



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



**DESCONEXIÓN VENTILACIÓN MECÁNICA**  
**Dr.F. Ramos. Hospital Universitario La Fe**  
**Sesión de Formación Continuada**  
**SARTD- CHGUV**  
**Valencia 13 de Marzo 2007**

Entendemos por retirada de la ventilación mecánica a la interrupción total y definitiva de la ventilación mecánica, seguida de la instauración de una ventilación espontánea eficaz y muy frecuentemente de la extubación. Se considera un éxito la retirada de la ventilación mecánica, cuando el paciente es capaz de mantener la ventilación espontánea, durante un periodo mínimo de 48 horas.

Una retirada de la ventilación mecánica es difícil y prolongada, cuando el paciente tiene una cierta actividad respiratoria espontánea, pero es incapaz de mantener una autonomía ventilatoria. Es en estos pacientes donde se hace necesario la utilización de técnicas ventilatorias que permitan la retirada progresiva de la ventilación mecánica (destete, weaning). En este capítulo nos dedicaremos a una descripción y valoración de dichas técnicas.

La importancia de este tema es muy grande, dado que la presencia de pacientes más graves y ancianos se ha incrementado durante los últimos años en las unidades de cuidados críticos, aumentando la frecuencia de dificultades en la desconexión de la v. mecánica, haciéndose necesaria la utilización de técnicas de destete. Para cuantificar la importancia de este tema, podemos decir que el destete es necesario en el 20-30% de los pacientes sometidos a ventilación mecánica (1) (2); en estos pacientes el 40% del tiempo sometido a v. mecánica es empleado en el destete, pero en pacientes con EPOC se llega a emplear hasta un 60% (3). Por otro lado el 6% de los pacientes en v. mecánica presentan un destete difícil. Aproximadamente 1-5% de los pacientes ventilados mecánicamente presenta repetidos fallos en el intento de destete y pueden convertirse en ventilador dependientes crónicamente (4). Refiriéndonos al conjunto de todos los pacientes podemos decir que el destete es más frecuente en pacientes con EPOC (5). Limitándonos a los pacientes postquirúrgicos, la gran mayoría de estos tienen un tiempo de v. mecánica < 72 horas, siendo en ellos fácil y rápida la retirada de la v. mecánica, los pacientes con tiempos de v. mecánica < 7 días, precisan a veces una desconexión progresiva, pero esta no es problemática y el éxito suele ser seguro, mientras que los pacientes con tiempos > 7 días presentan una desconexión dificultosa.

Establecida la importancia y problemática de la desconexión de la v. mecánica. Una primera medida para abordarla de una forma lógica, será establecer unos criterios que nos indiquen el momento de inicio de la desconexión, pues todo fracaso en la desconexión (y extubación) aumenta las complicaciones. **Es un criterio básico no intentar la desconexión mientras no se solucione o mejore la causa que provocó la insuficiencia respiratoria.** La segunda medida ya comentada anteriormente será a la utilización de técnicas para la desconexión.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



## **NORMAS GENERALES PARA LA DESCONEXIÓN V. MECÁNICA.**

Entre los criterios de inicio de la desconexión ( aparte del criterio básico)) hay unas normas generales de obligado cumplimiento, como son: Posición optima para cada paciente ,comunicación con el paciente ( si está consciente , explicándosele lo que se va hacer),se ha puesto en duda que el paciente tenga que estar consciente para hacer la desconexión e incluso para algunos la extubación , temperatura  $<38^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Hb}>8-10$  gr./l, frecuencia cardiaca  $<110$  ppm, no debe de existir una sedación profunda que pueda deprimir el trigger/esfuerzo inspiratorio del paciente , la hemodinámica será estable, pero no contraindica la desconexión el que esta hemodinámica sea mantenida a expensas de catecolaminas,sin la presencia de isquemia miocárdica(6).

## **INDICES PREDICTIVOS DE DESCONEXIÓN**

Cuando la ventilación mecánica es retirada hasta un 25% de los pacientes precisan ser reconectados por el severo distress respiratorio que sufren (7,8). En los últimos años se ha avanzado mucho en el conocimiento del fallo del destete. Entre los pacientes que no pueden ser destetados, la desconexión del ventilador siempre es seguida por un incremento de la frecuencia respiratoria y una caída del volumen corriente, esto es “respiración rápida superficial” (9). Cuando una prueba de respiración espontánea es prolongada durante un tiempo de 30-60 minutos, el esfuerzo ventilatorio se incrementa hasta más de cuatro veces el valor normal (10). Este incremento del esfuerzo es debido al empeoramiento de la mecánica respiratoria. La resistencia respiratoria aumenta progresivamente durante el tiempo de la prueba de respiración espontánea alcanzando 6 veces el valor normal, la rigidez pulmonar medida por la compliancia empeora hasta 5 veces el valor normal, el atrapamiento medido por la AutoPEEP se duplica (10). Curiosamente antes de la prueba de respiración espontánea la mecánica respiratoria en estos pacientes era similar a la de los pacientes que son destetados exitosamente (11). Existen pues mecanismos desconocidos que están asociados al acto de la respiración espontánea y que empeoran la mecánica respiratoria en los pacientes que no pueden ser destetados de la ventilación mecánica.

Además sabemos hoy día que el incremento del esfuerzo respiratorio en una prueba no exitosa de respiración espontánea puede causar un estrés cardiovascular (12). El paciente puede sufrir un incremento de la postcarga de ambos ventrículos, con un aumento del 39% y 27 % de las resistencias vasculares pulmonares y sistémicas respectivamente (13), esto se atribuye a la mayor negatividad de la presión intratorácica. Al final de la prueba de respiración espontánea el consumo de oxígeno es similar en los pacientes que falla la prueba y en los que es exitosa (13 ), pero existe una diferencia en el comportamiento de los dos grupos de pacientes. En los pacientes que superan la prueba la demanda de oxígeno es proporcionada por un incremento en la oferta mediada a través de un incremento en el gasto cardiaco. Los pacientes que no superan la prueba la



demanda de oxígeno es proporcionada por un aumento en la extracción, esto último causa un descenso en la saturación venosa de oxígeno que contribuye a la hipoxemia arterial de alguno de estos pacientes (13). La desconexión prematura plantea un severo estrés cardiovascular. Por otro lado un retraso en la desconexión puede incrementar la morbimortalidad. Decidir el momento para iniciar la desconexión basándose exclusivamente en la experiencia clínica puede conducir frecuentemente a errores (14,15,16). Hacen falta unos índices que objetiven esta decisión

Estos índices en teoría permitirían detectar el momento más precoz para iniciar la desconexión, permitiendo así protocolizar y standardizar el inicio de la desconexión, evitando la prolongación injustificada de la v. mecánica. Por otro lado estos índices serían útiles en la detección de las posibles causas de dependencia de la ventilación mecánica.

Estos índices se clasifican en dos grandes grupos:

- a) Índices que miden la capacidad de oxigenación.
- b) Índices que miden la capacidad ventilatoria.
  - a) **Índices que miden la capacidad de oxigenación.** Entre estos tenemos:
    - $\text{PaO}_2 > 60$  mmHg con  $\text{FiO}_2 < 0,4$ .
    - Gradiente alvéolo arterial de  $\text{PaO}_2 < 350$  mmHg.
    - $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 200$  mmHg.
    - $\text{Qs}/\text{Qt} < 15\%$ .

Ningún clínico intenta desconectar del ventilador a un paciente que presenta una  $\text{PaO}_2 < 55$  mmHg con  $\text{FiO}_2 > 0,4$ , pues sabe que este intento está abocado al fracaso. Aunque estos índices han sido aceptados por la mayoría, la verdad es que existen pocos estudios prospectivos que validen su eficacia. En un estudio retrospectivo se mostraba que el índice  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  tenía un valor productivo positivo (probabilidad de que la desconexión tenga éxito cuando el test ha predicho el éxito) del 90%, su valor predictivo negativo fue solo del 10% (probabilidad de que la desconexión fracasase cuando el test predecía fracaso) (17). Algunos han propuesto que la relación  $\text{PaO}_2/\text{PAO}_2$  es preferible al gradiente alvéoloarterial de  $\text{PO}_2$ , puesto que se mantiene más estable a las variaciones de  $\text{FiO}_2$  (18), sin embargo su valoración predictiva en un estudio posterior fue pobre (valor predictivo positivo 0,59, valor predictivo negativo 0,53).

- b) **Índices que miden la capacidad ventilatoria :**
  - Frecuencia respiratoria  $< 35$  rpm.
  - Presión inspiratoria máxima  $< -30$  cmH<sub>2</sub>O.
  - Volumen tidal 5-8 ml/Kg.
  - Capacidad vital 10-15 ml/kg.
  - Ventilación minuto  $< 10$  l/m.
  - Máxima ventilación minuto  $> 2$  veces el V.M.
  - Compliancia 60-100 ml/cm.
  - Movimiento paradójico abdomen /caja.
  - Alternancia contribución / abdomen caja.
  - Frecuencia /Vt  $< 105$ .
  - Trabajo inspiratorio  $< 0.14$  kmgr/l.
  - Presión de oclusión  $< 4.2$  cm H<sub>2</sub>O



## - PRUEBA DE RESPIRACIÓN ESPONTANEA CON O2 EN T.

El aumento de la frecuencia respiratoria es un índice muy precoz y sensible del fracaso de la desconexión, aunque presenta el inconveniente de ser poco específico. El desarrollo de una taquipnea se ha observado que va asociado a un descenso del volumen corriente. En un estudio se evidenció que el fracaso de la desconexión iba asociado a un volumen corriente  $< 300$  ml (9). Mejor valor predictivo se obtiene cuando se combinan ambos índices, como ocurre en el índice de “respiración rápida superficial”, expresado por el cociente  $Fr/Vt$ . Este índice evaluado prospectivamente, mostró que un valor por debajo de 105 r.p.m. /l tenía un alto poder predictivo (valor predictivo positivo y negativo 0,78 y 0,95 respectivamente). Este índice tiene la ventaja de ser fácil de medir, es independiente del esfuerzo y de la cooperación del paciente, tiene un valor umbral alrededor de 100 que es fácil de recordar. La mayoría del resto de los índices tienen una eficacia dudosa.

## INDICES INTERGRADOS

El fracaso en la retirada de la ventilación mecánica tiene causas diversas, por lo tanto un solo índice que evalúe una única función es lógico que tenga un bajo poder predictivo. Se piensa que los índices con capacidad para evaluar múltiples factores tendrán una mayor capacidad predictiva.

Se han definido varios índices integrados, entre ellos destacan:

**Índice CROP**, integra la medida del intercambio pulmonar de gases y hace una valoración de las fuerzas a las que está sometido el sistema respiratorio y la capacidad de los músculos respiratorios para hacerles frente. El índice CROP (Compliance, Frecuencia, Oxigenación, Presión), su cálculo se deduce de la expresión:

**CROP = [(C. dinámica x P.máxima x PaO<sub>2</sub>/PAO<sub>2</sub>)]/ Frecuencia.**

Este índice debe de tener un valor  $> 13$  ml/resp.m.. Su poder predictivo es bueno (positivo 0,71, negativo 0,70) (19,20).

**Índice Desconexión**, está basado en el principio de que el resultado de la desconexión depende de 2 variables: la *resistencia ventilatoria* y la *eficacia del intercambio de gaseoso*.

La *resistencia ventilatoria* se calcula a través del IPT (índice Presión-Tiempo):

$$IPT = P_{\text{ciclo}} / P_{\text{insp, máxima}} \times T_i / T_{\text{tot}}$$

$P_{\text{ciclo}}$  = Presión necesaria para generar cada respiración.

$P_{\text{insp, máxima}}$  = Presión inspiratoria máxima.

$T_i / T_{\text{tot}}$  = Tiempo inspiratorio sobre tiempo total.

$P_{\text{ciclo}}$  se estima a través de la compliance dinámica y el volumen circulante durante la respiración espontanea.

$$P_{\text{ciclo}} = 1 / C_{\text{dinámica}} \times V_{\text{tidal espontaneo}}$$

La *eficacia del intercambio gaseoso* se calcula a través del índice VE 40, ventilación minuto necesaria para mantener la PaCO<sub>2</sub> a 40 mmHg:

$$VE_{40} = VE_{V.M.} / \text{Peso} \times PaCO_2 V.M. / 40$$

VE<sub>vm</sub> = Ventilación minuto del ventilador.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



$PaCO_2 \text{ vm} = PaCO_2$  del paciente en ventilación mecánica total.

El índice de desconexión se establece a través de la combinación del índice de resistencia y el índice de intercambio:

**Índice de desconexión =  $IPT \times (VE_{40} / V_t \text{ espontáneo})$ .**

Un valor del índice de 4 / minuto tiene un valor predictivo positivo de 0,96 y uno negativo de 0.95.

## PRUEBA DE RESPIRACIÓN ESPONTANEA CON O2 EN T.

Esta prueba sigue siendo uno de los métodos más útiles para valorar la posibilidad de desconexión del ventilador. Desgraciadamente su valoración depende de la objetividad del clínico, presentando el inconveniente de que los signos clínicos no siempre se pueden cuantificar. No obstante en manos expertas sigue siendo uno de los mejores índices predictivos de desconexión.

Para obtener una buena apreciación se debe de realizar un examen clínico minucioso del paciente, cuando este respira espontáneamente. Se valora la frecuencia respiratoria (es un signo muy sensible) (21). El esfuerzo respiratorio del paciente se pone en evidencia por los llamados signos de fatiga muscular o fallo de la bomba muscular espiratoria: dilatación de los orificios nasales, utilización de los músculos respiratorios accesorios (esternocleidomastoideo), depresión de los espacios supraesternales e intercostales y el movimiento paradójico de la caja torácica y abdomen. Se evalúan además otros signos como el grado de disnea, nivel de conciencia, presión arterial, frecuencia y ritmo cardiaco. A destacar que la cianosis no es un signo clínico muy preciso. Los **signos de intolerancia se definen:**

Frecuencia respiratoria  $> 35$  rpm durante más de 5 minutos

$SaO_2 < 90\%$  durante más de 2 minutos con buena señal del pulsioxímetro

Aumento mantenido de la frecuencia cardiaca un 20 % respecto a la basal

TAS  $> 180$  o  $< 90$  mmHg

Signos de la fatiga muscular o fallo de bomba arriba enunciados

Si se cumple 1 solo de estos criterios se debe reconectar al paciente a la ventilación mecánica.

Si el paciente tolera un periodo entre 30-120 minutos sin presentar los signos de intolerancia, se considerará al paciente desconectado de la ventilación mecánica, el planteamiento siguiente sería decidir la extubación.

Como resumen a los índices predictivos, podemos concluir que la mayoría de ellos tienen una eficacia dudosa. Solo se consideran con una eficacia aceptable los índices: Frecuencia /  $V_t$  (el más ampliamente estudiado),  $P_{01}/MIP$  (presión de oclusión/máxima presión negativa inspiratoria), compliancia, frecuencia respiratoria, oxigenación, CROP. La validez de estos índices es aceptable para



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



pacientes con tiempos de ventilación mecánica entre 36-48 horas, tienen un bajo poder predictivo en tiempos superiores a los 8 días. En pacientes ancianos el poder predictivo es todavía menor. Estos índices raramente son útiles en incrementar la probabilidad de éxito en el destete, a veces incluso pueden guiar a una reducción moderada en la probabilidad de éxito en el destete. (22)

## EFFECTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA EN EL DIAFRAGMA

Es un hecho demostrado que la inactividad del músculo esquelético provoca una atrofia muscular, junto a cambios bioquímicos e histioquímicos, los cuales van seguidos de una pérdida de fuerza (23). En los pacientes sometidos a v. mecánica y bien adaptados al ventilador, la inactividad de los músculos se detiene como lo demuestra la ausencia de actividad eléctrica diafragmática en los registros electromiográficos (24). Visto lo anterior es de presuponer que la v. mecánica en estas circunstancias se siga de una atrofia diafragmática y que ello pueda ser una de las causas del fracaso de la desconexión (25), sobre todo en situaciones de v. mecánica prolongada con nulo esfuerzo ventilatorio del paciente. Hoy día existe evidencia acumulada de que las dificultades en el destete están asociadas a fallo de los músculos respiratorios. Aunque la ventilación mecánica ha sido asociada como protectora del diafragma frente a la injuria en el sarcolema provocada por la sepsis (26), por el contrario existe conciencia de la cantidad de daño inducido por la propia v. mecánica, en particular la disfunción muscular inspiratoria. La presencia de fatiga muscular se ha encontrado en pacientes recuperándose de fallo respiratorio agudo (27,28,29,30,31) ,así , la electromiografía del diafragma mostraba una reducción de la ratio alta/ baja frecuencia en pacientes que presenta dificultades en desconexión de la v. mecánica. Similarmente, un descenso en la actividad electromiográfica del diafragma se ha observado en pacientes durante la ventilación controlada que se están recuperando del fallo respiratorio agudo y en los cuales se producen fracasos en los intentos de desconexión (30). Los pacientes con EPOC que presentan dificultades en destete la ratio de presión transdiafragmática era mayor (32,33). Por lo tanto las dificultades en el destete parecen estar asociadas con la debilidad de los músculos inspiratorios y una reducción de la capacidad de resistencia (31,34). Finalmente, la combinación de ventilación mecánica con relajantes musculares y/o altas dosis de corticoides se ha asociado con significativa miopatía (35,36,37,38,39,40), la debilidad muscular varía de media a severa, la biopsia muscular muestra atrofia generalizada de la fibra, necrosis de miofibrillas y desorganización con pérdida de filamentos gruesos de miosina y vacuolización

Recordemos que el diafragma es un músculo esquelético mixto, con un 40% de fibras Tipo I (resistentes a la fatiga), 22% fibras Tipo IIa (sensibles a la fatiga) y 33% de fibras Tipo IIb (resistentes a la fatiga). Parece ser que la inactividad afecta más a las fibras Tipo I.

Estudios en animales, ratas ventiladas mecánicamente durante 48 horas, han mostrado una atrofia muscular diafragmática y una disminución significativa de la fuerza diafragmática (41). Es de esperar que estos efectos puedan ocurrir también en humanos.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



Podemos concluir, asumiendo lo anterior, que una vez estén resueltas las causas que provocaron la instauración de la v. mecánica, se nos plantearían 2 alternativas en la metodología de practicar la desconexión de la v. mecánica. Si el paciente ha estado sometido a un tiempo de v. mecánica inferior a las 72 horas, cabría esperar que no existiera una atrofia muscular y por lo tanto el paciente podría asumir de forma brusca su ventilación espontánea cuando se ha resuelto la causa que provoco la insuficiencia respiratoria y no existen otras causas que provocan aumento de las necesidades ventilatorias o aumento del trabajo respiratorio. En tiempos de v. mecánica > 72 horas es presumible que exista la debilidad muscular y el paciente no pueda tolerar el esfuerzo muscular necesario para realizar su ventilación espontánea, es en esta situación donde está indicada la realización de técnicas de desconexión que comentaremos posteriormente.

## **ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DURANTE LA DESCONEXION**

Antes de introducirnos en las diferentes técnicas de desconexión, es importante conocer la influencia que el circuito ventilatorio y los ajustes ventilatorios pueden tener sobre el éxito de la desconexión, independientemente de la técnica que utilicemos. Es este un capítulo que no se valoró adecuadamente al comienzo de la aplicación de las modernas técnicas de soporte ventilatorio parcial, siendo responsable ello de los irregulares (para algunos nefastos) resultados obtenidos con dichas técnicas, cuando se empleaban en la desconexión.

Actualmente este capítulo está siendo estudiado ampliamente. Con los resultados obtenidos hasta ahora y con una visión a posteriori uno puede comprender la importancia del tema y justificar algunos fracasos en la desconexión.

### **Vais aéreas artificiales.**

El tubo endotraqueal aunque necesario para realizar la ventilación mecánica en la mayoría de las modalidades (salvo la ventilación no invasiva), origina un aumento del trabajo respiratorio durante la respiración espontánea (42), aumenta el esfuerzo inspiratorio del paciente para disparar los ciclos mecánicos asistidos (43) y puede crear o aumentar el nivel de autoPEEP (44)

El gradiente de presión que el paciente debe de crear para poder respirar a través del tubo endotraqueal, está regido por la ley de Poiseulle:

$$\text{Gradiente de Presión} = k \times L \times \text{Flujo gas} / 3,14 \times r^4$$

K = una constante dependiente de la viscosidad del fluido

L = Longitud del tubo

r = Radio del tubo

Según esta fórmula podemos deducir que el gradiente de presión se incrementaría 16 veces si el radio del tubo se reduce a la mitad. El gradiente se duplicaría si la longitud del tubo se dobla o si el flujo se multiplica por 2 (42,43).

Se ha comprobado además que la resistencia a través de los tubos endotraqueales es mayor in vivo que in vitro (44). Existe una distorsión del



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



tubo al pasar por la vía aérea superior, se producen adherencias de secreciones a la pared que disminuyen la luz y se origina además un acodamiento del tubo. Este acodamiento es más pronunciado en los tubos nasales, el mayor acodamiento incrementa la retención y adherencia de las secreciones.

La resistencia del tubo endotraqueal durante la espiración es mayor que en la inspiración. La causa de ello radica en el aumento de la turbulencia del flujo del gas a medida que pasa de la traquea al tubo durante la espiración, en ese momento el flujo debe trasladarse de la traquea con una sección mayor (20-25 mm) al tubo con sección menor (10-12 mm), también el neumotaponamiento por su configuración incrementa la turbulencia. Por estas circunstancias el incremento de la resistencia puede ser notable, se han observado resistencias espiratorias que superan en más del 50 % a la resistencia inspiratoria. El aumento de la resistencia espiratoria puede inducir a la creación de autoPEEP y afectar de forma considerable a la sincronización del paciente con el respirador, provocando que el paciente deba incrementar su esfuerzo inspiratorio, es decir aumentar el gradiente de presión para establecer un flujo de gas en la vía aérea artificial y consiguientemente desencadenar el disparo (trigger) o la apertura de la válvula de demanda.

Todo lo anterior sería un argumento a favor de la utilización de tubos endotraqueales del mayor calibre posible y por otro lado aconsejaría hacia la utilización de la intubación orotraqueal en contra de la nasotraqueal.

### **Sistemas de demanda (válvulas de demanda).**

En los respiradores modernos la sincronización entre el paciente y la máquina, se realiza por medio de los sistemas de demanda. Para que estos sistemas de demanda sean activados, el paciente debe de realizar en primer lugar un esfuerzo suficiente para superar la resistencia del tubo endotraqueal, posteriormente descomprimir el circuito del respirador y superar el ajuste de sensibilidad para activar el sistema de demanda; una vez ha ocurrido esto (según el modo de ventilación establecido) se desencadenará una respiración asistida o bien un flujo a la demanda del paciente.

Esta secuencia de activación del sistema a demanda origina normalmente un retraso entre el inicio de la inspiración del paciente y la administración del volumen del gas que satisfaga la demanda del paciente. Este retraso puede ser considerable, llegando incluso en los respiradores modernos hasta los 250 milisegundos. Como consecuencia del retraso, se produce un incremento del trabajo respiratorio del paciente, que contribuye al denominado trabajo respiratorio “añadido” o “impuesto” (45,46,47). Los fabricantes han trabajado en los últimos años en este aspecto, mejorando el sistema y reduciendo este tiempo de activación. En líneas generales podemos decir que cuanto más moderno es un respirador menor es este trabajo “añadido”. La aplicación de pequeños niveles de Presión Soporte es una medida a emplear para compensar este incremento del trabajo.

Otro aspecto importante es la mejora de la sensibilidad del sistema demanda para activarlo y conseguir minizar el esfuerzo de disparo por parte del





CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



paciente (48). La sensibilidad del sistema debe de colocarse al máximo, siempre y cuando no se produzca mecanismo de autociclado, originado por turbulencias o pequeñas oscilaciones en el circuito del respirador. Ultimamente la modificación en la calidad del disparo, pasando de ser un disparo por presión a un disparo por flujo, ha conseguido reducir ese retraso en el sistema de activación. Una expresión de disparo por flujo es el sistema flow-by o flujo colateral, mediante el mismo se establece un flujo colateral continuo que barre el circuito, ajustado hasta 20 l/m, con una sensibilidad de flujo 1-2 l.p.m., cuando en las proximidades de la válvula espiratoria se detecta un cambio en el flujo colateral, se entiende que el paciente a iniciado un esfuerzo inspiratorio, entonces el sistema de demanda se activa.

### **Humudificación.**

La colocación de humidificadores en el circuito del respirador, puede imponer una resistencia al esfuerzo inspiratorio del paciente. De los diferentes humidificadores existentes en el mercado, parece que los conocidos como humidificadores de superficie no producen obstáculo al flujo del gas, ni afectan al mecanismo de disparo (49). Los humidificadores de burbujeo o de cascada son los que imponen mayor carga al esfuerzo inspiratorio del paciente. Las narices artificiales se quedarían en una situación intermedia, dependiendo su efecto del diseño de la nariz y del tiempo de uso (50).

### **Válvula espiratoria.**

En principio podemos afirmar que todas las válvulas espiratorias imponen una carga a la espiración del paciente, provocada por la resistencia que dichas válvulas presentan al flujo espiratorio (51). Mucho respiradores presentan válvulas espiratorias con una sección menor que los tubos del circuito respiratorio, provocandose una resistencia espiratoria equivalente en algunos casos a la un tubo endotraqueal de 5 mm (52). Las válvulas de la nueva generación de respiradores están controladas electrónicamente y cuando se abren presentan secciones incluso mayores que el circuito del respirador, con lo cual la resistencia que originan es mínima comparada con el resto del circuito.

### **Flujo inspiratorio.**

El flujo máximo inspiratorio proporcionado por el respirador, debe ser lo suficientemente alto para satisfacer las demandas del paciente (53). Téngase en cuenta que cuando un paciente inicia un esfuerzo inspiratorio, el pico de flujo inspiratorio puede ser tan alto como 60-90 l.p.m.. No proporcionar este flujo puede ser motivo de incremento del trabajo respiratorio del paciente, incluso en modalidades ventilatorias que se supone realizan un soporte ventilatorio total (V. asistida). Por otro lado esta deficiencia de flujo es causa frecuente de asincronismo entre el paciente y la máquina.

## **TECNICAS DE DESCONEXIÓN**



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



Como ya comentamos anteriormente, si el paciente ha estado sometido a un tiempo de ventilación mecánica inferior a las 72 horas, una vez resuelto el proceso que provoco la instauración de la ventilación mecánica, es muy probable que el paciente tolere la brusca retirada de la v. mecánica. **La instauración de la PRUEBA DE RESPIRACIÓN ESPONTÁNEA CON O<sub>2</sub> EN T es el método que se debe emplear en primer lugar.** Si el paciente tolera (signos de tolerancia arriba enunciados) un tiempo de alrededor 2 horas (7,8,15,54,55), se puede proceder a la extubación. Cuando el paciente ha tenido un tiempo de v. mecánica muy por debajo de las 72 horas, es muy posible que no sea necesario un tiempo de prueba de 2 horas, por ello hoy día el tiempo se establece entre 30-120 minutos. Un estudio prospectivo, multicéntrico y randomizado de 526 pacientes encontró que las pruebas de respiración espontánea de 30 o 120 minutos eran equivalentes en identificar pacientes que pueden tolerar la extubación y que la frecuencia de reintubación era del 13% a pesar de la duración de la prueba de r. espontánea (56), sin embargo este estudio incluía todos los pacientes considerados para el destete, no aquellos cuyo destete se consideraba dificultoso (57)

Cuando los tiempos de v. mecánica sean superiores a las 72 horas, es cuando están indicadas las modalidades que permiten una retirada progresiva de la v. mecánica, las cuales vamos a comentar a continuación.

### **Una vez al día prueba de respiración espontánea con O<sub>2</sub> en T**

Consiste en repetir la prueba arriba comentada cada 24 horas, si el paciente ha presentado signos de intolerancia en la prueba previa. En el periodo entre las pruebas se deja al paciente conectado al respirador en el modo Asistido/Controlado, proporcionando al paciente un descanso para la posible fatiga desencadenada en la musculatura respiratoria por la intolerancia de la prueba (32). Se considera que un periodo de descanso tan largo como 24 horas puede ser necesario para la completa recuperación de la fatiga muscular (58). No se ha visto que la repetición de estas pruebas con una periodicidad mayor de una vez al día ofrezca ventajas en acelerar la desconexión (8)

### **Periodos intermitentes y progresivos de ventilación espontánea en tubo con O<sub>2</sub> en T.**

Con esta modalidad se alternan periodos de v. mecánica controlada/asistida con periodos de ventilación espontánea, a través del tubo con suplementos de O<sub>2</sub> a una FiO<sub>2</sub> conocida.

Se comienza con un tiempo de v. espontánea de 5-10 minutos, alternando con periodos de conexión al respirador. La tolerancia clínica del paciente se valorará por los signos clínicos (ya comentados) y circunstancialmente algún control gasométrico. Según la tolerancia se prolongaran los tiempos de r. espontánea a 15,30,60 y 120 minutos. Se realizaran periodos de r. espontánea 3-8 por día. Se deben probar incrementos de duración de v. espontánea 2 veces al día, si se observa mala tolerancia se volverá al paso anterior. Los periodos de conexión al respirador serán de 1 hora como mínimo y se realizaran en la modalidad de



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



controlada asistida, no se deberán modificar los parámetros de la ventilación controlada asistida. Se permitirá el descanso nocturno de 8 horas. Cuando el paciente es capaz de tolerar periodos de v. espontánea de 2 horas, se podrá considerar que está desconectado de la v. mecánica y se podrá proceder a la extubación, si no existen contraindicaciones para la misma. En algunos pacientes que hayan requerido tiempos de v. mecánica muy prologados, puede ser aconsejable comprobar la tolerancia por periodos > 2 horas, llegando incluso hasta las 24 horas, antes de considerar al paciente desconectado de la v. mecánica y proceder a la extubación.

Esta modalidad de desconexión presenta la ventaja de la alternancia de periodos de esfuerzo y reposo, permitiendo la recuperación de la fatiga muscular. El sistema empleado ofrece una menor resistencia, tanto al flujo inspiratorio como espiratorio del paciente. No hay limitación del flujo máximo, los picos de flujo inspiratorio del paciente son permitidos. No existe retraso en la entrada del flujo, al contrario de los sistemas a demanda de los respiradores. Una ventaja importante es que se considera una buena prueba para valorar la independencia del paciente de la v. mecánica (59,60), pudiendo de esta forma **detectar rápidamente el paciente que está preparado para desconexión total, no prolongando innecesariamente la v. mecánica**

Entre los inconvenientes de esta modalidad destacan: una menor monitorización, precisando mayor dedicación de la enfermera durante el periodo de r. espontánea. Se piensa que el cambio entre los periodos de v. mecánica y v. espontánea, representa un cambio brusco en el trabajo respiratorio que el paciente no puede asumir. El tubo endotrqueal genera una mayor resistencia al flujo y un incremento del trabajo respiratorio cuando se compara a la respiración sin tubo (61). La abolición de la función glótica durante la intubación, impide el efecto de la PEEP fisiológica que la glotis consigue al actuar como freno espiratorio (62). La aplicación de CPAP durante las fases de ventilación espontánea conseguiría neutralizar este defecto.

La aplicación de CPAP conseguiría pues restablecer la CRF (capacidad residual funcional) que disminuye durante la inspiración con O<sub>2</sub> en T, principalmente en paciente que salen de una insuficiencia respiratoria, donde la tendencia al colapso alveolar y atelectasia es más marcada. La aplicación de CPAP también mejora la compliancia, aumenta la oxigenación y provoca un descenso del trabajo respiratorio (63). En pacientes que por su patología basal presentan atrapamiento aéreo con el fenómeno conocido de autoPEEP o PEEP intrínseca, la aplicación de CPAP conseguiría equilibrar la presión alveolar positiva con la presión en la vía aérea, disminuyendo el esfuerzo inspiratorio del paciente (64). Otra ventaja de la CPAP es que permite una mejor monitorización del paciente (Vt, Vm, Fr, FiO<sub>2</sub>) principalmente si se utiliza un sistema de CPAP con flujo a demanda (realizada por un respirador).

La CPAP no obstante presenta una serie de inconvenientes que conviene conocer. Cuando se trabaja con sistemas de CPAP de flujo a demanda puede existir un incremento del trabajo respiratorio, provocado por el aumento del esfuerzo inspiratorio del paciente para abrir la válvula y por el retraso en la apertura de la válvula (ya comentado en el apartado de sistemas de demanda), este incremento del trabajo respiratorio es muy variable dependiendo de un sistema a



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



otro. Si se utiliza un sistema de CPAP de flujo continuo, este incremento del trabajo respiratorio es mucho menor (65). La aplicación de un pequeño nivel de Presión Soporte en la fase inspiratoria no anula el esfuerzo inspiratorio inicial del paciente, pero sí disminuye algo el trabajo respiratorio en las fases posteriores de la inspiración, lo cual en el computo total hace disminuir el trabajo respiratorio. No obstante un estudio realizado por un grupo español no encontró diferencias en éxito del destete cuando se comparaban los periodos de O<sub>2</sub> en T con soporte de presión de 7 cmH<sub>2</sub>O o sin el (63% en el grupo asignado a tubo en T y 70% al grupo con soporte de presión) (66). Otro inconveniente del CPAP sería el aumento de la resistencia espiratoria provocada por la válvula de CPAP, sobre todo cuando se utilizan altos flujos en el sistema de CPAP a flujo continuo (67).

### **Ventilación mandatoria intermitente sincronizada (S-IMV).**

La S-IMV al disminuir la frecuencia de los ciclos automáticos obliga al paciente a incrementar su ventilación espontánea. Esta disminución progresiva y continuada permitiría una retirada gradual de la v. mecánica (desconexión).

Pese a las críticas que la IMV ha recibido, sigue siendo una modalidad ampliamente utilizada en todo el mundo, como técnica de desconexión. Utilizada en manos expertas y asociada siempre a la Presión Soporte puede dar resultados. El nivel de Presión Soporte asociado ha de ser el mínimo para vencer la resistencia del tubo endotraqueal y la sobrecarga del trabajo respiratorio que provoca el sistema de demanda. Este nivel de Presión Soporte lógicamente no está preestablecido y va depender del tamaño del tubo endotraqueal y de cada respirador, solo la experiencia del clínico es la que puede determinar ese nivel de presión.

Como técnica de desconexión en principio la S-IMV se programa con un V<sub>t</sub> similar al que el paciente llevaba en Asistida/Controlada y con una frecuencia algo inferior, lo suficiente para que el paciente inicie ciclos de respiración espontánea. La PEEP se mantiene en niveles similares a la ACV. La tolerancia clínica del paciente (aceptable confort del paciente, no disnea, no polipnea, no signos de incremento del trabajo respiratorio) y controles gasométrico correctos (no hipoxemia relativa, pH y PaCO<sub>2</sub> en los niveles correctos para cada paciente) marcarán la velocidad con la cual se irá disminuyendo la frecuencia de S-IMV. Se debe puntualizar que en pacientes con EPOC existirá una tendencia a mantener niveles de PaCO<sub>2</sub> elevados (como es habitual en ellos). Los pacientes que han sido sometidos a trat<sup>o</sup> intensivo con diuréticos (tipo furosemida) presentarán una alcalosis metabólica y en ellos también existirá una tendencia a elevar la PaCO<sub>2</sub> (acidosis respiratoria compensadora). En ambos tipos de pacientes los niveles elevados de PaCO<sub>2</sub> no deberán detener el descenso de la frecuencia mandatoria (valorar siempre el pH). La PEEP se reduce independientemente según los valores de oxigenación. Se considera que el paciente está desconectado cuando la frecuencia de S-IMV es inferior a 4 rpm durante 24 horas.

Como técnica de desconexión la S-IMV está siendo sustituida hoy día por la Presión Soporte (PS), debido al mejor confort y sincronización del paciente con la máquina. La PS presenta una mejor rehabilitación de los músculos respiratorios. Por otro lado hoy se piensa que la intermitente asistencia respiratoria



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



que la SIMV produce tiene una dudosa eficacia en lo que respecta al reposo de los músculos respiratorios. Existe evidencia de que la respuesta del sensor respiratorio no se adapta de respiración en respiración a los cambios en la carga de la mecánica respiratoria, así es difícil de creer que la musculatura respiratoria trabaje al máximo en los ciclos espontáneos y repose en la ciclos mandatarios (68,69). Los 2 únicos estudios extensos, randomizados y controlados comparando SIMV, Soporte de Presión y Prueba de O<sub>2</sub> en T claramente demuestran que la SIMV es la más prolonga el tiempo de destete. No obstante la S-IMV presenta la ventaja de garantizar el V<sub>t</sub> en los ciclos máquina, al contrario que la PS. Todo ello hace que la S-IMV en mi opinión personal siga ocupando un espacio intercalado en la transición de VCM/ASISTIDA a PS. En esa fase intermedia donde la mecánica pulmonar del paciente (compliance, resistencia), recién salido de una insuficiencia respiratoria, es inestable, tener la garantía de que los ciclos máquina (mandatarios) aseguran un volumen tidal, puede ser interesante. Lo importante es no prolongar excesivamente la duración de esta fase intermedia y reducir a medida que el paciente se estabiliza, la frecuencia de S-IMV, para dejar al paciente prácticamente solo con PS. Utilizada de esta forma la S-IMV da buenos resultados y no parece que prolongue la desconexión.

### **Soporte de Presión (SP).**

Esta modalidad es la que más auge está teniendo hoy día, como técnica de desconexión. Esta modalidad proporciona una asistencia por presión, sincronizada con al demanda respiratoria del paciente. Existe una buena interacción entre el paciente y la máquina, resultando de la misma un flujo, V<sub>t</sub>, tiempo inspiratorio y frecuencia respiratoria determinados (70).

Como modalidad a emplear en la desconexión la PS presenta varias ventajas, en primer lugar la mejor sincronización del paciente-máquina que provoca el confort y disminuye la lucha del paciente con el respirador. Consecuentemente a lo anterior hay una disminución de la necesidad de sedación. Los efectos deletéreos hemodinámicos son menores debido a la disminución de la presión intratorácica (estas presiones son intermedias entre la v. espontánea y la v. controlada). El reentrenamiento de los músculos respiratorios se encuentra favorecido, realizándose esfuerzos de baja presión y alto volumen (71). Otra ventaja fundamental es que la asistencia a estos músculos se realiza en todos los ciclos, permitiendo que el paciente establezca un patrón respiratorio regular y rentable desde el punto de vista energético, a diferencia de la S-IMV donde la diferente ayuda entre los ciclos mandatorios y los ciclos espontáneos no es discriminado por los centros respiratorios del paciente, estableciendo dicho paciente un patrón ventilatorio con un coste energético mucho mayor del que correspondería teóricamente al soporte ventilatorio que proporciona la S-IMV.

Para programar la PS como técnica de desconexión, se deberá establecer un nivel de soporte de presión similar a la presión pico que se obtenía en la modalidad previamente utilizada (VCM/ASISTIDA, S-IMV) o bien se instaurará aquel nivel de presión que permita obtener un V<sub>t</sub> 8-12 ml/kg. Posteriormente a un periodo de observación, que permita establecer un patrón respiratorio regular, se deberán de practicar ajustes del nivel de presión para obtener una frecuencia de



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



20-25 r.p.m. Para algunos la activación del músculo esternocleidomastoideo es indicio de un SP insuficiente (72). Se considera que el paciente está desconectado cuando tolera niveles de SP entre 5-10 cmH<sub>2</sub>O (73).

En un estudio multicéntrico, realizado en una serie de pacientes cuya desconexión se consideraba difícil, se compararon tres técnicas de desconexión: pieza en T, S-IMV y SP (74). Los pacientes fueron distribuidos al azar en cada grupo y tenían características iguales. La eficacia de las diferentes técnicas fue valorada a los 21 días. El resultado mostró que un nº de pacientes más elevado era desconectado con el SP, comparado con las otras dos modalidades, también se observó que la duración de la ventilación y la estancia en el hospital fue más corta con el SP. Estos resultados eran estadísticamente significativos, pero los autores no pueden excluir que las otras modalidades no hayan sido utilizadas de forma óptima.

Los dos grandes estudios que se han realizado hasta el presente comparando las técnicas de desconexión (7,8) Uno concluyó que la utilización de ventilación controlada asistida y la prueba diaria de respiración espontánea con O<sub>2</sub> en T era la técnica más efectiva. En el otro estudio se demuestra que una reducción gradual del soporte de presión parece ser lo más óptimo. Estos resultados son aparentes, ya que la forma en que estas diferentes técnicas son usadas era probablemente más importante que el actual modo de ventilación. Así en el estudio mostrando superioridad asistida/controlada/prueba de espontánea, una prueba prolongada de espontánea se realizaba en el día 1, mientras que los pacientes en el protocolo de soporte de presión tuvieron que ser destetados de una forma más conservadora, con reducciones pequeñas y poco frecuentes de nivel del soporte. Por el contrario, en el estudio mostrando superioridad del soporte de presión, las reducciones en el nivel de soporte eran más agresivas, sin embargo la duración de las pruebas de respiración espontánea en el protocolo de asistida/controlada/prueba de respiración espontánea eran inicialmente restringidas a breves ensayos y podían solo ser prolongadas después de varios días. Una conclusión que puede extraerse de estos estudios es que quizás el más lógico camino de aproximarse al destete es el uso de una combinación de pruebas diarias de respiración espontánea con O<sub>2</sub> en T entremezcladas con un modo confortable de ventilación como puede ser el soporte de presión, el paciente será retirado de la ventilación mecánica si tolera la prueba, en caso contrario será conectado al soporte de presión con un nivel que origine un patrón respiratorio regular en el paciente (frecuencia respiratoria 20-25 rpm).

### **Mandatoria minuto volumen (MMV).**

Fue introducida por Hewlett y col en 1977 como intento de facilitar la desconexión. Se pretendía superar a la IMV buscando evitar una de los defectos que esta tiene, como es el no garantizar un Soporte ventilatorio total, en el caso de una hipoventilación por depresión o agotamiento del paciente.

Esencialmente la MMV es una modificación de la S-IMV, en al cual el ventilador decide cuentas ventilaciones mandatorias deben de ser entregadas al paciente. En la MMV el ventilador garantiza un volumen minuto de ventilación (siendo establecido por el clínico) si la ventilación espontanea del paciente cae por



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



debajo del volumen prefijado. El respirador va continuamente monitorizando el  $V_t$  y la frecuencia respiratoria del paciente (consecuentemente su volumen minuto), si en un instante el volumen minuto está por debajo del nivel predeterminado, la maquina entregará el volumen que falta en forma de ciclos automáticos con el  $V_t$  prefijado. El objetivo pues de esta modalidad es mantener un volumen minuto preestablecido.

A diferencia de la S-IMV donde el nº de ciclos automáticos (mandatorios) es fijo e independiente de la capacidad ventilatoria del paciente, en la MMV el nº de ciclos mandatorios dependerá de dicha capacidad del paciente, pudiendo oscilar la acción de la máquina entre un soporte ventilatorio total, parcial o nulo.

A pesar de ser la MMV un buen proyecto como modalidad ventilatoria que se aproxima al ideal ( adaptar la ventilación mecánica a las necesidades reales en cada momento y complementar la ventilación espontanea del paciente), a lo largo de estos años no ha tenido la aceptación que en principio se esperaba, La causa de ello radica en que la MMV en sus inicios no valoraba la eficacia de la ventilación espontanea del paciente, es decir, valora el volumen minuto ( $V_T \times F$ ), pero no el  $V_t$  y la frecuencia que determina ese volumen minuto. Todos sabemos que en la insuficiencia respiratoria es frecuente observar un volumen minuto elevado, pero con  $V_t$  que apenas sobrepasa el espacio muerto y frecuencias  $> 33$ rpm. Con la MMV en estas circunstancias se daría la paradoja de no desencadenarse ciclados mecánicos. Algunos respiradores realizan una monitorización continua del  $V_t$  y la frecuencia del paciente durante la MMV, estableciéndose una señal de alarma cuando se alcanzan determinados valores. Pero esta señal de alarma no modifica el volumen minuto prefijado cuando ella es activada, con lo cual el problema sigue sin resolverse. En algunos respiradores cuando se detecta que los  $V_t$  son pequeños y presumiblemente inefectivos, entonces el ventilador revierte a una frecuencia de seguridad (backup) con un  $V_t$  y frecuencia previamente seleccionados.

Se ha dicho respecto a este modelo que el V minuto no es un buen indicador de la ventilación alveolar, aconsejándose la utilización del  $CO_2$  medido al final de la espiración (capnografía) como una alternativa para controlar el funcionamiento de la MMV. Esto último no ha sido eficaz por que la medida del  $CO_2$  es bastante imprecisa como patrón de la ventilación alveolar en pulmones patológicos. La utilización de cánulas intravasculares que miden directa y continuamente la  $PaCO_2$  puede ser una posibilidad, aunque está por demostrar.

La experiencia clínica con el manejo de la MMV enseña que mucho pacientes se instalan en una situación confortable de combinación de ventilación espontanea y ciclos mandatorios, de tal forma que ellos no progresan en su ventilación espontanea. Como consecuencia de ello el volumen minuto mínimo mandatorio debe de ser continuamente modificado para forzar al paciente a que vaya asumiendo mayor porcentaje del volumen minuto total. En este sentido no se diferenciaría de la S-IMV. Según esto la MMV no cumple el motivo por el cual fue creada, como es que el paciente fuera asumiendo progresivamente su ventilación espontanea sin tener que hacer modificaciones en la programación de los mandos del respirador (el paciente se desconectaría solo sin la asistencia del clínico).



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



Se han realizado modificaciones de la MMV en algunos respiradores modernos, haciendo que las entregas mandatorias de la máquina, en vez de ser cicladas por volumen sean cicladas por presión. No parece que este mecanismo sea más efectivo, pues el respirador sigue mostrando el mismo defecto operacional frente a frecuencias rápidas del paciente.

La MMV funcionando de esta forma, con el objetivo de mantener el V. minuto, utilizada como modalidad de desconexión, parece que da buenos resultados en aquellos pacientes que se presuponen van a tener una desconexión fácil y rápida, como es el postoperatorio inmediato y también en aquellos que puedan tener fluctuaciones en su estímulo respiratorio. No obstante esta modalidad no ha tenido una gran aceptación.

Ultimamente se han producido algunas modificaciones en el diseño de la MMV, utilizando el SP (MRV ventilación con frecuencia mandataria). En esta modificación el parámetro a controlar sería la frecuencia respiratoria del paciente en vez del V.minuto. El nivel del SP se establecería automáticamente (servocontrol) para obtener la frecuencia objetivo deseada. Cuando la frecuencia respiratoria del paciente detectada es superior a la frecuencia objetivo, el respirador aumenta el nivel de SP y la inversa. Este parece ser un método más efectivo de aplicar la MMV cuando se presentan en el paciente incrementos del trabajo respiratorio o una variación en la producción de CO<sub>2</sub>. Sin embargo este servocontrol de la frecuencia presenta algunos inconvenientes:

a) El correcto funcionamiento de esta modalidad presupone una respuesta normal a los estímulos respiratorios. En pacientes que presentan una respuesta anormal, con frecuencias respiratorias inferiores a la frecuencia objetivo, se puede producir un descenso del SP ( subsiguientemente de Vt) con riesgo de hipoventilación.

b) En pacientes con un estímulo respiratorio anormalmente elevado (pacientes en coma) puede existir un incremento elevado del SP, provocando una hiperventilación.

Visto todo lo anterior, parece que el control aislado del V. minuto o de la Frecuencia respiratoria, no responde correctamente ante todas las situaciones clínicas que se puedan presentar. Hoy se piensa que el control simultáneo de la Frecuencia y del Vt es más deseable, siendo para ello necesario la utilización de bucles de servocontrol más complejos (*bucles multiparamétricos*).

Entre las modalidades que utilizan *bucles de servocontrol multiparamétricos* tenemos:

**“Volumen asistido”**. En esta modalidad los parámetros controlados (objetivo) son la Frecuencia y el Vt mínimo (por lo tanto el V minuto mínimo). El respirador regula el nivel de Soporte Presión para obtener aquellos objetivos. En cada momento el Vt resultante se compara con el Vt objetivo. Si el Vt resultante > Vt objetivo el SP se disminuye y al contrario. Si la Fr resultante < Fr objetivo el respirador calcula un nuevo Vt objetivo sobre la base del V. minuto objetivo y la Frecuencia resultante, aumentando el nivel del SP. Esta modalidad se ha incorporado a algunos de los respiradores existentes en el mercado actual, se está a la espera de resultados clínicos como técnica de desconexión.

**“Ventilación proporcional asistida “** (PAV). En esta modalidad la presión generada por el respirador es proporcional a la transferencia del gas efectuada por





CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



el propio esfuerzo inspiratorio del paciente. La PAV es el primer sistema servocontrolado que tiene por objetivo adaptarse al esfuerzo muscular del paciente. La ayuda que el paciente recibe en forma de presión, es mayor conforme el esfuerzo inspiratorio del paciente se incrementa, el respirador deja de aumentar su ayuda cuando el paciente detiene su esfuerzo inspiratorio. Como crítica podemos decir que en esta modalidad no se previene el riesgo de hipoventilación cuando el paciente presenta un estímulo respiratorio deficiente y existen alteraciones neuromusculares. Esta modalidad se ha incorporado recientemente a un respirador comercial, se está a la espera de resultados clínicos en la desconexión.

Otras modalidades como ASV, BIPAP y PEA son una alternativa al Soporte de Presión

Es de esperar la aparición más mejoras en los sistemas multiparamétricos, permitiendo la introducción de algoritmos computerizados que adaptan el soporte ventilatorio a las necesidades del paciente, manteniendo el paciente en una zona confortable, pero que a su vez intenten una reducción del soporte ventilatorio, evalúen la respuesta del paciente y según ello modifiquen el soporte, detectando así rápidamente el paciente que puede ser desconectado (Smart Care) (75,76)

### **Ventilación no invasiva**

Esta modalidad ofrece un futuro prometedor. Los estudios hasta el presente han mostrado buenos resultados cuando se le ha aplicado a pacientes que son inmediatamente extubados pese al fallo de la prueba de respiración espontánea, el problema es que quizás esto no se puede generalizar para todo tipo de patologías (77,78). Los pacientes que mejor han respondido a esta modalidad han sido los EPOC con descompensación respiratoria. Sería deseable que esta modalidad acelerara la desconexión y extubación en pacientes donde estas premisas son requeridas con más apremio, como ocurre en pacientes inmunodeprimidos y transplantados. Hasta el presente no existen estudios que muestren evidencia en este sentido.

### **Protocolos de desconexión**

La aplicación de protocolos multidisciplinarios (médicos, ats . fisioterapeutas) en el destete ha demostrado ser efectiva, diversos estudios muestran una reducción en el tiempo de ventilación mecánica (79,80,81,82,83). La aplicación de otros protocolos también pueden influenciar en el proceso del destete. El uso de sedación sabemos que puede tener gran influencia en el tiempo de la desconexión (84,85), así el uso de un protocolo de sedación estableciendo un Ramsey 3 score y permitiendo sedación continua solo bajo ciertas circunstancias puede reducir el tiempo promedio de ventilación mecánica de 124 horas a 89 horas.

### **Unidades de desconexión**

El número de pacientes que permanecen ventilador-dependientes a pesar de los máximos cuidados y los intentos más agresivos de retirar la ventilación mecánica



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



esta incrementándose en las unidades de críticos. En EEUU hasta un 20% de pacientes médicos de las unidades de críticos cumplen el criterio “ventilación mecánica prolongada” (21 días). Los avances en tratamientos y tecnologías han salvado pacientes que sin duda hubieran muerto décadas antes, pero que ahora viven con importante disfunción pulmonar. En estos pacientes, bien se continua su tratamiento en la unidad de críticos o bien son trasladados a su domicilio con el cuidado de personal domiciliario. Se piensa que continuar la atención de estos pacientes en la unidad de críticos con su concepto de terapia agresiva no es lo más adecuado para destetar un paciente que precisa de una lenta recuperación. Hoy día se ha impuesto en algunos países la creación de unidades que facilitan la desconexión. Gracias a estas unidades muchos pacientes que se les consideraba imposibles de desconectar han conseguido ser liberados de la ventilación mecánica (86,87).

Un estudio ha mostrado que algunos pacientes con ventilador-dependencia prolongada eran liberados del ventilador hasta 3 meses después de la intubación (un paciente 6 meses)(86). El peso de la evidencia sugiere que son necesarios varios meses de ensayo de intentos de desconexión para que un paciente sea declarado ventilador-dependiente.

La técnica de desconexión en estos pacientes difiere de la arriba comentada. No se practica en ellos la prueba de espontánea cada 24 horas, pues descompensa bastante al paciente y es improbable que se recupere en las 24 horas siguientes. Se prefieren las técnicas de desconexión progresiva (S-IMV, SP). Cuando el paciente se encuentra en el punto de soporte ventilatorio a la  $\frac{1}{2}$  de sus necesidades, se inician periodos intermitentes y progresivos de ventilación espontánea con O<sub>2</sub> en T. La traqueotomía es habitual en estos pacientes.

### **Guías basadas en la evidencia para la desconexión de la ventilación mecánica**

En 1999 McMaster University Outcomes Research Unit realizó una búsqueda de la evidencia en una revisión de la literatura sobre desconexión de la ventilación mecánica. Utilizando esta revisión el American Collage of Chest Physicians, the Society of Critical Care Medicine and The American Association for Respiratory Care crearon un guía clínica basada en la evidencia (88), la cual incluye los siguientes principios:

**Recomendación 1:** En pacientes que requieren ventilación mecánica por un tiempo > 24 horas, se realizará una búsqueda de las posibles causas que puedan contribuir a esa dependencia. Esto es particularmente verdad en pacientes que han fallado los intentos de retirada del ventilador. Revertir todas las posibles causas ventilatorias y no ventilatorias es una parte integral del proceso de desconexión. Evidencia Grado B

**Recomendación 2:** Todo paciente que este recibiendo ventilación mecánica por fallo respiratorio se realizará una valoración formal para la discontinuación potencial, si los siguientes criterios se cumplen:



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



1. Evidencia de que el proceso causal del fallo respiratorio ha revertido algo
  2. Adecuada oxigenación:  $Pao_2/FiO_2 > 150-200$  mmHg,  $PEEP < 5-8$  cmH<sub>2</sub>O,  $FiO_2 < 0,4-0,5$  y  $pH > 7,25$
  3. Estabilidad hemodinámica definida por la ausencia de activa isquemia miocárdica y la ausencia de hipotensión importante no requiriendo terapia vasopresora o solo en dosis bajas tales como dopamina o dobutamina
  4. El paciente es capaz de iniciar un esfuerzo inspiratorio
- La decisión de usar estos criterios debe de ser individualizada. Algunos pacientes que
- No cumplen todos estos criterios (pacientes con hipoxemia crónica, con valores por
- debajo del umbral) pueden estar preparados para ensayos de discontinuación de la ventilación mecánica. Evidencia Grado B.

Recomendación 3: La valoración formal de la discontinuación debe de ser realizada

durante la respiración espontánea mejor que cuando el paciente está recibiendo un sustancial soporte ventilatorio. Un breve periodo inicial de respiración espontánea puede ser usado para valorar la habilidad para hacer una prueba formal de respiración espontánea. Los criterios con los cuales valoramos la prueba de respiración espontánea son el patrón respiratorio, el adecuado intercambio de gases, estabilidad hemodinámica y subjetivo confort del paciente. Pacientes que toleran 30-120 minutos de prueba sugerirá la consideración de ser desconectados permanentemente del ventilador. Evidencia Grado A.

Recomendación 4: En pacientes donde el soporte ventilatorio ha sido exitosamente retirado, la decisión de la extubación estará basada en la valoración de la vía aérea permeable y la habilidad del paciente para proteger dicha vía. Evidencia Grado C.

Recomendación 5: Si el paciente falla en la prueba de Respiración espontánea, se deben de determinar las razones por las cuales el paciente requiere el soporte ventilatorio. Una vez que las causas de este fallo han sido corregidas una prueba de respiración espontánea será realizada cada 24 horas. Evidencia Grado A.

Recomendación 6: Los pacientes que fallan la prueba de respiración espontánea recibirán un estable, confortable y no fatigante forma de soporte ventilatorio. Evidencia Grado B.

Recomendación 7: Estrategias en anestesia/sedación y manejo del ventilador se utilizaran para realizar un extubación rápida en pacientes quirúrgicos. Evidencia Grado A.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



Recomendación 8: Protocolos designados por personal paramédico (ats, fisioterapeutas) serán desarrollados y aplicados en las unidades de críticos. Estos protocolos también intentarán una optimización de la sedación. Evidencia Grado A.

Recomendación 9: La traqueostomía será considerada después de un periodo inicial de estabilización en el ventilador cuando es presumible que el paciente requerirá prolongada asistencia ventilatoria. La traqueostomía será entonces realizada cuando el paciente se beneficie de una de las cualidades de este proceder. Los pacientes que se pueden beneficiar de una traqueostomía temprana son los siguientes:

Aquellos que requieren un alto nivel de sedación para tolerar la intubación translaríngea.

Aquellos con mecánica respiratoria alterada en quienes un tubo de traqueotomía teniendo menos resistencia puede reducir el peligro de sobrecarga muscular.

Cuando se puede obtener un beneficio psicológico derivado de la habilidad para comer, comunicarse y movilidad.

Evidencia Grado B.

Recomendación 10: Los pacientes médicamente estables para el transporte y en quienes han fallado los continuos intentos de desconexión en la unidad de cuidados críticos serán transferidos a unidades de especiales para la desconexión, las cuales han demostrado éxito y seguridad en la desconexión de pacientes difíciles.

Recomendación 11: A menos que exista clara evidencia de enfermedad irreversible (daño a nivel medular alto, avanzada esclerosis lateral amiotrófica), todo paciente que requiera prolongado soporte ventilatorio por fallo respiratorio no será considerado ventilador-dependiente hasta los 3 meses de intentos de desconexión fallidos. Evidencia Grado B.

Recomendación 12: Con pacientes que requieren ventilación mecánica prolongada (>21 días de ventilación mecánica), el destete se hará lento usando modos de soporte ventilatorio parcial (S-IMV, Soporte de presión y posteriormente periodos intermitentes de gradual incremento de la respiración espontánea. Evidencia Grado C.

## **DIFICULTADES PARA LA DESCONEXIÓN. CAUSAS.**

De forma general podemos decir que las principales causas que hacen difícil la desconexión son:



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



1) **Aumento de las necesidades ventilatorias.** Esto puede ser causado por la fiebre, sepsis, agitación, dolor, ansiedad, acidosis, ingesta demasiado elevada de hidratos de carbono y en general todo aumento exagerado del consumo de oxígeno y producción de CO<sub>2</sub>

2) **Aumento del trabajo respiratorio**, provocado por:

a) Disminución de la compliancia toracopulmonar (secuelas de SDRA, edema, atelectasia, infecciones, tumores, fracturas costales, derrame, neumotorax, cifoescoliosis, ascitis, obesidad, autoPEEP.....)

b) Aumento de la resistencia en la vía aérea (obstrucción TET, edema, espasmo bronquial....).

3) **Reducción de la capacidad de la bomba muscular respiratoria:**

Atrofia muscular, Miastenia gravis, Guillain-Barre, Esclerosis lateral, Botulismo, Lesión del n. frénico, Lesión medular, Efecto de curarizantes, Miopatías, Alteraciones electrolíticas (Descensos de Mg, Ca, P, K), Malnutrición, Intoxicaciones medicamentosas, Enfermedades del tronco cerebral, Alcalosis metabólica, Sedación excesiva, Hipotiroidismo, Privación de sueño, Aporte insuficiente de O<sub>2</sub> al músculo (hipoxemia grave, descenso hemoglobina, descenso gasto cardiaco), Insuficiencia cardiaca izquierda.

#### **AutoPEEP (PEEP intrínseca).**

Este fenómeno merece un comentario aparte, debido a la incidencia tan importante que tiene en las dificultades de la desconexión de los pacientes con EPOC. En este tipo de pacientes (enfisematosos) existe una limitación de la capacidad de retracción elástica pulmonar durante la espiración, con limitación al flujo espiratorio. Todo ello provoca un vaciado insuficiente alveolar en la espiración, creándose una nueva situación de equilibrio (aumento de la CRF) y un aumento de la presión intraalveolar al final de la espiración (autoPEEP). Este fenómeno es mucho más acusado cuando dichos pacientes son sometidos a v. mecánica (89). Se han detectado valores de autoPEEP de 2-22 cmH<sub>2</sub>O.

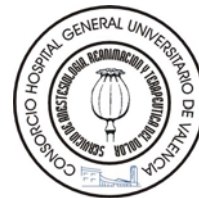
El aumento de la presión alveolar provoca una sobrecarga elevada a los músculos inspiratorios, cuando se intenta la ventilación espontánea de dichos pacientes durante la desconexión. En la fase de inspiración espontánea, si se mantiene una presión en el circuito inspiratorio similar a la atmosférica, el paciente debe de realizar un sobreesfuerzo inspiratorio y reducir su presión alveolar positiva (autoPEEP) hasta un nivel subatmosférico, para así crear un gradiente, provocando la entrada de un flujo inspiratorio. Todo ello puede provocar un agotamiento de la resistencia de los músculos respiratorios y un fracaso de la desconexión (90)

En este tipo de pacientes la aplicación de una presión positiva al final de la espiración (PEEP) durante la ventilación mecánica asistida o de una CPAP si es ventilación espontánea, pueden disminuir el umbral de carga inspiratoria impuesta por la autoPEEP, no originándose un mayor grado de insuflación, si estos niveles de PEEP/CPAP son inferiores al valor de la autoPEEP (91).

#### **BIBLIOGRAFIA**



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



1. Tahvanainen J, Salmenper M, Nikki P. Extubation criteria after weaning from intermittent mandatory ventilation and continuous positive airway pressure. *Crit Care Med* 1983; 11:702-707.
2. Tomilson JR, Miller KS, Lorch DG, Smith L, Reines HD, Sahn SA. A prospective comparison of IMV and T-piece weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1989; 96: 348-352.
3. Esteban A, Alia I, Ibañez J, Benito S, Tobin MJ. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994; 106: 1188-1193.
4. Celli B, Home mechanical ventilation. In Tobin MJ. Ed. *Principles and Practice of Mechanical Ventilation*. New York, McGraw Hill Inc, 1994; pag 619-629.
5. Benito S, Vallvedú I, Mancebo J (1989). Which patients need a weaning technique?. En: *Ventilatory failure. Update in intensive care and emergency medicine*, 15. Marini JJ, Roussos C (eds). Springer-Verlag; Berlin; pp:419-429.
6. Vazquez G, Hinijosa R, Fornieles H (1993). Técnicas de interrupción del apoyo ventilatorio. En: *Ventilación mecánica*. Net A. Benito S (eds) Springer-Verlag; Berlin; pag: 87-94
7. Brochard L, Rauss A, Benito S et al. Comparison of three methods of gradual withdrawing from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150:896-903.
8. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation, *N Engl J Med* 1995; 332:345-50.
9. Tobin MJ, Perez W, Guenther SM, et al. The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986; 134:1111-8.
10. Jubran A, Tobin JM. Pathophysiologic basis of acute respiratory distress in patients who fail a trial of weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:901-15.
11. Jubran A, Tobin MJ. Passive mechanics of lung and chest wall in patients who failed or succeeded in trials of weaning. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:916-21.
12. Lemaire F, Teboul JL, Gintti L et al. Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1988;69:171-9.
13. Tobin MJ, Chadha TS, Jenouri J, et al. Breathing patterns. I Normal subjects. *Chest* 1983;84:202-5.
14. Stroetz RW, Hubmayr RD. Tidal volume maintenance during weaning with pressure support. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:1034-40.
15. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect of the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864-9.
16. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, et al. Implications of extubation delay in brain injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Crit Care Med* 2000; 161:1530-6.
17. Krieger BP, Ershowsky PF, Becker DA, Gazeroglu Hb. Evaluation of conventional criteria for predicting successful weaning from mechanical ventilatory support in the elderly. *Crit Care Med*, 1989, 9, pp: 858-861.
18. Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest* 1973, 63,1002-1005.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



19. Yang K, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N. Engl. J. Med.* 1991, 324: 1445-1450.
20. Jabour FR, Rabil DM, Truitt JD, Rochester DF. Evaluation of a new weaning index based on ventilatory endurance and the efficiency of gas exchange. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1991, 144, 531-537.
21. Browing IB, D'Alonzo GE, Tobin MJ. Importance of respiratory rate as indicator of respiratory dysfunction in patients with cystic fibrosis. *Chest*, 1990. 97. 1317-1321
22. AHRQ Evidence reports, Numbers 1-60. Criteria for weaning from mechanical ventilation. [www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=hstat1.chapter.30810](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=hstat1.chapter.30810).
23. Duchateau J, Hainaut K. Electrical and mechanical changes in immobilized human muscle. *J Appl. Physiol.* 1987.62 (6); 2168-2173.
24. Flick GR, Bellamy PE, Simmons DH. Diaphragmatic contraction during assisted mechanical ventilation. *Chest* 1989, 96: 130-135
25. Pourriat JL, Lamberto C, Hoang PH, Fournier JL, Vasseur B. Diaphragmatic fatigue and breathing pattern during weaning from mechanical ventilation in COPD patients. *Chest* 1986, 90 (5): 703-707.
26. Ebihara S, Hussain SNS, Danialou G et al. Mechanical ventilation protects against diaphragm injury in sepsis. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 165:221-8.
27. Sporn PH, Morganroth M. Discontinuation from mechanical ventilation. *Clin Chest Dis* 1988; 9:113-126.
28. Cohen CA, Zigelbaum G, Gross D, et al. Clinical manifestations of inspiratory muscle fatigue. *Am J Med* 1982 ; 73 :308-316.
29. Pourriat JL, Lamberto CH, Hoang PH, et al. Diaphragmatic fatigue and breathing pattern during weaning from mechanical ventilation in COPD patients. *Chest* 1986;90:703-7.
30. Brochard L, Harf A, Lorino H, et al. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:513-21.
31. Zakyntinos SG, Vassilakopoulos T, Raoussos C. The load of inspiratory muscles in patients needing mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1248-55.
32. Vassilakopoulos T, Zakinthinos SG, Roussos C. The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiology determinants of weaning failure and success. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:378-85.
33. Appendini L, Purro A, Patessio A; et al. Partitioning of inspiratory muscle workload and pressure assistance in ventilator-dependent COPD patients. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154:1301-9.
34. Goldstone JC, Green M, Moxham J. Maximum relaxation rate of the diaphragm during weaning from mechanical ventilation. *Thorax* 1994; 49:54-60.
35. Kaplan PW, Rocha W, Sanders DB, et al. Acute steroid induced tetraplegia following status asthmaticus. *Pediatrics* 1986; 78:121-123.
36. Danon MJ, Carpenter S. Myopathy with thick filament (myosin) loss following prolonged paralysis with vecuronium during steroid treatment. *Muscle Nerve* 1991; 14: 1131-39.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



37. Griffin D, Fairman N, Coursin D, et al. Acute myopathy during treatment of status asthmaticus with cortocosteroids and steroidal muscle relaxants. *Chest* 1992; 102:51014.
38. Hirano M, Ott BR, Raps EC, et al. Acute quadriplegic myopathy: a complication of treatment with steroids, nondepolarizing blocking agents or both. *Neurology* 1992; 42:2082-87.
39. Lacomis D, Smith TW, Chad DA. Acute myopathy and neuropathy in status asthmaticus-case report and literature review. *Muscle nerve* 1993; 16:84-90.
40. Gooch JI. Prolonged paralysis after neuromuscular blockade. *J Toxicol Clin Toxicol* 1995; 33:419-26.
41. Le Bourdelles G. Efectos de la ventilación mecánica sobre las propiedades contráctiles de los músculos respiratorios: Papel de la inactividad. En: *Restirada de la ventilación mecánica*. Net A, Mancebo J, Benito S, (edit.)1995. Springer-Verlag. Barcelona, pag: 39-47.
42. Shapiro W, Wilson RK, Casar G, Bloom K, Teague RB (1986). Work of breathing through different sized endotracheal tubes. *Crit Care Med* 14: 1028-1031
43. Sossi A, Gottfried SB, Higgs BD, Zocchi L, Grassino A, Milic-Emili J. (1985). Respiratory mechanics in mechanically ventilated patients, *J Applied Physiol* 58, 1849- 1858.
44. Wright PE, Marini JJ, Bernard GR. (1989). In vitro versus in vivo comparison of endotracheal tube air-flow resistance. *Am Rev Resp Dis* 140: 10-16.
45. Katz JA, Kraemer RW, Gjerde GE, 1985. Inspiratory work and airway pressure with continuous positive airway pressure delivery systems. *Chest* 88: 519-526
46. Beydon L, Chase M, Harf A, Lemaire F. 1988. Inspiratory work of breathing during spontaneous ventilation using demand valve and continuous flow systems. *Am Rev Respir Dis* 138: 300-304.
47. Sassoosn SH, Lodia R, Rheeman CH, Kuei JH, Light RW, Mahutte CK. 1992. Inspiratory muscle work of breathing during flow-by, demand flow and continuous-flow systems in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 145: 1219-1222.
48. Sassoosn SH. 1992. Mechanical ventilator design and function: The trigger variable. *Respiratory Care* 37: 1056-1069
49. Nishimura M, Nishijima M, Okada T, Teanake N, Yoshiya I. 1990. Comparison of flow resistive workload due to humidifying devices. *Chest* 97:600-604
50. Ploysongsang Y, Branson R, Rashkin MC, Hurst JM 1988. Pressure flow characteristics of commonly used heat-moisture exchangers. *Am Rev Resp Dis* 138: 675-678.
51. Banner MJ, Lampotang S, Boysen PG, Hurt TE, Desautels DA. 1986. Flow resistance of expiratory positive pressure valve systems. *Chest* 90: 212-217.
52. Banner MJ, Lampotang S, Boysen PG, Hurt TE, Desautels DA. 1986. Flow resistance of expiratory positive pressure valve systems. *Chest* 90: 212-217.
53. Marini JJ, Capps JS, Culver BH. 1985. The inspiratory work of breathing during assisted mechanical ventilation. *Chest* 87: 612-618.





CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



54. Reyes A, Vega G, Blancas R, et al. Early versus conventional extubation after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Chest* 1997, 112: 193-201.
55. Vallverdu I, Calaf N, Subirana M, et al. Clinical Characteristics, respiratory functional parameters and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998, 158:1655-59.
56. Esteban A, Alia I, Tobin MJ. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999, 159:512-18.
57. Martin J, Tobin MD. Advances in mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2001. 344;26:1986-96.
58. Laghi F, D'Alfonso N, Tobin MJ. Pattern of recovery from diaphragmatic fatigue over 24 hours. *J Appl Physiol* 1995; 79:539-546.
59. Mancebo J, Vallverdú I. Weaning: CPAP frente al tubo en T. En: *Retirada de la ventilación mecánica*. Net A, Mancebo J, Benito S. (edit.) 1995, Springer-Verlag, Barcelona. pag: 124-133.
60. Tobin MJ. Weaning from mechanical ventilation. *Current Pulmonology* 1990; 11: 47-105.
61. Brochard L, Rua F, Lorino H, Lemaire F, Harf A. Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology* 1991, 75:739-745
62. Annet SL, Gottlieb M, Paloski WH, et al. Detrimental effects of removing and-expiratory pressure prior to endotracheal extubation. *Ann Surg* 1980; 191: 539-545.
63. Katz JA, Marks JD. Inspiratory work with and without continuous positive airway pressure in patients with acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1985; 63: 598-607.
64. Petrof BJ, Legare M, Goldberg P, Milic-Emili J, Gottfried SB. 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: 282-289
65. Samodelov LF, Falke KJ. Total inspiratory work with modern demand valve devices compared to continuous flow CPAP. *Intensive Care Med* 1988; 14:632-639.
66. Jubran A, Van de Graff WB, Tobin MJ. Variability of patient ventilator interaction with pressure support ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:129-36.
67. Banner MJ, Downs JB, Kyrby RR, Smith RA, Boysen PG, Lamptang S. Effects of expiratory flow resistance on inspiratory work of breathing. *Chest* 1988; 93: 795-799
68. Marini JJ, Smith TC, Lamb VJ. External work output and force generation during synchronized intermittent mandatory ventilation: effect of machine assistance on breathing effort. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138:1169-79.
69. Insand C, Feihl F, Perret C, et al. Regulation of inspiratory neuromuscular output during synchronized intermittent mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1994; 80:13-22.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



70. MacIntyre NR 1986. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest* 89: 677-683.
71. Brochard L, Raussa A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, Lemaire F 1990. Comparaison de trois modalités de sevrage de la ventilation artificielle. Résultats d'un essai multicentrique europeen . *Rean Soins Intens Med Urge*; 6:517.
72. Brochard L, Harf A, Lorin H, Lemaire F. Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989, 139: 513-521.
73. Brochard L, Rua F, Lorino H, Lemaire F, Harf A. Inspiratory pressure support compensates for the additional work of breathing caused by the endotracheal tube. *Anesthesiology*, 1991, 75: 739-745.
74. Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, Lemaire F. Comparison of three techniques of weaning from mechanical ventilation. Results of an european multicenter trial (abstract). *Am Rev Respir dis* 1991, 143, A602.
75. Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P, et al. A multicenter randomized trial of computer driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; Jul 13.
76. Bouadma L, Lellouche F, Cabello B, Taille S, et al. Computer driven management of prolonged mechanical ventilation and weaning : a pilot study. *Intensive Care Med* 2005; 31:1446-50.
77. Nava S, Ambrosino N, et al. Non invasive mechanical ventilation in the weaning of patient with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized controlled study . *Ann Intern Med* 1998; 128: 721-28.
78. Girault C, Daudenthun I, Chevron V, et al. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure: a prospective, randomized controlled study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:86-92.
79. Stoller JK. The Effectiveness of Respiratory Care Protocols. *Respiratory Care* 2004; 49:761-65.
80. Marelich GP, Murin S, Battistella F, et al. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses. *Chest* 2000. 118:459-67.
81. Ely EW, Meade MO, Haponik EF, et al. Mechanical ventilator weaning protocols driven by nonphysician health-care professionals: Evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2001;120:454-463.
82. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864-1869.
83. Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, et al. A randomized controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997,25:567-74.
84. Arroliga A, Frutos F, Hall J, et al. Use of sedatives and neuromuscular blockers in a cohort of patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2005; 128:496-506.
85. Kollef MH, Levy NT, Ahrens TS, et al. The use of continuous i.v. sedation is associated with prolongation of mechanical ventilation. *Chest* 1998;114:541-48.



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



86. Scheinhorn DJ, Chao DC, Stearn-Hassenpflug M, et al. Post-ICU mechanical ventilation :treatment of 1123 patients at regional weaning center. Chest 1997;111(6):1654-59.
87. Garcrey DR, Hardy DC, Koenig GE. The chronic ventilator dependent unit: a lower-cost alternative to intensive care. Mayo Clin Proc 2000;75(5):445-49.
88. MacIntyre NR. Evidence-Based Guidelines for Weaning and Discontinuing Ventilatory Support: A Collective Task Force Facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. Chest 2001;120:375-96.
89. Pepe PE, Marini JJ. Occult positive end-expiratory pressure in mechanically ventilated patients with airflow obstruction. The Auto-PEEP effect. Am Rev Respir Dis 1982; 126:166-170.
90. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction. J Appl Physiol 1988; 65:1488-99
91. Petrof BJ, Legare M, Goldberg P, Milic-Emili J, Gottfried SB. Continuous positive airway pressure reduces work of breathing and dyspnea during weaning from mechanical ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease. Am Rev Respi Dis 1990; 141: 282-289.