



## Revisión

## Prevenición no farmacológica de la neumonía asociada a ventilación mecánica

Luis Aurelio Díaz<sup>a</sup>, Mireia Llauradó<sup>b</sup>, Jordi Rello<sup>b,c</sup> y Marcos I. Restrepo<sup>d,\*</sup><sup>a</sup> Geisinger Health System, Danville, Pensilvania, EE.UU.<sup>b</sup> CIBER de Enfermedades Respiratorias (CibeRes), Hospital Universitario Joan XXIII, Tarragona, España<sup>c</sup> Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili (IISPV), Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España<sup>d</sup> VERDICT, South Texas Veterans Health Care System Audie L. Murphy Division, University of Texas Health Science Center at San Antonio, Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, San Antonio, Texas, EE.UU.

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 2 de abril de 2009

Aceptado el 30 de agosto de 2009

On-line el 9 de octubre de 2009

## Palabras clave:

Neumonía asociada a ventilación mecánica

Respiración artificial

Infección hospitalaria

Unidad de cuidados intensivos

Prevención de enfermedades

## Keywords:

Ventilator-associated pneumonia

Artificial respiration

Cross infection

Intensive care unit

Disease prevention

## RESUMEN

La neumonía asociada a ventilación mecánica es la primera causa de mortalidad por infecciones nosocomiales en la unidad de cuidados intensivos. Su incidencia oscila entre el 9 y el 67% de los pacientes que requieren ventilación mecánica. Hay múltiples factores de riesgo asociados y aumenta significativamente la estancia en la unidad de cuidados intensivos y en el hospital. El coste adicional por cada neumonía asociada a ventilación mecánica oscila entre 9.000 y 31.000 €.

Por tanto, su prevención debe considerarse una prioridad. Ésta podría disminuir tanto la morbilidad asociada como el coste de la atención, y mejorar la seguridad del paciente.

© 2009 SEPAR. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

## Non-Pharmacological Prevention of Ventilator Associated Pneumonia

## ABSTRACT

Ventilator-associated pneumonia (VAP) is the first cause of mortality due to nosocomial infections in the intensive care unit. Its incidence ranges from 9% to 67% of patients on mechanical ventilation. Risk factors are multiple and are associated with prolonged stays in hospital and intensive care units. Additional costs for each episode of VAP range from 9,000 € to 31,000 €.

Thus, its prevention should be considered as a priority. This prevention could decrease associated morbidity, mortality, costs, and increase patient safety.

© 2009 SEPAR. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducción

La neumonía asociada a ventilación mecánica (NAV) es la primera causa de mortalidad atribuible a infecciones nosocomiales y tiene el mayor impacto en la morbilidad de los pacientes hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos (UCI)<sup>1-4</sup>. Su incidencia oscila entre el 9 y el 67% de los pacientes intubados y se notifican de 4,4 a 15,2 casos por cada 1.000 días de ventilación mecánica (VM)<sup>5</sup>.

Los factores de riesgo para la NAV son múltiples y se dividen en modificables y no modificables<sup>2,6,7</sup> (tabla 1). Ésta se clasifica en temprana o tardía según se desarrolle en los primeros 4 días de VM o posteriormente<sup>8,9</sup>. Los organismos causantes de la NAV temprana son los que generalmente producen las neumonías

adquiridas en la comunidad, y los responsables de las NAV tardías generalmente son organismos multiresistentes<sup>10,11</sup>.

La mortalidad atribuible, en la que influyen múltiples factores, puede ser superior al 50%, y es más alta en el grupo de pacientes con bacteriemia o infecciones por *Pseudomonas aeruginosa* o *Acinetobacter* sp.<sup>12-16</sup>.

Varios autores han evidenciado un aumento de la estancia en la UCI debido a la NAV de entre 4,3 y 13 días<sup>13,14,17</sup>. El coste por cada NAV se calcula entre 9.000 y 31.000 €<sup>2,3,13,18</sup>.

Varios autores han descrito una disminución de la incidencia de la NAV del 44,5 al 59% aplicando la Ventilator Bundle, que es un grupo de intervenciones sencillas que se aplican conjuntamente, así como una reducción de los días de VM y los de estancia en la UCI y el hospital<sup>19-21</sup>.

Blot et al<sup>22</sup>, en el estudio EVIDENCE, realizaron un cuestionario sobre el conocimiento de las guías de prevención de la NAV entre profesionales de enfermería. Los encuestados obtuvieron una puntuación global del 41,2% de respuestas correctas.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: restrepom@uthscsa.edu (M.I. Restrepo).

Diferentes estudios han evaluado el cumplimiento de las guías. Rello et al<sup>23</sup> comunicaron un incumplimiento de las guías no farmacológicas por parte del personal médico de un 19,6%. Las causas más comunes de no cumplimiento fueron el desacuerdo con los resultados de los ensayos, el hecho de no disponer de los recursos y el coste. Respecto al personal de enfermería, Ricart et al<sup>24</sup> notificaron una falta de cumplimiento de las guías de un 22,3%. Las razones más comunes fueron la no disponibilidad de los recursos, el malestar del paciente, el desacuerdo con los resultados de los ensayos, el miedo a los efectos adversos y el coste.

Al menos 2 estudios multicéntricos han evaluado el cumplimiento de las medidas no farmacológicas y han encontrado un cumplimiento elevado, aunque hay diferencias entre ellos, tal como se muestra en la tabla 2<sup>25,26</sup>.

En conclusión, es notoria la importancia de difundir las medidas preventivas de la NAV con el objetivo de mejorar los resultados.

En este artículo se revisan las medidas no farmacológicas, que son las más económicas y, en su mayoría, fáciles de aplicar, dada la importancia de difundirlas para poder mejorar las consecuencias derivadas de la NAV (tabla 3)<sup>27,28</sup>.

**Tabla 1**Factores de riesgo para la neumonía asociada a ventilación mecánica<sup>2,6,7</sup>

Factores modificables	
1. Posición supina	
2. Sobredistensión gástrica	
3. Contaminación de las tubuladuras del respirador	
4. Traslados frecuentes del paciente	
5. Baja presión del neumotaponamiento	
Factores no modificables	
1. Sexo masculino	
2. Edad mayor de 60 años	
3. Síndrome de dificultad respiratoria aguda del adulto	
4. Fallo multiorgánico	
5. Coma	
6. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	
7. Traqueotomía	
8. Reintubación	
9. Neurocirugía	
10. Traumatismo craneoencefálico con seguimiento de la presión intracraneal	

**Tabla 2**Comparación del cumplimiento de medidas no farmacológicas<sup>25,26</sup>

	Global		Hospitales universitarios		Hospitales no universitarios		Camas de hospital				Camas de UCI			
							> 500		=500		> 10		=10	
	R (n = 24)	S (n = 28)	R (n = 9)	S (n = 15)	R (n = 14)	S (n = 13)	R (n = 4)	S (n = 14)	R (n = 20)	S (n = 14)	R (n = 16)	S (n = 14)	R (n = 8)	S (n = 14)
Cambio de tubuladuras del respirador cada=72 h	96,5	71	100	80	93	62	100	79	95	64	100	79	94	64
Humidificadores con intercambiadores calor/humedad	57	96	67	100	47	92	50	100	55	93	50	100	56	93
Uso de equipos de succión abierta	26	96,6	45	93	7	100	0	93	25	100	12,5	100	25	92
Uso de equipos de succión abierta y cerrada	59		45		73		75		60		62,5		62,5	
Equipos de succión subglótica	41	0	22	0	60	0	0	0	55	0	56	0	25	0
Control diario del neumotaponamiento del tubo endotraqueal	74	58	67	47	81	69	25	43	85	71	75	43	75	71
Posición en semisedestación	75,5	92,5	78	93	73	92	75	93	75	93	100	93	62	93
Ventilación no invasiva como primera línea de tratamiento	75,5	70	78	71	73	69	75	77	75	64	75	69	75	71

Los valores están expresados en porcentajes. R: De Rosa et al<sup>26</sup>; S: Sierra et al<sup>25</sup>; UCI: unidad de cuidados intensivos.

## Medidas generales para el control de infecciones

Éstas se han dirigido a evitar la transmisión cruzada y a optimizar el uso de los dispositivos invasivos<sup>29–31</sup>. Dentro de las estrategias para prevenir la NAV figura un programa estricto de control de infecciones que incluye la educación del equipo sanitario, la adecuada desinfección de las manos, la utilización de los métodos de barrera y un protocolo de vigilancia microbiológica<sup>2,32,33</sup>.

### Higiene de las manos

Los organismos causantes de la NAV, en especial bacilos gramnegativos y *Staphylococcus aureus*, son propios del ambiente hospitalario, y su transmisión al paciente ocurre frecuentemente a partir de la colonización de las manos del personal sanitario<sup>34–36</sup>.

Las guías para la higiene de las manos en los centros sanitarios del Center for Disease Control and Prevention describen que, según múltiples estudios observacionales, el cumplimiento de la recomendación de lavarse las manos entre el personal sanitario es escaso, cercano al 40%<sup>30</sup>. Bonten et al<sup>37,38</sup> comunican que el cumplimiento de esta medida es inferior entre los médicos (enfermeras: 40%; médicos: 25%). Sin embargo, el uso de soluciones alcohólicas ha aumentado el cumplimiento (del 48 al 66%) y disminuido la tasa de infecciones nosocomiales (del 17 al 9,9%)<sup>39</sup>.

### Ratio adecuada de personal sanitario

Needleman et al<sup>40</sup> han encontrado una asociación importante entre el mayor número de horas de atención por la enfermera jefe y una disminución de la incidencia de 5 efectos adversos—infección urinaria, hemorragia digestiva alta, neumonía nosocomial, choque o paro cardíaco y “fallo en el rescate” (muerte de un paciente asociada a una complicación)—y de la estancia hospitalaria.

Cho et al<sup>41</sup>, en un estudio retrospectivo que incluyó a 124.204 pacientes, concluyeron que la sobrecarga de trabajo para el equipo de enfermería contribuye a que se presenten errores en las medidas de control de infecciones, como la desinfección de las manos y el aislamiento de pacientes infectados por organismos multirresistentes.

**Tabla 3**  
Prevenición de la neumonía asociada a ventilación mecánica (NAV). Resumen de las medidas no farmacológicas

Medidas no farmacológicas	ATS/IDSA 2005 <sup>1</sup>	CDC 2003 <sup>2</sup>	ETF 2001 <sup>27</sup>	CCCS 2004 <sup>28</sup>	Comentarios y recomendaciones
Medidas generales para el control de infecciones	Sí	Sí	Sí	Sin mención	Sí. Educación al grupo, vigilancia microbiológica
Ratio adecuada de personal sanitario	Sí	Sin mención	Sin mención	Sin mención	Sí. Se propone una adecuada relación enfermera-paciente (1:1) y terapeuta respiratorio entrenado en UCI
Evitar los traslados intrahospitalarios innecesarios	Sin mención	Sin mención	Sin mención	Sin mención	Sí. Si es necesario, tomar medidas para evitar la NAV
Uso de ventilación mecánica no invasiva	Sí	Sí	Sí	Sin mención	Sí. Alternativa para EPOC descompensada, insuficiencia respiratoria hipoxémica y algunos pacientes inmunodeprimidos
Desconexión temprana de la ventilación mecánica	Sí	Sin mención	Sin mención	Sin mención	Sí. Interrumpir la sedación diariamente, implementar una guía para extubación temprana
Intubación orotraqueal/sonda orogástrica	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí. Intubación orotraqueal y sonda orogástrica
Prevención de la formación de biofilme o biocapa	Sin mención	Sin mención	Sin mención	Sin mención	Se debe investigar
Drenaje de secreciones subglóticas	Sí	Sí	Se debe investigar	Sí	Sí. Especialmente en las UCI donde la incidencia de NAV sea alta
Control de la presión del neumotaponamiento	Sí	Sin mención	Sí	Sin mención	Sí. Por lo menos a 20 cmH <sub>2</sub> O. Aunque puede haber fuga de secreciones
Evitar cambios o manipulación en las tubuladuras del respirador	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí. Sólo cambiarlas cuando estén visualmente contaminadas
Posición de semisedestación	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí. Permanencia a 30–45° todo el tiempo
Camas cinéticas	Sin mención	Se debe investigar	Sin mención	Sí	Sí. Indicadas en pacientes posquirúrgicos y neurológicos
Nutrición enteral	Sí	Sin mención	Se debe investigar	Sin mención	Sí, tan temprano como sea posible
Nutrición enteral gástrica o pospilórica		Pospilórica	Sin mención	Se debe investigar	Sin mención
Gástrica si no hay evidencia de alteración de la motilidad gastrointestinal					

ATS/IDSA: American Thoracic Society/Infectious Diseases Society of America; CCCS: Canadian Critical Care Society; CDC: Centers for Disease Control and Prevention; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; ETF: European Task Force; UCI: unidad de cuidados intensivos.

La participación de terapeutas respiratorios facilita el éxito de los programas educativos y de la implementación de protocolos dirigidos a disminuir la incidencia de NAV<sup>42</sup>. Se recomienda tener una ratio enfermera:paciente de 1:1. Además, los terapeutas respiratorios deben intervenir en la UCI con el objetivo de compartir responsabilidades y trabajar en equipo.

### Evitar los traslados intrahospitalarios innecesarios

A menudo es necesario el traslado de los pacientes con VM desde la UCI a otras áreas del hospital para la realización de pruebas diagnósticas y terapéuticas. Los pacientes pueden permanecer en posición supina durante largos períodos de tiempo y las tubuladuras del respirador son manipuladas a menudo, lo que facilita la aspiración de secreciones contaminadas. El traslado intrahospitalario de pacientes con VM aumenta el riesgo de desarrollar NAV.

Al menos 2 estudios describen que, de los pacientes que tuvieron como mínimo un traslado fuera de la UCI, el 24–26% presentó NAV, mientras que entre los pacientes no trasladados ésta ocurrió en un 4–10% ( $p = 0,001$ )<sup>43,44</sup>. A pesar de todo, no se ha establecido la causa fisiopatológica que explica estos hallazgos. Se recomienda que, cuando sea necesario el traslado de estos pacientes, se tomen medidas preventivas, tales como suspender la nutrición enteral 4 h antes del traslado, evitar el desplazamiento de condensaciones hacia la vía aérea inferior al manipular las tubuladuras del respirador y, si no hay contraindicaciones, trasladar al paciente en posición semisentado.

### Uso de la ventilación mecánica no invasiva (VMNI)

Los pacientes intubados tienen hasta 21 veces más riesgo de adquirir una neumonía nosocomial que los pacientes sin vía aérea

artificial<sup>45</sup>. Además de la depresión de los mecanismos de defensa del paciente, la inserción de un tubo endotraqueal es una maniobra invasiva que puede producir lesiones en la mucosa traqueal y anular el reflejo tusígeno. Esto lleva a la acumulación de secreciones subglóticas que generan inóculos bacterianos y facilitan su entrada al pulmón<sup>46–48</sup>.

Las guías de la American Thoracic Society/Infectious Disease Society of America recomiendan la VMNI como alternativa para los pacientes con exacerbaciones agudas de enfermedad pulmonar obstructiva crónica o insuficiencia respiratoria hipoxémica, y para algunos pacientes inmunodeprimidos con insuficiencia respiratoria, infiltrados pulmonares y fiebre. La evidencia indica que se produce una disminución de la incidencia de neumonía nosocomial y de la mortalidad<sup>1,49,50</sup>.

La utilización de la VMNI para evitar la reintubación posterior a una extubación fallida es una medida cuestionada. En un estudio multicéntrico realizado en 37 centros de 8 países, se demostró que la aplicación de VMNI a pacientes con extubación fallida no evitó la necesidad de reintubación ni redujo la mortalidad. Sin embargo, el tiempo de reintubación fue mayor en los pacientes tratados con VMNI<sup>51</sup>. A pesar de esto, puede ser una alternativa para la extubación en pacientes con hipercapnia<sup>52–55</sup>.

### Desconexión temprana de la ventilación mecánica

Aunque no siempre es posible evitar la intubación endotraqueal, debe haber una estrategia para retirarla. La reducción del tiempo de VM tiene la capacidad de reducir la incidencia de NAV de manera importante y disminuir los costes<sup>56,57</sup>. Estudios no controlados han evidenciado que el seguimiento de un protocolo dirigido a la extubación temprana de los pacientes ventilados disminuye la duración de la VM<sup>58–61</sup>. Marelich et al<sup>42</sup> publicaron

los resultados de un ensayo clínico controlado en 385 pacientes donde los terapeutas respiratorios y enfermeras aplicaron un protocolo para la extubación temprana, el cual permitió reducir el tiempo de VM en 2,33 días. Ese mismo año, se publicó un metaanálisis donde se recomendaba la utilización de protocolos de desconexión temprana de la VM con la participación de enfermeras y terapeutas respiratorios en su implementación<sup>62</sup>. Estas estrategias—interrupción diaria de la sedación (a pesar de ser una medida farmacológica) y seguimiento de un protocolo de extubación temprana—han demostrado acortar el tiempo de la VM<sup>42,62–65</sup>.

### Intubación orotraqueal/sonda orogástrica

Está demostrado que la inserción de sondas o tubos que impidan el drenaje de los senos paranasales durante más de 48 h favorece la aparición de sinusitis nosocomial<sup>66,67</sup>. Holzapfel et al<sup>68</sup> demostraron que, comparada con la intubación nasotraqueal, la intubación orotraqueal se asociaba a una menor incidencia de NAV. Se recomienda la utilización de la vía orofaríngea para la intubación endotraqueal y la inserción de sondas orogástricas, dada la disminución de la incidencia de sinusitis y de NAV<sup>69–72</sup>. Un estudio clínico controlado demostró que la búsqueda sistemática de sinusitis maxilar en los pacientes intubados por vía nasotraqueal podría disminuir la incidencia de NAV<sup>72</sup>. Sin embargo, no se recomienda la búsqueda sistemática de sinusitis en pacientes con intubación orotraqueal, ya que la literatura médica no es concluyente<sup>67,73</sup>.

### Prevención de la formación de biofilme o biocapa

En 1986 Sottile et al<sup>74</sup> describieron la presencia del biofilme o biocapa, compuesto por un agregado de bacterias formado en el interior del tubo endotraqueal que protege a los organismos de la acción de los antibióticos y de las defensas del paciente. Feldman et al<sup>75</sup> estudiaron la colonización de los tubos endotraqueales de pacientes con VM y encontraron que todos los tubos tenían una biocapa en el tercio distal. Adair et al<sup>76</sup> investigaron la resistencia antibiótica de la biocapa del tubo endotraqueal y los organismos pulmonares en la NAV, y concluyeron que el 70% de los pacientes con NAV tenía los mismos organismos en la biocapa del tubo y en las secreciones traqueales.

Otra estrategia consiste en evitar o reducir la formación de la biocapa, para lo cual se han diseñado tubos endotraqueales recubiertos de plata<sup>77</sup>. La plata previene la formación de la biocapa, tiene actividad bactericida, reduce la carga bacteriana y disminuye la inflamación<sup>77</sup>. Rello et al<sup>78</sup> informaron de que la utilización del tubo endotraqueal recubierto de plata es segura, retrasa la colonización del tubo endotraqueal, reduce la formación de la biocapa y disminuye la carga bacteriana, y concluyeron que se requieren estudios clínicos controlados para establecer la eficacia del dispositivo en la prevención de la NAV. En noviembre de 2007, la Food and Drug Administration autorizó la venta del tubo endotraqueal recubierto de plata. En un ensayo clínico controlado con 2.003 pacientes intubados durante más de 24 h, Kollef et al<sup>79</sup> concluyeron que aquellos en quienes se utilizó el tubo endotraqueal recubierto de plata tuvieron una incidencia menor de NAV comprobada microbiológicamente ( $p=0,03$ ). Además, se retrasó el desarrollo de NAV con el tubo endotraqueal recubierto de plata cuando se comparó con un tubo similar sin plata ( $p=0,005$ ).

### Drenaje de secreciones subglóticas

Uno de los mecanismos principales para el desarrollo de NAV es la colonización bacteriana de la orofaringe y la aspiración de secreciones subglóticas<sup>80</sup>. La presencia del tubo endotraqueal lleva a la acumulación de secreciones de la orofaringe o del tracto gastrointestinal por encima del balón del neumotaponamiento<sup>46</sup> y, a pesar de un adecuado control de la presión del neumotaponamiento, puede haber aspiración de secreciones<sup>81</sup>. Por eso es lógico pensar que aspirar las secreciones subglóticas continuamente puede prevenir la aparición de NAV. Se diseñó para este efecto un tubo endotraqueal con un canal dorsal adicional que permite la aspiración continua o intermitente de secreciones subglóticas (HI-LO Evac-tube, Mallinckrodt, Hazelwood, Missouri, EE.UU.). Al menos 5 ensayos clínicos controlados y un metaanálisis demuestran una disminución de la incidencia de NAV, especialmente la de inicio temprano, pero no de la mortalidad, estancia en la UCI o tiempo de VM<sup>82–85</sup>. Es importante mencionar que el canal dorsal para la aspiración de secreciones puede obstruirse. Rello et al<sup>47</sup> observaron una disfunción en la aspiración continua de secreciones con este tubo en el 34% de los pacientes. Además, una publicación reciente que ha investigado la causa de esta disfunción encontró que la más frecuente era el prolapso de la mucosa traqueal a través del puerto de succión subglótica, lo que expone al paciente a un posible riesgo de lesión traqueal en dicha zona<sup>86</sup>. Este estudio se realizó en pacientes con aspiración continua de secreciones subglóticas, de modo que queda por establecer si esta disfunción no se presenta en la succión intermitente.

Todo y la limitada evidencia, hay un tubo endotraqueal, Microcuff<sup>TM</sup>, que incorpora un neumotaponamiento con membrana de poliuretano ultradelgada (7  $\mu$ , en comparación con las 50  $\mu$  de los neumotaponamientos convencionales) y proporciona un mejor sellado de la vía aérea, con lo que se reduce la formación de los pliegues que se crean cuando se infla el neumotaponamiento<sup>87</sup>. Por otra parte, el tubo endotraqueal SealGuard Evac (Mallinckrodt) incorpora neumotaponamiento de poliuretano y succión de secreciones subglóticas<sup>88</sup>. Un estudio prospectivo y aleatorizado con 280 pacientes comparó el tubo convencional con el tubo endotraqueal SealGuard Evac (Mallinckrodt), y encontró una disminución significativa, de más de 3 veces, de la incidencia de NAV temprana y tardía utilizando el drenaje de secreciones subglóticas de forma intermitente<sup>88</sup>.

En un estudio aleatorizado, Bouza et al<sup>89</sup> compararon la aspiración convencional con la aspiración de secreciones subglóticas de forma continua en pacientes operados de cirugía cardíaca, y concluyeron que los pacientes con más de 48 h de VM y aspiración subglótica tuvieron una incidencia menor de NAV ( $p=0,03$ ) y que la medida disminuyó el uso de antibióticos ( $p<0,001$ ).

### Control de la presión del neumotaponamiento

Una función fundamental del neumotaponamiento del tubo endotraqueal es sellar la vía aérea de tal manera que no permita la fuga de aire al exterior, que no comprometa la perfusión de la mucosa traqueal y que impida el paso de secreciones subglóticas a la vía aérea inferior<sup>47,90,91</sup>. Los neumotaponamientos convencionales, de alto volumen y baja presión, no pueden prevenir las microaspiraciones ni con presiones de hasta 60 cmH<sub>2</sub>O<sup>92</sup>. A pesar de un control automático de la presión del balón, puede haber paso de secreciones hacia la vía aérea inferior<sup>81</sup>. Teniendo en cuenta la información disponible, se recomienda mantener la presión del balón de neumotaponamiento entre 20 y 30 cmH<sub>2</sub>O, todo y que la prevención de las microaspiraciones no sea óptima,

ya que el aumento de la presión del neumotaponamiento por encima de 30 cmH<sub>2</sub>O puede producir lesión traqueal<sup>1,6,93-97</sup>.

### Evitar cambios o manipulación de las tubuladuras del respirador

Las condensaciones que aparecen en las tubuladuras del respirador que utilizan humidificadores, especialmente los de agua caliente, corren el riesgo de contaminarse. Craven et al<sup>98</sup> demostraron una mayor incidencia de NAV en los pacientes a quienes se cambiaban los circuitos del ventilador cada 24 h, comparados con aquellos en quienes el cambio se realizaba cada 48 h. Posteriormente Kollef<sup>99</sup> describió que cambiar las tubuladuras del respirador cada 7 días no aumentaba la incidencia de NAV, pero sí incrementaba los costes.

Se deben implementar procedimientos adecuados para drenar las condensaciones y evitar que el personal sanitario facilite su desplazamiento hacia la vía aérea inferior con los movimientos del paciente o de las tubuladuras<sup>100-102</sup>. Por tanto, se recomienda cambiarlas cuando se encuentren visualmente contaminadas de sangre, vómito o secreciones purulentas<sup>1,103,104</sup>.

Con respecto a los humidificadores de agua caliente y a los intercambiadores de calor y humedad, se considera que estos últimos pueden reducir la acumulación de condensaciones y la colonización de las tubuladuras, pero no se ha asociado a una disminución de la incidencia de NAV<sup>103,105,106</sup>.

### Posición de semisedestación

Al menos 3 estudios con marcación radiactiva del contenido gástrico han demostrado que el reflujo gástrico y su posterior aspiración en los pacientes con VM podían evitarse con la semisedestación<sup>92,107,108</sup>. La posición supina facilita la aspiración de secreciones subglóticas, especialmente cuando el paciente recibe nutrición enteral<sup>92,109,110</sup>. Drakulovic et al<sup>110</sup> demostraron el beneficio de la semisedestación (45°), que disminuyó la tasa de aspiración orogástrica y la incidencia de NAV (3 veces menos)<sup>110,111</sup>; además se observó una tendencia a disminuir la tasa de mortalidad cuando se comparó con la posición supina neutra (0°)<sup>110</sup>. Recientemente, Van Nieuwenhoven et al<sup>112</sup>, en un ensayo clínico controlado, cuestionan la viabilidad de mantener a los pacientes constantemente en semisedestación (45°) y su utilidad para prevenir la NAV. En 4 UCI de Holanda aleatorizaron a 221 pacientes en 2 grupos: uno con la cabecera a 45° y otro a 10°. No se logró la meta de cabecera a 45° durante el 85% del tiempo y la diferencia obtenida entre los 2 grupos (28 frente a 10°) no previno el desarrollo de NAV.

Se recomienda la semisedestación especialmente en pacientes que reciban nutrición enteral, debido al bajo coste que esta intervención requiere, su fácil aplicación y su establecida eficacia.

### Camas cinéticas

Los pacientes hospitalizados en la UCI, debido a su confinamiento en cama, corren más riesgo de presentar complicaciones pulmonares (atelectasias, mal manejo de las secreciones, etc.). Se ha propuesto el uso de camas cinéticas, que permiten la rotación continua de estos pacientes para disminuir la incidencia de la NAV. Ensayos clínicos controlados han demostrado una reducción del riesgo de NAV en el grupo de pacientes quirúrgicos y neuroquirúrgicos, sin demostrarlo en pacientes médicos<sup>113,114</sup>. Sin embargo, la utilización de estas camas tiene múltiples barreras: el mayor coste, la posibilidad de desconexión de

catéteres endovenosos y la dificultad para controlar las zonas de presión<sup>113</sup>.

### Nutrición enteral

Está establecido que la desnutrición en el paciente crítico produce deterioro del sistema inmunitario, disfunción del impulso respiratorio y debilidad de los músculos respiratorios, lo que lleva a la dependencia prolongada del respirador y al aumento de la morbimortalidad<sup>115</sup>, además de asociarse a mayor estancia hospitalaria<sup>115,116</sup>. A pesar de que no hay ensayos clínicos controlados que de manera significativa y definitiva demuestren beneficios en los resultados clínicos importantes, tales como la duración de la VM, de la estancia en la UCI y la mortalidad, el soporte nutricional se considera un componente integral de lo que debe ser el tratamiento óptimo de los pacientes en la UCI<sup>117,118</sup>.

Sin embargo, este tratamiento no está exento de complicaciones. La nutrición enteral se ha considerado un factor de riesgo para la NAV dada la posibilidad de aspiración del contenido gástrico<sup>2,92,109,117,119,120</sup>. Una publicación reciente describe que el establecimiento y seguimiento de un protocolo de nutrición enteral, que incluía la semisedestación (> 30°), logró que el 85% de los pacientes obtuviera la meta de nutrición enteral (un 78% antes del protocolo) y que la incidencia de NAV se redujera de 6,8 a 3,2 por cada 1.000 días de VM<sup>121</sup>.

En una revisión sistemática de la literatura médica que comparó la nutrición enteral con la parenteral en pacientes críticos con respecto a su evolución, no hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a mortalidad, pero sí un aumento significativo de las complicaciones infecciosas, tales como NAV, neumonía aspirativa, infecciones urinarias, bacteriemia, abscesos intraabdominales y sepsis asociada a catéter, además de incrementar los costes<sup>122,123</sup>.

Un metaanálisis reciente de 11 ensayos clínicos controlados, realizados en la UCI, que evaluó la mortalidad, el riesgo de aspiración y la neumonía, no encontró diferencias significativas en la evolución y concluyó que, en los pacientes críticos sin evidencia de alteración de la motilidad gastrointestinal, la utilización de nutrición pospilórica no se asociaba a beneficios clínicos<sup>124</sup>.

### Conclusiones

Este artículo revisa la evidencia relacionada con las medidas no farmacológicas que han demostrado tener un impacto en la prevención de la NAV. Se recomienda implementar algunas de estas intervenciones de forma conjunta para obtener mejores resultados.

### Financiación

Financiado en parte por CibeRes y AGAUR SGR 05/520.

El Dr. Restrepo cuenta con una beca de UTHSCSA y NIH a través del mecanismo del CTSA (KL2 RR025766).

### Conflictos de intereses

El Dr. Restrepo ejerce de *speaker* para Ortho-McNeil-Janssen, Johnson & Johnson, Pfizer, BARD Inc. y Covidien. También pertenece al comité de asesoramiento de Ortho-McNeil-Janssen y Johnson & Johnson.

## Bibliografía

- American Thoracic Society, Infectious Diseases Society of America. Guidelines for the management of adults with hospital-acquired, ventilator-associated, and healthcare-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;171:388–416.
- Tablan OC, Anderson LJ, Besser R, Bridges C, Hajjeh R. Guidelines for preventing health-care-associated pneumonia, 2003: recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. *MMWR Recomm Rep.* 2004;53:1–36.
- Rello J, Ollendorf DA, Oster G, Vera-Llonch M, Bellm L, Redman R, et al. Epidemiology and outcomes of ventilator-associated pneumonia in a large US database. *Chest.* 2002;122:2115–21.
- Chastre J, Fagon JY. Ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;165:867–903.
- National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System Report, data summary from January 1992 through June 2004, issued October 2004. *Am J Infect Control.* 2004;32:470–85.
- Cook DJ, Kollef MH. Risk factors for ICU-acquired pneumonia. *JAMA.* 1998;279:1605–6.
- Kollef MH. Epidemiology and risk factors for nosocomial pneumonia. Emphasis on prevention. *Clin Chest Med.* 1999;20:653–70.
- Fagon JY, Chastre J, Hance AJ, Domart Y, Trouillet JL, Gibert C. Evaluation of clinical judgment in the identification and treatment of nosocomial pneumonia in ventilated patients. *Chest.* 1993;103:547–53.
- Craven DE, Steger KA. Nosocomial pneumonia in mechanically ventilated adult patients: epidemiology and prevention in 1996. *Semin Respir Infect.* 1996;11:32–53.
- National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System report, data summary from January 1990–May 1999, issued June 1999. *Am J Infect Control.* 1999;27:520–32.
- George DL, Falk PS, Wunderink RG, Leeper Jr KV, Meduri GU, Steere EL, et al. Epidemiology of ventilator-acquired pneumonia based on protected bronchoscopic sampling. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158:1839–47.
- Rello J, Ausina V, Ricart M, Castella J, Prats G. Impact of previous antimicrobial therapy on the etiology and outcome of ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 1993;104:1230–5.
- Fagon JY, Chastre J, Hance AJ, Montravers P, Novara A, Gibert C. Nosocomial pneumonia in ventilated patients: a cohort study evaluating attributable mortality and hospital stay. *Am J Med.* 1993;94:281–8.
- Heyland DK, Cook DJ, Griffith L, Keenan SP, Brun-Buisson C, The Canadian Critical Trials Group. The attributable morbidity and mortality of ventilator-associated pneumonia in the critically ill patient. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159:1249–56.
- Tejerina E, Frutos-Vivar F, Restrepo MI, Anzueto A, Abroug F, Palizas F, et al. Incidence, risk factors, and outcome of ventilator-associated pneumonia. *J Crit Care.* 2006;21:56–65.
- Agbaht K, Díaz E, Muñoz E, Lisboa T, Gómez F, Depuydt PO, et al. Bacteremia in patients with ventilator-associated pneumonia is associated with increased mortality: a study comparing bacteremic vs. nonbacteremic ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med.* 2007;35:2064–70.
- Kappstein I, Schulgen G, Beyer U, Geiger K, Schumacher M, Daschner FD. Prolongation of hospital stay and extra costs due to ventilator-associated pneumonia in an intensive care unit. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 1992;11:504–8.
- Warren DK, Shukla SJ, Olsen MA, Kollef MH, Hollenbeak CS, Cox MJ, et al. Outcome and attributable cost of ventilator-associated pneumonia among intensive care unit patients in a suburban medical center. *Crit Care Med.* 2003;31:1312–7.
- Resar R, Pronovost P, Haraden C, Simmonds T, Rainey T, Nolan T. Using a bundle approach to improve ventilator care processes and reduce ventilator-associated pneumonia. *Jt Comm J Qual Patient Saf.* 2005;31:243–8.
- Youngquist P, Carroll M, Farber M, Macy D, Madrid P, Ronning J, et al. Implementing a ventilator bundle in a community hospital. *Jt Comm J Qual Patient Saf.* 2007;33:219–25.
- Lansford T, Moncure M, Carlton E, Endress R, Shik N, Udobi K, et al. Efficacy of a pneumonia prevention protocol in the reduction of ventilator-associated pneumonia in trauma patients. *Surg Infect.* 2007;8:505–10.
- Blot SI, Labeau S, Vandijck D, Van Aken P, Claes B. Executive Board of the Flemish Society of Critical Care Nurses. Evidence-based guidelines for the prevention of ventilator-associated pneumonia: results of a knowledge test among intensive care nurses. *Intensive Care Med.* 2007;33:1463–7.
- Rello J, Lorente C, Bodí M, Díaz E, Ricart M, Kollef MH. Why do physicians not follow evidence-based guidelines for preventing ventilator-associated pneumonia? *Chest.* 2002;122:656–61.
- Ricart M, Lorente C, Díaz E, Kollef MH, Rello J. Nursing adherence with evidence-based guidelines for preventing ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med.* 2003;31:2693–6.
- Sierra R, Benítez E, León C, Rello J. Prevention and diagnosis of ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 2005;128:1667–73.
- De Rosa FG, Michelazzo M, Paganì N, Di Perri G, Ranieri VM. Prevention and diagnosis of ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 2009;135:881–2.
- Torres A, Carlet J. Ventilator-associated pneumonia. European Task Force on ventilator-associated pneumonia. *Eur Respir J.* 2001;17:1034–45.
- Dodek P, Keenan S, Cook D, Heyland D, Jacka M, Hand L, et al. Evidence-based clinical practice guideline for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med.* 2004;141:305–13.
- Rhame FS, Streifel A, McComb C, Boyle M. Bubbling humidifiers produce microaerosols which can carry bacteria. *Infect Control.* 1986;7:403–7.
- Boyce JM, Pittet D. Guideline for hand hygiene in health-care settings. Recommendations of the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee and the HIPAC/SHEA/APIC/IDSA Hand Hygiene Task Force. *Am J Infect Control.* 2002;30:1–46.
- Garner JS. Guideline for isolation precautions in hospitals. The Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1996;17:53–80.
- Kollef MH. The prevention of ventilator-associated pneumonia. *N Engl J Med.* 1999;340:627–34.
- Weinstein RA. Epidemiology and control of nosocomial infections in adult intensive care units. *Am J Med.* 1991;91:179S–84S.
- Maki DG. Control of colonization and transmission of pathogenic bacteria in the hospital. *Ann Intern Med.* 1978;89:777–80.
- Larson EL. Persistent carriage of gram-negative bacteria on hands. *Am J Infect Control.* 1981;9:112–9.
- Daschner FD. The transmission of infections in hospitals by staff carriers, methods of prevention and control. *Infect Control.* 1985;6:97–9.
- Bonten MJ. Controversies on diagnosis and prevention of ventilator-associated pneumonia. *Diagn Microbiol Infect Dis.* 1999;34:199–204.
- Bonten MJ, Bergmans DC, Hoepelman IM, Stobberingh EE. Ventilator-associated pneumonia; controversies with respect to diagnosis, pathogenesis, therapy and prevention. *Ned Tijdschr Geneeskd.* 1999;143:726–30.
- Pittet D, Hugonnet S, Harbarth S, Mourouga P, Sauvan V, Touveneau S, et al. Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. *Infection Control Programme.* *Lancet.* 2000;356:1307–12.
- Needleman J, Buerhaus P, Mattke S, Stewart M, Zelevinsky K. Nurse-staffing levels and the quality of care in hospitals. *N Engl J Med.* 2002;346:1715–22.
- Cho SH, Ketefian S, Barkauskas VH, Smith DG. The effects of nurse staffing on adverse events, morbidity, mortality, and medical costs. *Nurs Res.* 2003;52:71–9.
- Marelch GP, Murin S, Battistella F, Inciardi J, Vierra T, Roby M. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses: effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 2000;118:459–67.
- Kollef MH, Von Harz B, Prentice D, Shapiro SD, Silver P, St John R, et al. Patient transport from intensive care increases the risk of developing ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 1997;112:765–73.
- Bercault N, Wolf M, Runge I, Fleury JC, Boulain T. Intrahospital transport of critically ill ventilated patients: a risk factor for ventilator-associated pneumonia—a matched cohort study. *Crit Care Med.* 2005;33:2471–8.
- Haley RW, Schaberg DR, Crossley KB, Von Allmen SD, McGowan Jr JE. Extra charges and prolongation of stay attributable to nosocomial infections: a prospective interhospital comparison. *Am J Med.* 1981;70:51–8.
- Greene R, Thompson S, Jantsch HS, Teplick R, Cullen DJ, Greene EM, et al. Detection of pooled secretions above endotracheal-tube cuffs: value of plain radiographs in sheep cadavers and patients. *AJR Am J Roentgenol.* 1994;163:1333–7.
- Rello J, Sonora R, Jubert P, Artigas A, Rue M, Valles J. Pneumonia in intubated patients: role of respiratory airway care. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;154:111–5.
- Kollef MH. Prevention of hospital-associated pneumonia and ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med.* 2004;32:1396–405.
- Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lofaso F, Conti G, Rauss A, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med.* 1995;333:817–22.
- Keenan SP. Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *JAMA.* 2000;284:2376–8.
- Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Arabi Y, Apezteguia C, González M, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med.* 2004;350:2452–60.
- Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, Bauer TT, González G, Carillo A, et al. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168:70–6.
- Burns KEA, Adhikari NKJ, Meade MO. A meta-analysis of noninvasive weaning to facilitate liberation from mechanical ventilation. *Can J Anesth.* 2006;53:305–15.
- Nava S, Gregoretti C, Fanfulla F, Squadrone E, Grassi M, Carlucci A, et al. Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high-risk patients. *Crit Care Med.* 2005;33:2465–70.
- Ferrer M, Valencia M, Nicolás JM, Bernadich O, Badia JR, Torres A. Early noninvasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;173:164–70.
- Cook DJ, Walter SD, Cook RJ, Griffith LE, Guyatt GH, Leasa D, et al. Incidence of and risk factors for ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Ann Intern Med.* 1998;129:433–40.
- Ibrahim EH, Tracy L, Hill C, Fraser VJ, Kollef MH. The occurrence of ventilator-associated pneumonia in a community hospital: risk factors and clinical outcomes. *Chest.* 2001;120:555–61.
- Horst HM, Mouro D, Hall-Jenssens RA, Pamukov N. Decrease in ventilation time with a standardized weaning process. *Arch Surg.* 1998;133:483–8.

59. Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, St John RE, Prentice D, Sauer S, et al. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 1997;25:567–74.
60. Saura P, Blanch L, Mestre J, Vallés J, Artigas A, Fernández R. Clinical consequences of the implementation of a weaning protocol. *Intensive Care Med*. 1996;22:1052–6.
61. Wood G, MacLeod B, Moffatt S. Weaning from mechanical ventilation: physician-directed vs a respiratory-therapist-directed protocol. *Respir Care*. 1995;40:219–24.
62. Cook D, Meade M, Guyatt G, Griffith L, Booker L. Criteria for weaning from mechanical ventilation. *Evid Rep Technol Assess (Summ)*. 2000:1–4.
63. Ely EW, Meade MO, Haponik EF, Kollef MH, Cook DJ, Guyatt GH, et al. Mechanical ventilator weaning protocols driven by nonphysician health-care professionals: evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2001;120:454–63.
64. Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342:1471–7.
65. Girard TD, Kress JP, Fuchs BD, Thomason JW, Schweickert WD, Pun BT, et al. Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2008;371:126–34.
66. Linden BE, Aguilar EA, Allen SJ. Sinusitis in the nasotracheally intubated patient. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 1988;114:860–1.
67. Rouby JJ, Laurent P, Gosnach M, Cambau E, Lamas G, Zouaoui A, et al. Risk factors and clinical relevance of nosocomial maxillary sinusitis in the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;150:776–83.
68. Holzapfel L, Chevret S, Madinier G, Ohen F, Demingon G, Coupry A, et al. Influence of long-term oro- or nasotracheal intubation on nosocomial maxillary sinusitis and pneumonia: results of a prospective, randomized, clinical trial. *Crit Care Med*. 1993;21:1132–8.
69. Salord F, Gaussorgues P, Martí-Flich J, Sirodot M, Allimant C, Lyonnet D, et al. Nosocomial maxillary sinusitis during mechanical ventilation: a prospective comparison of orotracheal versus the nasotracheal route for intubation. *Intensive Care Med*. 1990;16:390–3.
70. Michelson A, Kamp HD, Schuster B. Sinusitis in long-term intubated, intensive care patients: nasal versus oral intubation. *Anaesthesist*. 1991;40:100–4.
71. Holzapfel L. Nasal vs oral intubation. *Minerva Anestesiol*. 2003;69:348–52.
72. Holzapfel L, Chastang C, Demingon G, Bohe J, Piralla B, Coupry A. A randomized study assessing the systematic search for maxillary sinusitis in nasotracheally mechanically ventilated patients. Influence of nosocomial maxillary sinusitis on the occurrence of ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:695–701.
73. Van Zanten AR, Dixon JM, Nipshagen MD, De Bree R, Girbes AR, Polderman KH. Hospital-acquired sinusitis is a common cause of fever of unknown origin in orotracheally intubated critically ill patients. *Crit Care*. 2005;9:R583–90.
74. Sottile FD, Marrie TJ, Prough DS, Hobbgood CD, Gower DJ, Webb LX, et al. Nosocomial pulmonary infection: possible etiologic significance of bacterial adhesion to endotracheal tubes. *Crit Care Med*. 1986;14:265–70.
75. Feldman C, Kassel M, Cantrell J, Kaka S, Morar R, Goolam Mahomed A, et al. The presence and sequence of endotracheal tube colonization in patients undergoing mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 1999;13:546–51.
76. Adair CG, Gorman SP, Feron BM, Byers LM, Jones DS, Goldsmith CE, et al. Implications of endotracheal tube biofilm for ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med*. 1999;25:1072–6.
77. Rupp ME, Fitzgerald T, Marion N, Helget V, Puumala S, Anderson JR, et al. Effect of silver-coated urinary catheters: efficacy, cost-effectiveness, and antimicrobial resistance. *Am J Infect Control*. 2004;32:445–50.
78. Rello J, Kollef M, Díaz E, Sandiumenge A, Del Castillo Y, Corbella X, et al. Reduced burden of bacterial airway colonization with a novel silver-coated endotracheal tube in a randomized multiple-center feasibility study. *Crit Care Med*. 2006;34:2766–72.
79. Kollef MH, Afessa B, Anzueto A, Veremakis C, Kerr KM, Margolis BD, et al. NASCENT Investigation Group. Silver-coated endotracheal tubes and incidence of ventilator-associated pneumonia: the NASCENT randomized trial. *JAMA*. 2008;300:805–13.
80. Bonten MJ, Kollef MH, Hall JB. Risk factors for ventilator-associated pneumonia: from epidemiology to patient management. *Clin Infect Dis*. 2004;38:1141–9.
81. Valencia M, Ferrer M, Farré R, Navajas D, Badía JR, Nicolás JM, et al. Automatic control of tracheal tube cuff pressure in ventilated patients in semirecumbent position: a randomized trial. *Crit Care Med*. 2007;35:1543–9.
82. Mahul P, Auboyer C, Josep R, Ros A, Guerin C, El Khouri Z, et al. Prevention of nosocomial pneumonia in intubated patients: respective role of mechanical subglottic secretions drainage and stress ulcer prophylaxis. *Intensive Care Med*. 1992;18:20–5.
83. Valles J, Artigas A, Rello J, Bonsoms N, Fontanals D, Blanch L, et al. Continuous aspiration of subglottic secretions in preventing ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med*. 1995;122:179–86.
84. Smulders K, Van der Hoeven H, Weers-Pothoff I, Vandenbroucke-Grauls C. A randomized clinical trial of intermittent subglottic secretion drainage in patients receiving mechanical ventilation. *Chest*. 2002;121:858–62.
85. Dezfalian C, Shojania K, Collard HR, Kim HM, Matthay MA, Saint S. Subglottic secretion drainage for preventing ventilator-associated pneumonia: a meta-analysis. *Am J Med*. 2005;118:11–8.
86. Dragoumanis CK, Vretzakis GI, Papaioannou VE, Didilis VN, Vogiatzaki TD, Pneumatikos IA. Investigating the failure to aspirate subglottic secretions with the Evac endotracheal tube. *Anesth Analg*. 2007;105:1083–5.
87. Dullenkopf A, Gerber A, Weiss M. Fluid leakage past tracheal tube cuffs: evaluation of the new Microcuff endotracheal tube. *Intensive Care Med*. 2003;29:1849–53.
88. Lorente L, Lecuona M, Jiménez A, Mora ML, Sierra A. Influence of an endotracheal tube with polyurethane cuff and subglottic secretion drainage on pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007;176:1079–83.
89. Bouza E, Pérez MJ, Muñoz P, Rincón C, Barrio JM, Hortal J. Continuous aspiration of subglottic secretions in the prevention of ventilator-associated pneumonia in the postoperative period of major heart surgery. *Chest*. 2008;134:938–46.
90. Knowlson GT, Bassett HF. The pressures exerted on the trachea by endotracheal inflatable cuffs. *Br J Anaesth*. 1970;42:834–7.
91. Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med*. 1981;70:65–76.
92. Orozco-Levi M, Torres A, Ferrer M, Píera C, El-Ebiary M, De la Bellacasa JP, et al. Semirecumbent position protects from pulmonary aspiration but not completely from gastroesophageal reflux in mechanically ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152:1387–90.
93. Sengupta P, Sessler DI, Maglinger P, Wells S, Vogt A, Durrani J, et al. Endotracheal tube cuff pressure in three hospitals, and the volume required to produce an appropriate cuff pressure. *BMC Anesthesiol*. 2004;4:8.
94. Bunegin L, Albin MS, Smith RB. Canine tracheal blood flow after endotracheal tube cuff inflation during normotension and hypotension. *Anesth Analg*. 1993;76:1083–90.
95. Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984;288:965–8.
96. Rello J, Sonora R, Jubert P, Artigas A, Rue M, Valles J. Pneumonia in intubated patients: role of respiratory airway care. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;154:111–5.
97. Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1984;288:965–8.
98. Craven DE, Kunches LM, Kilinsky V, Lichtenberg DA, Make BJ, McCabe WR. Risk factors for pneumonia and fatality in patients receiving continuous mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis*. 1986;133:792–6.
99. Kollef MH. Ventilator-associated pneumonia. A multivariate analysis. *JAMA*. 1993;270:1965–70.
100. Craven DE, Steger KA. Epidemiology of nosocomial pneumonia. New perspectives on an old disease. *Chest*. 1995;108:1–16.
101. Craven DE, Goularte TA, Make BJ. Contaminated condensate in mechanical ventilator circuits. A risk factor for nosocomial pneumonia?. *Am Rev Respir Dis*. 1984;129:625–8.
102. Cook D, De Jonghe B, Brochard L, Brun-Buisson C. Influence of airway management on ventilator-associated pneumonia: evidence from randomized trials. *JAMA*. 1998;279:781–7.
103. Babcock HM, Zack JE, Garrison T, Trovillion E, Jones M, Fraser VJ, et al. An educational intervention to reduce ventilator-associated pneumonia in an integrated health system: a comparison of effects. *Chest*. 2004;125:2247–31.
104. Zack JE, Garrison T, Trovillion E, Clinkscale D, Coopersmith CM, Fraser VJ, et al. Effect of an education program aimed at reducing the occurrence of ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med*. 2002;30:2407–12.
105. Kollef MH, Shapiro SD, Boyd V, Silver P, Von Harz B, Trovillion E, et al. A randomized clinical trial comparing an extended-use hygrosopic condenser humidifier with heated-water humidification in mechanically ventilated patients. *Chest*. 1998;113:759–67.
106. Markowicz P, Ricard JD, Dreyfuss D, Mier L, Brun P, Coste F, et al. Safety, efficacy, and cost-effectiveness of mechanical ventilation with humidifying filters changed every 48 hours: a prospective, randomized study. *Crit Care Med*. 2000;28:665–71.
107. Torres A, Serra-Batlles J, Ros E, Píera C, Puig de la Bellacasa J, Cobos A, et al. Pulmonary aspiration of gastric contents in patients receiving mechanical ventilation: the effect of body position. *Ann Intern Med*. 1992;116:540–3.
108. Ibáñez J, Peñafiel A, Raurich JM, Marsé P, Jordá R, Mata F. Gastroesophageal reflux in intubated patients receiving enteral nutrition: effect of supine and semirecumbent positions. *J Parenter Enteral Nutr*. 1992;16:419–22.
109. Huxley EJ, Viroslav J, Gray WR, Pierce AK. Pharyngeal aspiration in normal adults and patients with depressed consciousness. *Am J Med*. 1978;64:564–8.
110. Drakulovic MB, Torres A, Bauer TT, Nicolás JM, Nogue S, Ferrer M. Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a randomized trial. *Lancet*. 1999;354:1851–8.
111. Kollef MH. Ventilator-associated pneumonia. A multivariate analysis. *JAMA*. 1993;270:1965–70.
112. Van Nieuwenhoven CA, Vandenbroucke-Grauls C, Van Tiel FH, Joore HC, Van Schijndel RJ, Van der Tweel I, et al. Feasibility and effects of the semirecumbent position to prevent ventilator-associated pneumonia: a randomized study. *Crit Care Med*. 2006;34:396–402.
113. Nelson LD, Choi SC. Kinetic therapy in critically ill trauma patients. *Clin Intensive Care*. 1992;3:248–52.
114. Traver GA, Tyler ML, Hudson LD, Sherrill DL, Quan SF. Continuous oscillation: outcome in critically ill patients. *J Crit Care*. 1995;10:97–103.

115. Giner M, Laviano A, Meguid MM, Gleason JR. In 1995 a correlation between malnutrition and poor outcome in critically ill patients still exists. *Nutrition*. 1996;12:23–9.
116. Smith LC, Mullen JL. Nutritional assessment and indications for nutritional support. *Surg Clin North Am*. 1991;71:449–57.
117. Artinian V, Krayem H, DiGiovine B. Effects of early enteral feeding on the outcome of critically ill mechanically ventilated medical patients. *Chest*. 2006;129:960–7.
118. Cook D, Jonghe BD, Heyland D. The relation between nutrition and nosocomial pneumonia: randomized trials in critically ill patients. *Crit Care*. 1997;1:3–9.
119. Pingleton SK, Hinthorn DR, Liu C. Enteral nutrition in patients receiving mechanical ventilation. Multiple sources of tracheal colonization include the stomach. *Am J Med*. 1986;80:827–32.
120. Mentec H, Dupont H, Bocchetti M, Cani P, Ponche F, Bleichner G. Upper digestive intolerance during enteral nutrition in critically ill patients: frequency, risk factors, and complications. *Crit Care Med*. 2001;29:1955–61.
121. Bowman A, Greiner JE, Doerschug KC, Little SB, Bombei CL, Comried LM. Implementation of an evidence-based feeding protocol and aspiration risk reduction algorithm. *Crit Care Nurs Q*. 2005;28:324–35.
122. Gramlich L, Kichian K, Pinilla J, Rodych NJ, Dhaliwal R, Heyland DK. Does enteral nutrition compared to parenteral nutrition result in better outcomes in critically ill adult patients? A systematic review of the literature. *Nutrition*. 2004;20:843–8.
123. Heyland DK, Dhaliwal R, Drover JW. Nutrition support in mechanically ventilated, critically ill adult patients: are we ready for evidence-based clinical practice guidelines?. *Nutr Clin Pract*. 2004;19:193–200.
124. Ho KM, Dobb GJ, Webb SA. A comparison of early gastric and post-pyloric feeding in critically ill patients: a meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2006;32:639–49.