of CPAP level and endotracheal tube size*. *Intensive Care Med* 1992;18:148-154.
30. Petrof BJ, Legare M, Goldberg P et al. *Continuous positive airway pressure reduces work of breathing and dyspnea during weaning from mechanical ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease*. *Am Rev Respir Dis* 1990;141:281-89.
31. Brochard L, Harf A, Lorino H, Lemaire F. *Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation*. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:513-21.
32. Konyukov Y, Takahashi T, Kuwayama N, Hotta T, Takezawa J, Shimada Y. *Estimation of triggering work of breathing. The dependence of lung mechanics and bias flow during pressure support ventilation*. *Chest* 1994;105_1836-41.
33. Nathan SD, Ishaaya AM, Koerner SK, Belman MJ. *Prediction of minimal pressure support during weaning from mechanical ventilation*. *Chest* 1993;103:1215-19.
34. Elizalde GJJ, Franco GJ, Miranda R, Martinez SJ. *Pressure support ventilation (PSV): Weaning results in 2 different groups of patients*. *Resp Care* 1993;38-1222.