

## REVISIÓN

# Desconexión de la ventilación mecánica. ¿Por qué seguimos buscando métodos alternativos?☆

F. Frutos-Vivar\* y A. Esteban

Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario de Getafe, CIBER Enfermedades Respiratorias, Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

Recibido el 7 de julio de 2012; aceptado el 6 de agosto de 2012  
Disponible en Internet el 18 de octubre de 2012

### PALABRAS CLAVE

Destete;  
Desconexión  
ventilación mecánica;  
Ventilación no  
invasiva;  
Compensación  
automática del tubo;  
Sistemas de weaning  
automático

### KEYWORDS

Weaning;  
Disconnecting  
mechanical  
ventilation;  
Noninvasive  
ventilation;  
Automatic tube  
compensation;

**Resumen** La mayoría de los pacientes que requieren ventilación mecánica durante más de 24 h y que mejoran de la causa que motivó el soporte ventilatorio pueden ser extubados tras una primera prueba de respiración espontánea. El reto es cómo mejorar la desconexión de los pacientes que fracasan en esa prueba. Hasta el momento disponíamos de los métodos, que podemos denominar tradicionales, como son el tubo en T, la presión de soporte o la ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV). En los últimos años se han descrito nuevas aplicaciones de técnicas habituales como la ventilación no invasiva, nuevos métodos de ventilación como la compensación automática del tubo (ATC), la ventilación minuto mandatoria (MMV), la ventilación adaptativa de soporte (ASV) o estrategias automáticas de desconexión de la ventilación mecánica basadas en la presión de soporte. Queda por definir su posible papel en la desconexión de la ventilación mecánica en los enfermos con desconexión difícil o prolongada. © 2012 Elsevier España, S.L. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

### Weaning from mechanical ventilation: Why are we still looking for alternative methods?

**Abstract** Most patients who require mechanical ventilation for longer than 24 hours, and who improve the condition leading to the indication of ventilatory support, can be weaned after passing a first spontaneous breathing test. The challenge is to improve the weaning of patients who fail that first test. We have methods that can be referred to as traditional, such as the T-tube, pressure support or synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV). In recent years, however, new applications of usual techniques as noninvasive ventilation, new ventilation methods such as automatic tube compensation (ATC), mandatory minute ventilation (MMV),

☆ Este artículo de revisión pertenece a la serie «Puesta al día en Ventilación Mecánica» del Grupo de Trabajo de Insuficiencia respiratoria aguda (GT-IRA).

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [ffrutos@ucigetafe.com](mailto:ffrutos@ucigetafe.com) (F. Frutos-Vivar).

## Automatic weaning systems

adaptive support ventilation or automatic weaning systems based on pressure support have been described. Their possible role in weaning from mechanical ventilation among patients with difficult or prolonged weaning remains to be established.

© 2012 Elsevier España, S.L. and SEMICYUC. All rights reserved.

La desconexión de la ventilación mecánica es uno de los procedimientos más frecuentes en las Unidades de Cuidados Intensivos. En estudios epidemiológicos internacionales<sup>1-3</sup>, se observa que algo más de la mitad de los enfermos que requieren ventilación mecánica llegan a ser extubados tras un proceso de desconexión. De ellos, un 57% son extubados tras una primera prueba de respiración espontánea mientras que el 43% restante precisan una mediana de 3 días para ser extubados. En global, este proceso supone un 40% del tiempo total de soporte ventilatorio<sup>2,4</sup>.

El hecho de que sea un procedimiento habitual y de que ocupe un tiempo significativo de la actividad diaria de médicos y personal de enfermería puede ser la razón por la que la desconexión de la ventilación mecánica sea uno de los procedimientos más evaluados y más basados en la evidencia científica<sup>5,6</sup>. Brevemente, la desconexión de la ventilación mecánica es un proceso que se inicia con la identificación diaria de los pacientes que pueden realizar una prueba de respiración espontánea y se continúa por la realización de 3 pruebas diagnósticas consecutivas<sup>7</sup>: medición de predictores de tolerancia a la prueba de respiración espontánea, una prueba de respiración espontánea y una prueba de extubación (fig. 1). Con esta estrategia, hay un grupo de enfermos que van a poder ser extubados en el primer intento de respiración espontánea, lo que se ha denominado *weaning* simple o fácil<sup>6</sup>, pero alrededor de un 45% de enfermos<sup>14</sup> van a precisar una desconexión progresiva de la ventilación mecánica<sup>14-16</sup>. Para ello disponemos de los métodos tradicionales de desconexión: tubo en T, presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV) y presión de soporte (PS). Estos métodos han sido evaluados comparativamente en varios trabajos<sup>12,13,17,18</sup> los cuales, a su vez, han sido analizados en una revisión sistemática<sup>19</sup>. Las diferencias en el diseño de los protocolos, en lo referente a la manera de ir disminuyendo el soporte ventilatorio con la SIMV y la presión de soporte, y en los criterios de extubación, hace que en esta revisión no haya sido posible identificar una técnica superior entre los 3 modos comparados, pero lo que sí parece confirmarse es que la SIMV puede prolongar la desconexión más que el tubo en T o la reducción gradual de la presión de soporte (tabla 1).

En los últimos años, se han descrito nuevas aplicaciones de técnicas habituales y nuevos métodos de ventilación que pudieran tener algún papel en la desconexión de la ventilación mecánica en los enfermos con desconexión difícil o prolongada.

## Modos alternativos y nuevos modos para la desconexión de la ventilación mecánica

### Ventilación no invasiva

En un intento de disminuir las complicaciones asociadas a la ventilación mecánica prolongada, algunos autores han

explorado el papel de la ventilación no invasiva en la desconexión de la ventilación mecánica. En esencia, el proceso consiste en que los enfermos que fracasan una prueba de respiración espontánea son extubados e inmediatamente conectados a ventilación no invasiva. Desde la primera experiencia descrita por Udwadia et al. en 1992<sup>20</sup> se han publicado varios ensayos clínicos<sup>21-33</sup> evaluando esta técnica como modo de desconexión de la ventilación mecánica. Las limitaciones de estos estudios para su aplicabilidad y generalización son varias. En primer lugar, el pequeño tamaño muestral de casi todos los estudios. En segundo lugar, muchos de los estudios publicados incluyen mayoritariamente<sup>22,25</sup> o exclusivamente<sup>21,24,26,31-33</sup> pacientes con una enfermedad pulmonar crónica, población donde está especialmente indicada la ventilación no invasiva por su capacidad para disminuir la fatiga respiratoria, aumentar el volumen corriente y disminuir la presión positiva al final de la inspiración (PEEP) intrínseca. Si otras causas de insuficiencia respiratoria se podrían beneficiar de la desconexión con ventilación no invasiva estaría pendiente de determinar. En tercer lugar, hubo una gran heterogeneidad en las estrategias utilizadas para la desconexión tanto en el grupo de desconexión invasiva como en el grupo de desconexión no invasiva. Los pacientes asignados a desconexión invasiva fueron desconectados preferentemente con presión de soporte pero con diferentes estrategias en la reducción gradual de la misma: 2 observaciones diarias con una prueba de respiración espontánea opcional<sup>22</sup>, disminución de 2 cmH<sub>2</sub>O cada 4 h según tolerancia clínica<sup>32</sup>, disminución de 2-4 cmH<sub>2</sub>O diarios<sup>26</sup>, disminución gradual de la presión de soporte hasta una presión de soporte de 7 cmH<sub>2</sub>O<sup>33</sup>. En la mayoría de los estudios se intercalaron o alternaron pruebas de respiración espontánea con tubo en T de diferente duración<sup>21-26,31,33</sup>. Igualmente, en los enfermos asignados a desconexión con ventilación no invasiva, la aplicación de la misma y los criterios para la desconexión total de la ventilación no invasiva fueron heterogéneos. Tras la extubación, la aplicación de la ventilación no invasiva fue continua en 5 estudios<sup>21,23-25,32</sup>, en un estudio intermitente<sup>22</sup>, en otro estudio durante al menos 2 h<sup>29</sup> y, en otro, dependiendo de la tolerancia durante 20-22 h con periodos de descanso para la comida<sup>26</sup>. El nivel de soporte y la duración de los periodos de ventilación fueron gradualmente reducidos pero también con diferentes protocolos: disminución de la presión de soporte 2 cmH<sub>2</sub>O cada 4 h<sup>32</sup> o disminución 2-4 cmH<sub>2</sub>O diarios<sup>26</sup> según la tolerancia de los enfermos hasta una presión inspiratoria de 8 cmH<sub>2</sub>O y una espiratoria de 4 cmH<sub>2</sub>O<sup>32</sup> o una presión inspiratoria menor de 10 cmH<sub>2</sub>O<sup>28,29</sup> o hasta que la diferencia entre presión inspiratoria y espiratoria fuese menor de 5 cmH<sub>2</sub>O<sup>32</sup>. Por último, los resultados reportados (tablas 2 y 3) en el grupo control de algunos de los estudios no reflejan la práctica clínica habitual<sup>34</sup>. Teniendo en cuenta estas limitaciones, la conclusión de los estudios es que la ventilación no invasiva puede ser una técnica prometedora

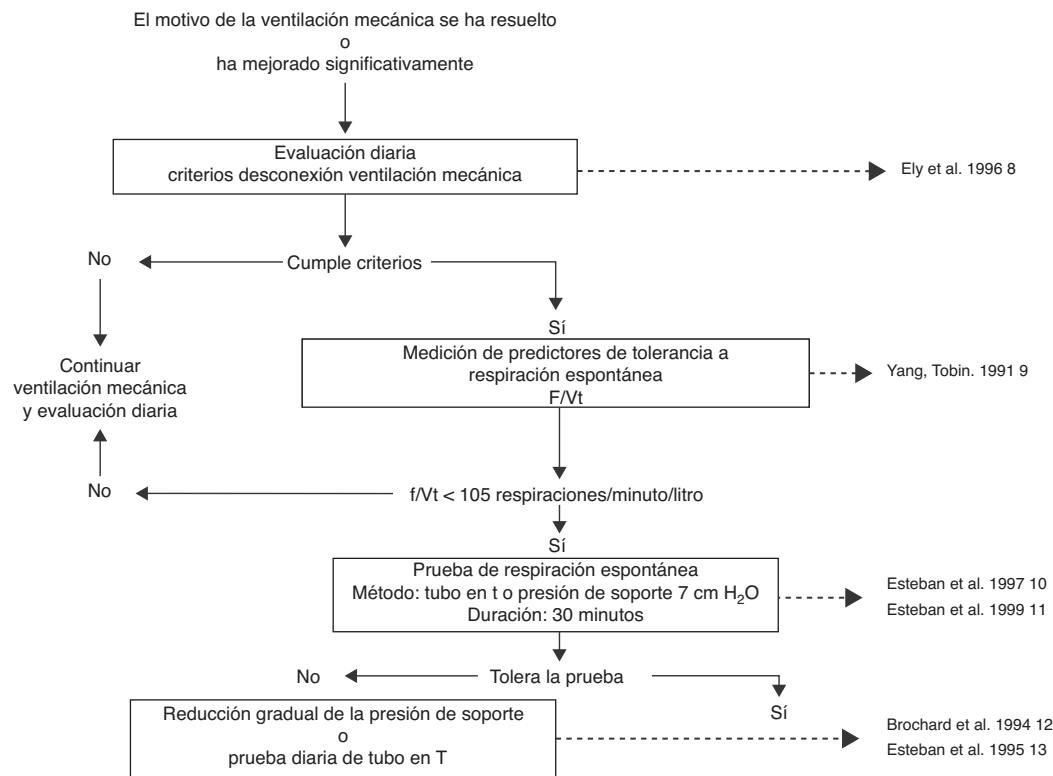


Figura 1 Algoritmo para la desconexión de la ventilación mecánica.

para la desconexión de la ventilación mecánica, pero se necesitarían más estudios para evaluar completamente los beneficios clínicos y los riesgos asociados al fracaso de la extubación<sup>35</sup>.

### Compensación automática del tubo

El tubo endotraqueal impone una resistencia inspiratoria durante la prueba de respiración espontánea<sup>36</sup>. Para su compensación se ha propuesto el uso de niveles bajos de presión de soporte (5-8 cmH<sub>2</sub>O)<sup>37</sup>. Desafortunadamente, no es fácil determinar o predecir el nivel exacto de presión de soporte requerido para compensar la carga inspiratoria impuesta en un paciente individual. Con el mismo nivel de soporte, se puede producir un fracaso de la prueba de respiración espontánea por una insuficiente compensación del trabajo impuesto o una sobrecompensación que puede permitir a un paciente pasar con éxito una prueba de respiración espontánea pero no permite calibrar con exactitud si el paciente es verdaderamente capaz de respirar sin apoyo. Todo ello depende del tamaño del tubo endotraqueal y del flujo inspiratorio (fig. 2).

La compensación automática del tubo (ATC), disponible en los ventiladores Evita 4, Evita XL (Draeger Medical) y 840 Puritan Bennett (Covidien), es un modo donde el ventilador realiza de manera continua la medida de la caída de presión que ocurre a través del tubo endotraqueal programando, a continuación, el nivel de presión de soporte que compensa esa caída de presión<sup>39,40</sup>. Los estudios que han compa-

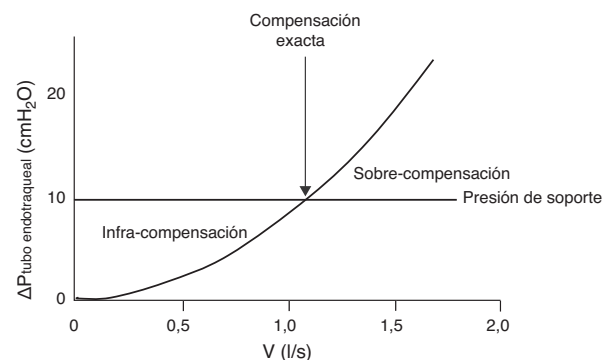


Figura 2 Curva flujo/presión inspiratoria en un enfermo con un tubo endotraqueal de 7,5 mm de diámetro interno (modificada de referencias 38 y 39). Debido a las variaciones en el patrón del flujo en respiración espontánea, la resistencia impuesta por el tubo es variable. Si aplicamos una presión de soporte constante de 10 cmH<sub>2</sub>O (línea horizontal) nos podemos encontrar con 3 situaciones: 1) con flujos inspiratorios bajos, la presión de soporte infra-compensa la resistencia del tubo, 2) con flujos inspiratorios medios, la presión de soporte compensa la resistencia (intersección entre la curva de la presión de resistencia del tubo ( $\Delta P_{\text{tubo endotraqueal}}$ ) y la línea de presión de soporte), y 3) con flujos altos la presión de soporte sobrecompensa la resistencia.

**Tabla 1** Comparación de los resultados de los ensayos clínicos donde se comparan los modos tradicionales de desconexión de la ventilación mecánica

	Desconexión de la ventilación mecánica con éxito (%)			Diferencia de riesgo (%) <sup>a</sup>			Tiempo de desconexión de la ventilación mecánica (días)		
	Tubo en T	Presión de soporte	SIMV	Tubo en T vs. Presión de soporte	Presión de soporte vs. SIMV	Tubo en T vs. SIMV	Tubo en T	Presión de soporte	SIMV
Tomlinson, 1989 <sup>17</sup>	-	-	-	-	-	-	18,3 ± 6,3	-	15,9 ± 5,9
Esen, 1992 <sup>18</sup>	-	17/20 (85)	15/20 (75)	-	-	-	-	6,3 ± 3,1	9,9 ± 2,7
Brochard, 1994 <sup>12</sup>	20/35 (57)	24/31 (77)	25/43 (58)	-20 (-42,2)	19 (-2,40)	-1 (-23,21)	8,5 ± 8,3	5,7 ± 3,7	9,9 ± 8,2
Esteban, 1995 <sup>13</sup>	47/62 (76)	23/37 (62)	20/29 (69)	14 (-5,32)	-7 (-20,16)	7 (-13,27)	Mediana 3 P25,75:1,6	Mediana 4 P25,75:1,1, 2	Mediana 5 P25,75:3,1, 1
Agrupación de la diferencia en el riesgo para destete con éxito				-3 (-36,30)	8 (-7, 23)	3 (-11,18)			

Adaptada de<sup>19</sup>. SIMV: ventilación mandatoria sincronizada intermitente.

<sup>a</sup> Las diferencias de riesgo se expresan como la diferencia en los porcentajes de pacientes desconectados con éxito entre los diferentes modos. Los números negativos indican una tasa de éxito menor y los números positivos una tasa de éxito mayor. Entre paréntesis se indica el intervalo de confianza al 95%.

rado ATC con presión de soporte sugieren que la ATC es más efectiva en la compensación del trabajo respiratorio, más cómoda y con menos asincronías paciente-ventilador<sup>39,41</sup>. Para su programación es necesario introducir el tamaño del tubo endotraqueal y el porcentaje de compensación deseado (generalmente 100%).

La ATC ha sido evaluada, como método para la prueba de respiración espontánea, en varios ensayos clínicos<sup>42-45</sup> con resultados muy favorables en la tasa de éxito en la primera prueba de respiración espontánea pero con tasas de reintubación similares a los del grupo control (tabla 4). Por otra parte, otro estudio<sup>46</sup> ha evaluado el tiempo de desconexión comparando la reducción gradual de la presión de soporte con ATC frente a la reducción gradual de la presión de soporte en solitario. Este trabajo incluye a 41 pacientes que requieren ventilación mecánica por insuficiencia respiratoria aguda secundaria a envenenamiento por mordedura de serpiente. En el grupo de presión de soporte con ATC la mediana de tiempo de desconexión fue de 8 h (rango intercuartílico 7-12) vs. 12 h (rango intercuartílico 7-17) en el grupo de presión de soporte (p = 0,12).

A pesar de los buenos resultados observados en los estudios publicados hasta el momento, serían necesarios estudios con un mayor número de enfermos y, sobre todo, con enfermos con dificultad para pasar la primera prueba de respiración espontánea para poder recomendar la ATC como el método de elección para la realización de la prueba de respiración espontánea<sup>47,48</sup>.

## Weaning automático con sistemas de circuito cerrado

### Ventilación minuto mandatoria

Este modo de ventilación, descrito por Hewlett et al.<sup>49</sup>, fue el primero en el cual el ventilador modificaba el soporte basado en la respuesta del paciente o el primer modo de control computarizado de la ventilación. Actualmente, este modo de ventilación se encuentra disponible en los ventiladores Evita 4, Evita XL (Draeger Medical), CPU-1 Intensive Care ventilator (Ohmeda Medical), Sechrist IV-100B (Sechrist Industries Inc) y Hamilton Veolar ventilator (Hamilton Medical). En esta modalidad, se programa el volumen tidal y una frecuencia mandatoria definiendo, por lo tanto, un objetivo de ventilación minuto. El ventilador adapta la frecuencia mandatoria al objetivo de ventilación minuto teniendo en cuenta la frecuencia respiratoria espontánea del paciente. La diferencia con la SIMV es que mientras en esta modalidad la frecuencia mandatoria es fija en la MMV la frecuencia mandatoria es variable. Si la respiración espontánea de un paciente, que se realiza con una presión de soporte previamente fijada, alcanza o sobrepasa el objetivo prefijado, el ventilador no da ninguna respiración mandatoria. Por el contrario, si la ventilación minuto del paciente cae por debajo del nivel predeterminado el ventilador ofrece las respiraciones necesarias para alcanzar el objetivo. Una de las principales limitaciones es que el ventilador hace los ajustes solo de acuerdo a la ventilación minuto determinada. Esto es, no diferencia un volumen tidal de 500 ml con una frecuencia respiratoria de 12 respiraciones por min (patrón ventilatorio normal) de un volumen tidal de

**Tabla 2** Estudios que han evaluado la ventilación no invasiva como método de desconexión de la ventilación mecánica. Población y estrategias comparadas

	Población incluida	Estrategias comparadas	
		Grupo control	Grupo experimental
Nava, 1998 <sup>21</sup>	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica	N = 25 Presión de soporte invasiva Prueba de respiración espontánea con tubo en T o CPAP menor de 5 cmH2O	N = 25 Presión de soporte no invasiva aplicada a través de máscara facial
Girault, 1999 <sup>22</sup>	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar crónica (obstructiva, restrictiva o mixta)	N = 16 Presión de soporte invasiva	N = 17 Presión de soporte no invasiva aplicada a través de máscara facial o nasal
Hill, 2000 <sup>23, a</sup>	Pacientes con insuficiencia respiratoria aguda	N = 9 Presión de soporte invasiva Prueba de respiración espontánea con tubo en T	N = 12 Ventilación no invasiva utilizando un ventilador específico (VPAP®) en modo ST-A
Chen, 2001 <sup>24</sup>	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica	N = 12 Presión de soporte invasiva Prueba de respiración espontánea con tubo en T	N = 12 BiPAP
Ferrer, 2003 <sup>25</sup>	Pacientes con Insuficiencia respiratoria aguda que fracasan tres pruebas de respiración espontánea (77% enfermos con patología pulmonar crónica)	N = 22 Presión de soporte invasiva Prueba de respiración espontánea con tubo en T o CPAP menor de 5 cmH2O	N = 21 Ventilación no invasiva en modo S/T aplicada a través de máscara facial o nasal.
Rabie, 2004 <sup>26 a</sup>	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica	N = 18 Presión de soporte invasiva	N = 19 <i>Proportional Assist Ventilation/ Timed Mode</i> a través de máscara facial o nasal
Wang, 2004 <sup>27</sup>	Pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infección broncopulmonar	N = 14 SIMV+PS Prueba de respiración espontánea con tubo en T	N = 14 Presión de soporte no invasiva aplicada a través de máscara no especificada.
Zheng, 2005 <sup>28</sup>	Pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infección broncopulmonar	N = 16 Presión de soporte invasiva	N = 17 BiPAP aplicada a través de máscara facial o nasal
Zou, 2006 <sup>29</sup>	Pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infección broncopulmonar	N = 38 SIMV+PS	N = 38 BiPAP en modo ST aplicada a través de máscara facial o oronasal.

Tabla 2 (Continuación)

Wang, 2005 <sup>30</sup>	Pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infección broncopulmonar	N = 43 SIMV+PS	N = 47 BiPAP
Trevisan, 2008 <sup>31</sup>	Pacientes con ventilación mecánica mayor de 48 horas (35% enfermos con patología pulmonar crónica)	N = 37 Presión de soporte invasiva Prueba de respiración espontánea con tubo en T	N = 28 BiPAP a través de máscara facial
Prasad, 2009 <sup>32</sup>	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica	N = 15 Presión de soporte invasiva	N = 15 BiPAP a través de máscara facial
Girault, 2011 <sup>33</sup>	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar crónica (obstructiva, restrictiva o mixta)	N = 69 Presión de soporte invasiva Prueba de respiración espontánea con tubo en T o presión de soporte	N = 70 Presión de soporte no invasiva a través de máscara facial

Abreviaturas: BiPAP: Bilevel positive airway pressure; SIMV: Ventilación mandatoria sincronizada intermitente; PS: presión de soporte.

<sup>a</sup> Estudios publicados sólo como comunicación a congreso.

200 ml con una frecuencia respiratoria de 30 respiraciones por min (patrón de respiración rápida y superficial).

Hay muy pocos trabajos, la mayoría de ellos realizados en la población de neonatos, que hayan evaluado la MMV como método alternativo de desconexión de la ventilación mecánica. En adultos solo hay un ensayo clínico<sup>50</sup>. En este estudio, se asignaron de forma aleatoria a 22 pacientes a desconexión con MMV y a 18 pacientes a desconexión con IMV. La MMV disminuyó significativamente el tiempo de desconexión (5 h vs. 33 h;  $p < 0,001$ ) sin aumento en la tasa de fracaso de extubación a las 4 h de la extubación (89 vs. 86%).

### Ventilación adaptativa de soporte

Esta modalidad fue descrita inicialmente, como ventilación adaptativa pulmonar, por Laubscher en 1994<sup>51,52</sup>. Se trata de un modo asistido, controlado por presión, con un sistema automático de regulación de los parámetros ventilatorios en respuesta a cambios en la mecánica del sistema respiratorio y del patrón de ventilación espontánea. Se encuentra disponible en los respiradores Galileo, Raphael, Hamilton S1, Hamilton C2, Hamilton G5 (Hamilton Medical). El principio básico de su funcionamiento se basa en la fórmula de Otis<sup>53</sup>. Mediante esta ecuación se calcula la frecuencia respiratoria ideal, que es la que se asocia con un menor gasto energético, para lo que se tiene en cuenta el espacio muerto, la ventilación minuto y la constante de tiempo espiratoria. Inicialmente se introduce en el ventilador los datos de peso del paciente, el porcentaje deseado de ventilación minuto (100% es igual a 100 ml/kg/min), la fracción inspirada de oxígeno, la presión al final de la espiración (PEEP) y la presión máxima inspiratoria (Pimax). A continuación, el sistema determina la constante de tiempo espiratoria mediante el análisis de la curva de flujo-volumen espiratoria. Posteriormente, el algoritmo automático ajusta la presión inspiratoria, la relación de tiempo inspiratorio/espiratorio y la frecuencia respiratoria para mantener el objetivo de ventilación minuto (fig. 3), dentro de un rango establecido para evitar la respiración rápida y superficial o un volumen de inflación excesivo. Para la determinación de la frecuencia respiratoria óptima, el ventilador asume un espacio muerto, según el nomograma de Radford<sup>55</sup>, de 2,2 ml/kg. En los pacientes en fase de desconexión de la ventilación mecánica, el algoritmo de la ASV irá reduciendo progresivamente y automáticamente la presión inspiratoria. La desconexión es completa cuando todas las respiraciones sean espontáneas y el enfermo mantenga un adecuado intercambio gaseoso durante unas horas con una presión inspiratoria menor de 8 cmH<sub>2</sub>O.

Los estudios que han evaluado la ASV como método de desconexión<sup>56-60</sup> sugieren que podría simplificar el manejo ventilatorio y reducir el tiempo hasta la extubación (tabla 5). Las limitaciones de estos estudios son que se han realizado en grupos pequeños de enfermos predominantemente postoperatorios con una duración corta de la ventilación mecánica.

### Sistemas de *weaning* automatizados

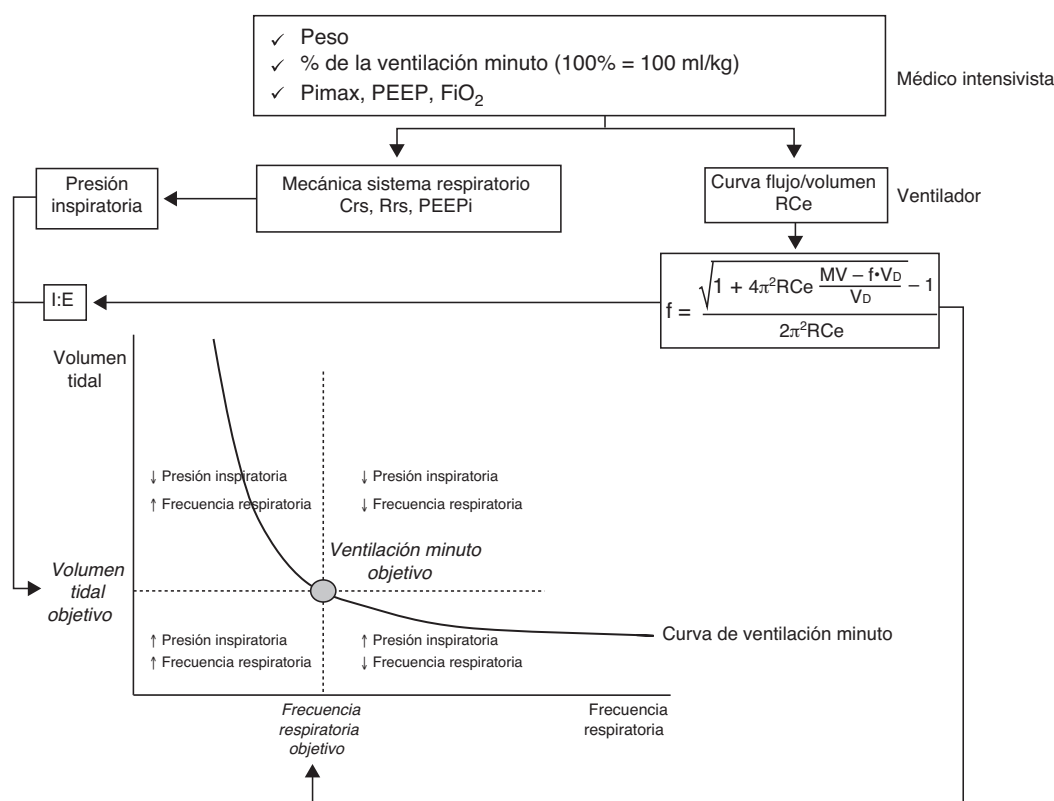
A diferencia de los 2 métodos previamente descritos los sistemas de *weaning* automatizados disponibles no son

**Tabla 3** Desenlaces evaluados

	Neumonía adquirida en la UCI, %		Duración ventilación mecánica, días, media (desviación estándar)		Reintubación <sup>a</sup> , %		Mortalidad <sup>a</sup> , %	
	Grupo control	Grupo experimental	Grupo control	Grupo experimental	Grupo control	Grupo experimental	Grupo control	Grupo experimental
Nava, 1998 <sup>21</sup>	28%	0	17(12)	10 (7)	-	-	28%	8%
Girault,1999 <sup>22</sup>	6%	6%	-	-	25%	23%	12,5%	0
Hill, 2000 <sup>23</sup>	-	-	-	-	33%	0	11%	8%
Chen, 2001 <sup>24</sup>	58%	0	-	-	-	-	25%	0
Ferrer, 2003 <sup>25</sup>	59%	24%	20(13)	11 (8)	27%	14%	59%	28,5%
Rabie, 2004 <sup>26</sup>	22%	0	-	-	-	-	11%	5%
Wang, 2004 <sup>27</sup>	57%	7%	21 (9)	11 (5)	18%	8%	14%	7%
Zheng, 2005 <sup>28</sup>	25%	6%	13 (4)	8 (3)	-	-	19%	18%
Zou, 2006 <sup>29</sup>	39%	18%	23.5 (9.5)	12.5 (4)	34%	13%	29%	8%
Wang, 2005 <sup>30</sup>	28%	6%	13 (8)	11 (6)	-	-	16%	2%
Trevisan, 2008 <sup>31</sup>	46%	3%	17(10)	15 (10)	13%	21%	27%	32%
Prasad,2009 <sup>32</sup>	33%	7%	-	-	-	-	60%	33%
Girault, 2011 <sup>33,b</sup>	14%	13%	-	-	39%	32%	7%	19%
Global	32%	9%	Diferencia ponderada de medias efectos aleatorios -4,61 (-5,97 a -3,25)		25,5%	19%	22,5%	13,5%
	Riesgo relativo efectos aleatorios (intervalo de confianza para el 95%) 0,37 (0,23 a 0,61)				Riesgo relativo efectos aleatorios (intervalo de confianza para el 95%) 0,74 (0,52 a 1,21)		Riesgo relativo efectos aleatorios (intervalo de confianza para el 95%) 0,64 (0,40 a 1,03)	

<sup>a</sup> La reintubación y la mortalidad están evaluadas en diferentes momentos en cada estudio

<sup>b</sup> En el estudio de Girault et al (33) sólo se muestran los resultados correspondientes al grupo experimental de ventilación no invasiva



**Figura 3** Representación esquemática de los principios básicos de funcionamiento de la ventilación adaptativa de soporte (ASV). (Modificado de referencia 54).

#### Abreviaturas

Crs: compliance del sistema respiratorio; f: frecuencia respiratoria; FiO<sub>2</sub>: fracción inspirada de oxígeno; MV: ventilación minuto; PEEP: presión positiva al final de la espiración; PEEPI: presión positiva intrínseca al final de la espiración; PiMax: presión inspiratoria máxima; Rce: constante tiempo espiratoria; Rrs: Resistencia del sistema respiratorio; VD: espacio muerto anatómico.

nuevos modos de ventilación sino estrategias automáticas de desconexión de la ventilación mecánica basadas en un modo de ventilación ya existente como es la presión de soporte. Actualmente disponemos de 2 sistemas de weaning automatizados: SmartCare<sup>®</sup> 61 disponible en el ventilador Evita XL (Draeger Medical) y el sistema mandatory rate ventilation (MRV) disponible en el ventilador Taema Horus (Air Liquid).

El sistema SmartCare<sup>®</sup> aplica continuamente un protocolo de desconexión con cambios en la presión de soporte basados en mediciones de la frecuencia respiratoria, del volumen tidal y de la presión parcial de CO<sub>2</sub> al final de la espiración (etCO<sub>2</sub>). Para iniciar el funcionamiento del sistema, el médico introduce información del paciente (peso, antecedentes de enfermedad pulmonar crónica y/o enfermedad neurológica), tipo de vía aérea artificial (tubo endotraqueal o traqueostomía) y tipo de humidificación (intercambiador de calor-humedad o humidificadores de calor activo). Tras ello se inicia el proceso de desconexión, inicialmente el sistema se adapta para mantener al paciente en un estado de confort respiratorio (ventilación normal) para lo cual adapta la presión de soporte, aumentando o disminuyendo entre 2 y 4 cmH<sub>2</sub>O, según los datos de frecuencia respiratoria (límites normales 15-30 rpm, en enfermos con patología neurológica aumenta el límite superior a 34 rpm), volumen tidal (límites normales > 300 ml) y etCO<sub>2</sub>

(límites normales < 55 mmHg, en enfermos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica sube el límite a 65 mmHg) cuyo promedio se calcula cada 2-5 min. Una vez que el paciente se encuentra en la situación de ventilación normal, el sistema reduce o aumenta la presión de soporte, dependiendo de las necesidades del enfermo, cada 15, 30 o 60 min dependiendo del nivel previo de presión de soporte hasta llegar a una presión de soporte variable dependiendo del tipo de vía aérea artificial y del tipo de humidificación (5 cmH<sub>2</sub>O para humidificador de calor activo y traqueotomía, 7 cmH<sub>2</sub>O para humidificador de calor activo y tubo endotraqueal, 9 cmH<sub>2</sub>O para humidificador de calor-humedad y traqueotomía, 12 cmH<sub>2</sub>O para humidificador de calor-humedad y tubo endotraqueal). Una vez que se llega a este nivel de soporte se considera que el enfermo inicia una prueba de respiración espontánea cuya duración es determinada por el patrón respiratorio y el nivel de presión de soporte al que inició el proceso de desconexión. Si durante ese tiempo el enfermo presenta un patrón respiratorio diferente a la ventilación normal o a la hiperventilación el sistema considera que ha fracasado la prueba de respiración espontánea y aumenta la presión de soporte hasta obtener un patrón de ventilación normal. En caso de estabilidad del patrón respiratorio, el respirador mostrará un mensaje indicando que el enfermo está preparado para ser extubado.



**Tabla 4** Ensayos clínicos donde se compara la compensación automática del tubo (ATC) con otros métodos para la prueba de respiración espontánea

	Población incluida	Estrategias comparadas	Fracaso en la primera prueba de respiración espontánea			Reintubación		
			ATC	Otros métodos		ATC	Otros métodos	
Haberthür, 2002 <sup>42</sup>	Pacientes con ventilación mecánica más de 24 h por insuficiencia respiratoria aguda	Prueba de respiración espontánea con: ATC (n = 30) PS 5 cmH <sub>2</sub> O (n = 30) Tubo en T (n = 30)	3%	PS 5 cmH <sub>2</sub> O: 17%	Tubo en T: 20%	13%	PS 5 cmH <sub>2</sub> O: 23%	Tubo en T: 17%
Cohen, 2006 <sup>43</sup>	Pacientes con ventilación mecánica más de 24 h por cualquier indicación	Prueba de respiración espontánea con: ATC (n = 51) CPAP (n = 48)	4%		CPAP: 15%	14%		CPAP: 24%
Cohen, 2009 <sup>44</sup>	Pacientes con ventilación mecánica más de 24 h por cualquier indicación	Prueba de respiración espontánea con: ATC (n = 87) PS 7 cmH <sub>2</sub> O (n = 93)	6%		PS 7 cmH <sub>2</sub> O: 14%	20%		PS 7 cmH <sub>2</sub> O: 15%
Figuroa-Casas, 2010 <sup>45</sup>	Pacientes con ventilación mecánica más de 24 h por cualquier indicación	Prueba de respiración espontánea con: ATC (n = 58) CPAP (n = 60) <i>Global</i>	3%		CPAP: 13%	5%		CPAP: 7%
			5%	15%		14%	16%	
			Riesgo relativo efectos aleatorios (intervalo de confianza para el 95%) 0,33 (0,18 a 0,62)			Riesgo relativo efectos aleatorios (intervalo de confianza para el 95%) 0,86 (0,56 a 1,32)		

Abreviaturas: ATC: compensación automática del tubo; CPAP: presión positiva continua en la vía aérea; PS: presión de soporte.

**Tabla 5** Ensayos clínicos que han evaluado la ventilación adaptativa de soporte (ASV) como método de desconexión de la ventilación mecánica

	Población incluida	Estrategias comparadas	Desenlace principal	Resultados desenlace principal <sup>a</sup>	Otros resultados
Sulzer, 2001 <sup>56</sup>	Pacientes en el postoperatorio de revascularización coronaria	ASV (n = 16) vs. SIMV (n = 20)	Duración de ventilación mecánica postoperatoria	ASV: 193 min (149 - 273) SIMV: 243 min (186 - 516) (P = 0,02)	
Petter, 2003 <sup>57</sup>	Pacientes en el postoperatorio de cirugía cardiaca	ASV (n = 18) vs. SIMV/PS (n = 16)	Duración de intubación postoperatoria	ASV: 2,7 h (2,1 - 4,2) SIMV/PS: 3,2 h (2,7 - 4,0)	
Gruber, 2008 <sup>58</sup>	Pacientes en el postoperatorio de revascularización coronaria	ASV (n = 23) vs. CVPR + automode (N = 25)	Duración de intubación postoperatoria	ASV: 300 min (205 - 365) CVPR + automode: 540 min (462 - 580) (P < 0,001)	Extubación > 8 horas: ASV: 1% CVPR + automode: 68%
Dongelmans, 2009 <sup>59</sup>	Pacientes en el postoperatorio de revascularización coronaria	ASV (n = 64) vs. PCV/PS (n = 64)	Duración de intubación postoperatoria	ASV: 16,4 h (12,5 - 20,8) PCV/PS: 16,3 horas (13,7 - 19,3) (P = 0,97)	
Kirakli, 2011 <sup>60</sup>	Pacientes con reagudización de una enfermedad pulmonar obstructiva crónica	ASV (n = 49) vs. PCV/PS (n = 48)	Tiempo de desconexión de la ventilación mecánica	ASV: 24 h (20 - 62) PCV/PS: 72 horas (24 - 144) P = 0,041	Fracaso de weaning ASV: 28,5% PCV/PS: 31%

ASV: ventilación adaptativa de soporte; CVPR: ventilación controlada por volumen regulada por presión; PS: presión de soporte; PCV: ventilación controlada por presión; SIMV: ventilación mandatoria sincronizada intermitente.

<sup>a</sup> Todos los resultados están expresados en mediana (rango intercuartílico).

Este sistema, que no se recomienda en enfermos con patología neurológica que afecte al control de la respiración, en enfermos sobre-sedados, en pacientes con broncoespasmo grave, en enfermos con delirio/agitación y en enfermos con polineuropatía/miopatía grave, ha sido evaluado en varios ensayos clínicos<sup>62-65</sup> con diferentes resultados (tabla 6) debido a la evaluación de diferentes desenlaces y a diferencias en el protocolo de desconexión de la ventilación mecánica en el grupo de desconexión no-automática.

Por su parte, el sistema MRV va disminuyendo progresivamente la presión de soporte basándose en un objetivo de frecuencia respiratoria. Esta frecuencia respiratoria representa la frecuencia respiratoria que se espera realice el enfermo. En cada ciclo, el ventilador compara la frecuencia respiratoria deseada con el promedio de frecuencia respiratoria realizado en los 4 ciclos previos. Si el promedio es mayor que el objetivo de frecuencia respiratoria, la presión de soporte aumenta automáticamente 1 cmH<sub>2</sub>O. Si el promedio de frecuencia respiratoria es menor que la frecuencia respiratoria deseada, el sistema disminuirá la presión de soporte 1 cmH<sub>2</sub>O. Este sistema solo ha sido evaluado en un estudio<sup>66</sup> que incluye a 106 pacientes

en el postoperatorio que son asignados a desconexión con reducción gradual de la presión soporte (53 pacientes) o a desconexión con el sistema MRV (53 pacientes). En el análisis por intención de tratar la duración media hasta la extubación fue de 221 ± 192 min en el grupo de reducción gradual de la presión soporte vs. 271 ± 369 min en el grupo de MRV (p = 0,375).

En resumen, aunque los sistemas automáticos de desconexión de la ventilación mecánica suponen un importante avance, serán necesarios más estudios para poder precisar qué población de enfermos ventilados se pueden beneficiar de estos sistemas frente a los modos convencionales de desconexión.

### Otros modos

Basados en el mismo concepto que algunos de los modos previamente descritos ('el ventilador se adapta al paciente en lugar del paciente al ventilador') existen otros nuevos modos de ventilación como el patrón espontáneo amplificado (PEA)<sup>67</sup>, la ventilación asistida proporcional (PAV)<sup>68</sup>, la ventilación asistida ajustada neuralmente (NAVA)<sup>69</sup>, automode<sup>70</sup>,

**Tabla 6** Ensayos clínicos que han evaluado el sistema SmartCare® como método de desconexión de la ventilación mecánica

	Población incluida <sup>a</sup>	Estrategias comparadas	Desenlace principal	Resultados desenlace principal <sup>a</sup>	Otros resultados
Lellouche, 2006 <sup>62</sup>	Pacientes con ventilación mecánica por cualquier indicación más de 24 h	Desconexión con SmartCare® (n = 74) Desconexión estándar <sup>b</sup> (n = 70)	Tiempo hasta extubación exitosa	SmartCare®: 3 días (2-8) Desconexión estándar: 5 días (2-12) p = 0,01	Reintubación en las primeras 72 h: SmartCare®: 16% Desconexión estándar: 23% p = 0,40
Jiang, 2006 <sup>63</sup> c	Pacientes con reagudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Desconexión con SmartCare® (n = 13) Prueba de respiración espontánea (n = 25)	Extubación exitosa en los primeros 7 días de desconexión	SmartCare®: 77% Prueba de respiración espontánea: 40% p = 0,031	Tiempo de desconexión Media (DE) SmartCare®: 8,5 días (2) Prueba de respiración espontánea: 13 días (2) p = 0,25
Rose, 2008 <sup>64</sup>	Pacientes con ventilación mecánica por cualquier indicación más de 24 h	Desconexión con SmartCare® (n = 51) Reducción gradual de la presión de soporte (n = 51)	Tiempo hasta que cumple criterios para extubación <sup>d</sup>	SmartCare®: 20 horas (2-40) Reducción gradual de la presión de soporte: 8 h (2-43) p = 0,3	
Schädler, 2012 <sup>65</sup>	Pacientes con ventilación mecánica por cualquier indicación más de 9 h	Desconexión con SmartCare® (n = 74) Desconexión estándar <sup>e</sup> (n = 70)	Tiempo total de ventilación mecánica	Desconexión con SmartCare®: 31 horas (19-101) Desconexión estándar: 39 h (20-118) p = 0,178	Tiempo hasta primera extubación: Mediana (P <sub>25</sub> -P <sub>75</sub> ) Desconexión con SmartCare®: 8 h (3-29) Desconexión estándar: 10 h (3-49) p = 0,687

<sup>a</sup> Todos los resultados de variables continuas están expresados en mediana (rango intercuartílico)

<sup>b</sup> La desconexión estándar consiste en: evaluación diaria de los criterios de desconexión, prueba de respiración espontánea (tubo en T o con presión e soporte) en el momento de cumplir criterios y extubación tras pasar la prueba de respiración espontánea.

<sup>c</sup> Artículo en chino, datos obtenidos del abstract en inglés

<sup>d</sup> Definido en el artículo original como 'tiempo hasta separación' que es el tiempo desde que se randomiza al enfermo (inmediatamente después de pasar con éxito una prueba de 30 min con presión de soporte de hasta 20 cmH<sub>2</sub>O) hasta que pasan una prueba de 1 h de duración con presión de soporte de 7 cmH<sub>2</sub>O y PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O.

<sup>e</sup> La desconexión estándar consiste en reducción gradual de la presión de soporte y cuando el enfermo tolera una presión de soporte menor de 12 cmH<sub>2</sub>O se realiza una prueba de respiración espontánea (no se indica el método) de 30 min de duración.

sin estudios suficientes para poder establecer su posible papel en la desconexión de la ventilación mecánica.

En conclusión, parece que, por el momento, todos los modos que están apareciendo para la desconexión de la ventilación mecánica son métodos alternativos. Por ello, nosotros pensamos que lo más eficaz y sencillo es la realización de una prueba diaria de respiración espontánea, de unos treinta minutos de duración, con tubo en T.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alía I, Brochard L, Stewart T, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation. A 28-day international study. *JAMA*. 2002;287:345-55.
2. Esteban A, Ferguson ND, Meade MO, Frutos-Vivar F, Apezteguia C, Brochard L, et al. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;177:170-7.
3. Peñuelas O, Frutos-Vivar F, Nin N, Esteban A, Gordo F, Albaiceta G, et al. ¿Ha cambiado la mortalidad de los pacientes con ventilación mecánica durante la última década? Resultados de 3 estudios internacionales prospectivos. *Med Intensiva*. 2011;35(espec Congr):79.

4. Esteban A, Alía 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;106:1188-93.
5. MacIntyre NR, Cook DJ, Ely Jr EW, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, et al. American College of Chest Physicians; American Association for Respiratory Care; American College of Critical Care Medicine. 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;120:3755-95S.
6. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29:1033-56.
7. Tobin MJ. The new irrationalism in weaning. *J Bras Pneumol*. 2011;37:571-3.
8. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med*. 1996;335:1864-9.
9. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324:1445-50.
10. Esteban A, Alía I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:459-65.
11. Esteban A, Alía I, Tobin MJ, Gil A, Gordo F, Vallverdú I, et al. Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:512-8.
12. Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Reikik N, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;150:896-903.
13. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, Solsona JF, Valverdú I, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *N Engl J Med*. 1995;332:345-50.
14. Peñuelas O, Frutos-Vivar F, Fernández C, Anzueto A, Epstein SK, Apezteguía C, et al. Characteristics and Outcomes of Ventilated Patients According to Time to Liberation from Mechanical Ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;184:430-7.
15. Funk GC, Anders S, Breyer MK, Burghuber OC, Edelmann G, Heindl W, et al. Incidence and outcome of weaning from mechanical ventilation according to new categories. *Eur Respir J*. 2010;35:88-94.
16. Sellares J, Ferrer M, Cano E, Loureiro H, Valencia M, Torres A. Predictors of prolonged weaning and survival during ventilator weaning in a respiratory ICU. *Intensive Care Med*. 2011;37:775-84.
17. Tomlinson 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;96:348-52.
18. Esen F, Denkel T, Telci L, Kesecioglu J, Tütüncü AS, Akpir K, et al. Comparison of pressure support ventilation (PSV) and intermittent mandatory ventilation (IMV) during weaning in patients with acute respiratory failure. *Adv Exp Med Biol*. 1992;317:371-6.
19. Butler R, Keenan SP, Inman KJ, Sibbald WJ, Block G. Is there a preferred technique for weaning the difficult-to-wean patient? A systematic review of the literature. *Crit Care Med*. 1999;27:2331-6.
20. Udawadia ZF, Santis GK, Steven MH, Simonds AK. Nasal ventilation to facilitate weaning in patients with chronic respiratory insufficiency. *Thorax*. 1992;47:715-8.
21. Nava S, Ambrosino N, Clini E, Prato M, Orlando G, Vitacca M, et al. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial. *Annals Intern Med*. 1998;128:721-8.
22. Girault C, Daudenthun I, Chevron V, Tamion F, Leroy J, Bonmarchand G. 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.
23. Hill NS, Lin D, Levy M, O'Brien A, Klinger J, Houtchens J, et al. Noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) to facilitate extubation after acute respiratory failure: a feasibility study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161:B18.
24. Chen J, Qiu D, Tao D. Time for extubation and sequential noninvasive mechanical ventilation in COPD patients with acute exacerbated respiratory failure who received invasive ventilation. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2001;24:99-100.
25. Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, Bauer TT, Gonzalez G, Carrillo A, et al. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;168:70-6.
26. Rabie GM, Mohamed AZ, Mohamed R. Noninvasive ventilation in the weaning of patients with acute-on-chronic respiratory failure due to COPD. *Chest*. 2004;126 Suppl:755S.
27. Wang X, Due X, Zhang W. Observation of the effect and the time for extubation and sequential noninvasive mechanical ventilation in COPD patients with exacerbated respiratory failure who received invasive ventilation. *Shandong Med Journal*. 2004;44:4-6.
28. Zheng R, Liu L, Yang Yi. Prospective randomized controlled clinical study of sequential non-invasive following invasive mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure induced by COPD. *Chin J Emerg Med*. 2005;14:21-5.
29. Zou S, Zou R, Chen P, Luo H, Xiang X, Lu Y, et al. Application of sequential noninvasive following invasive mechanical ventilation in COPD patients with severe respiratory failure by investigating the appearance of the pulmonary-infection-control-window. *J Cent South Univ (Med Sci)*. 2006;31:120-5.
30. Wang C. Pulmonary infection control window in treatment of severe respiratory failure of chronic obstructive pulmonary diseases: a prospective, randomized controlled, multi-centre study. Collaborating Research Group for Noninvasive Mechanical Ventilation of Chinese Respiratory Society. *Chin Med J*. 2005;118:1589-94.
31. Trevisan CE, Vieira SR, Research Group in Mechanical Ventilation Weaning. Noninvasive mechanical ventilation may be useful in treating patients who fail weaning from invasive mechanical ventilation: a randomized clinical trial. *Crit Care*. 2008;12:R51.
32. Prasad SB, Chaudhry D, Khanna R. Role of noninvasive ventilation in weaning from mechanical ventilation in patients of chronic obstructive pulmonary disease: an Indian experience. *Indian J Crit Care Med*. 2009;13:207-12.
33. Girault C, Bubenheim M, Abroug F, Diehl JL, Elatrous S, Beuret P, et al., VENISE Trial Group. Noninvasive ventilation and weaning in patients with chronic hypercapnic respiratory failure: a randomized multicenter trial. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;184:672-9.
34. Esteban A, Frutos-Vivar F. Noninvasive ventilation as a weaning tool. *Chest*. 2010;138:1284-5.
35. Burns KE, Adhikari NK, Keenan SP, Meade MO. Noninvasive positive pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010:CD004127.

36. Bersten AD, Rutten AJ, Vedig AE, Skowronski GA. Additional work of breathing imposed by endotracheal tubes, breathing circuits, and intensive care ventilators. *Crit Care Med*. 1989;17:671-7.
37. 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;75:739-45.
38. Guttman J, Bernhard H, Mols G, Benzing A, Hofmann P, Haberthur C, et al. Respiratory comfort of automatic tube compensation and inspiratory pressure support in conscious humans. *Intensive Care Med*. 1997;23:1119-24.
39. Guttman J, Haberthur C, Mols G, Lichtwarck-Aschoff M. Automatic tube compensation (ATC). *Minerva Anestesiol*. 2002;68:369-77.
40. Fabry B, Haberthur C, Zappe D, Guttman J, Kuhlen R, Stocker R. Breathing pattern and additional work of breathing in spontaneously breathing patients with different ventilatory demands during inspiratory pressure support and automatic tube compensation. *Intensive Care Med*. 1997;23:545-52.
41. Unoki T, Serita A, Grap MJ. Automatic Tube Compensation during weaning from mechanical ventilation: Evidence and clinical implications. *Crit Care Nurse*. 2008;28:34-42.
42. Haberthür C, Mols G, Elsasser S, Bingisser R, Stocker R, Guttman J. Extubation after breathing trials with automatic tube compensation, T-tube, or pressure support ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2002;46:973-9.
43. Cohen JD, Shapiro M, Grozovski E, Lev S, Fisher H, Singer P. Extubation outcome following a spontaneous breathing trial with automatic tube compensation versus continuous positive airway pressure. *Crit Care Med*. 2006;34:682-6.
44. Cohen J, Shapiro M, Grozovski E, Fox B, Lev S, Singer P. Prediction of extubation outcome: a randomised, controlled trial with automatic tube compensation vs. pressure support ventilation. *Crit Care*. 2009;13:R21.
45. Figueroa-Casas JB, Montoya R, Arzabala A, Connery SM. Comparison between automatic tube compensation and continuous positive airway pressure during spontaneous breathing trials. *Respir Care*. 2010;55:549-54.
46. Aggarwal AN, Agarwal R, Gupta D. Automatic tube compensation as an adjunct for weaning in patients with severe neuroparalytic snake envenomation requiring mechanical ventilation: a pilot randomized study. *Respir Care*. 2009;54:1697-702.
47. Cabello B, Mancebo J. Resultado de la extubación tras una prueba de respiración espontánea con compensación automática del tubo frente a presión positiva continua de la vía aérea. *Med Intensiva*. 2007;31:399-401.
48. Tanios M, Epstein SK. Spontaneous breathing trials: should we use automatic tube compensation? *Respir Care*. 2010;55:640-2.
49. Hewlett AM, Platt AS, Terry VG. Mandatory minute volume. A new concept in weaning from mechanical ventilation. *Anaesthesia*. 1977;32:163-9.
50. Davis S, Potgieter PD, Linton DM. Mandatory minute volume weaning in patients with pulmonary pathology. *Anaest Intensive Care*. 1989;17:170-4.
51. Laubscher TP, Heinrichs W, Weiler N, Hartmann G, Brunner JX. An adaptive lung ventilation controller. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1994;41:51-9.
52. Laubscher TP, Frutiger A, Fanconi S, Jutzi H, Brunner JX. Automatic selection of tidal volume, respiratory frequency and minute ventilation in intubated ICU patients as start up procedure for closed-loop controlled ventilation. *Int J Clin Monit Comput*. 1994;11:19-30.
53. Otis AB, Fenn WO, Rahn H. Mechanics of breathing in man. *J Appl Physiol*. 1950;2:592-607.
54. Tassaux D, Dalmas E, Gratadour P, Jolliet Ph. Patient-ventilator interactions during partial ventilatory support: A preliminary study comparing the effects of adaptive support ventilation with synchronized intermittent mandatory ventilation plus inspiratory pressure support. *Crit Care Med*. 2002;30:801-7.
55. Radford EP, Ferris BG, Kriete BC. Clinical use of a nomogram to estimate proper ventilation during artificial respiration. *N Engl J Med*. 1954;251:877-83.
56. Sulzer CF, Chioleró R, Chassot PG, Mueller XM, Revelly JP. Adaptive support ventilation for fast tracheal extubation after cardiac surgery: a randomized controlled study. *Anesthesiology*. 2001;95:1339-45.
57. Petter AH, Chioleró RL, Cassina T, Chassot PG, Müller XM, Revelly JP. Automatic "respirator/weaning" with adaptive support ventilation: the effect on duration of endotracheal intubation and patient management. *Anesth Analg*. 2003;97:1743-50.
58. Gruber PC, Gomersall CD, Leung P, Joynt GM, Ng SK, Ho KM, et al. Randomized controlled trial comparing adaptive-support ventilation with pressure-regulated volume-controlled ventilation with automode in weaning patients after cardiac surgery. *Anesthesiology*. 2008;109:81-7.
59. Dongelmans DA, Veelo DP, Paulus F, de Mol BA, Korevaar JC, Kudoga A, et al. Weaning automation with adaptive support ventilation: a randomized controlled trial in cardiothoracic surgery patients. *Anesth Analg*. 2009;108:565-71.
60. Kirakli C, Ozdemir I, Ucar ZZ, Cimen P, Kepil S, Ozkan SA. Adaptive support ventilation for faster weaning in COPD: a randomized controlled trial. *Eur Respir J*. 2011;38:774-80.
61. Neumann A, Schmidt H. SmartCare®/PS. The automated weaning protocol. [Internet] Lübeck, Alemania [consultado 30 May 2012]. Disponible en: [http://www.draeger.com/media/10/03/10/10031082/smartcare\\_ps\\_booklet\\_9051398\\_en.pdf](http://www.draeger.com/media/10/03/10/10031082/smartcare_ps_booklet_9051398_en.pdf)
62. Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P, Roeseler J, Schortgen F, Dojat M, et al. A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174:894-900.
63. Jiang H, Yu SY, Wang LW. Comparison of SmartCare and spontaneous breathing trials for weaning old patients with chronic obstructive pulmonary diseases [Article in Chinese]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2006;29:545-8.
64. Rose L, Presneill JJ, Johnston L, Cade JF. A randomised, controlled trial of conventional versus automated weaning from mechanical ventilation using SmartCare/PS. *Intensive Care Med*. 2008;34:1788-95.
65. Schädler D, Engel C, Elke G, Pulletz S, Haake N, Frerichs I, et al. Automatic control of pressure support for ventilator weaning in surgical intensive care patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012;185:637-44.
66. Taniguchi C, Eid RC, Saghabi C, Souza R, Silva E, Knobel E, et al. Automatic versus manual pressure support reduction in the weaning of post-operative patients: a randomised controlled trial. *Crit Care*. 2009;13:R6.
67. Alía I, Yañez E, Frutos F, Gordo F, Esteban A. Evaluación del patrón ventilatorio y del trabajo respiratorio con el patrón espontáneo amplificado (PEA). *Med Intensiva*. 1999;23:347-53.
68. Younes M. Proportional-Assist ventilation. En: Tobin Martin J, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill; 2006. p. 335-64.
69. Suarez-Sipmann F, Pérez Márquez M, González Arenas P. Nuevos modos de ventilación: NAVA. *Med Intensiva*. 2008;32:398-403.
70. Hendrix H, Kaiser ME, Yusen RD, Merk J. A randomized trial of automated versus conventional protocol-driven weaning from mechanical ventilation following coronary artery bypass surgery. *Eur Cardiothoracic Surg*. 2006;29:957-63.