

Manejo de la vía aérea para prevenir la neumonía asociada a la ventilación mecánica

L. LORENTE RAMOS

Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital Universitario de Canarias.
La Laguna. Santa Cruz de Tenerife. España.

La neumonía asociada a la ventilación mecánica (NVM) sigue siendo una importante causa de morbilidad y mortalidad en los pacientes críticos a pesar del uso de medidas preventivas.

Esta revisión se centra en las medidas relacionadas con la vía aérea para la prevención de la NVM y se basa en una exposición de la literatura más relevante, en el *European Task Force* de 2001 y en las recomendaciones de los *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) de 2003.

Las medidas de probada eficacia son: el uso de la intubación orotraqueal mejor que la nasotraqueal; mantener una presión óptima en el balón de neumotaponamiento del tubo endotraqueal; retirar el tubo endotraqueal lo antes posible, evitando retrasos innecesarios; evitar la reintubación cuando sea posible; no cambiar rutinariamente las tubuladuras, sólo cuando estén visiblemente contaminadas o malfuncionantes; esterilizar o desinfectar entre diferentes pacientes los equipos y dispositivos respiratorios reutilizables; no esterilizar o desinfectar rutinariamente la maquinaria interna del respirador y de la máquina de anestesia; lavado de manos y guantes cuando se realice el contacto con las secreciones y equipos respiratorios.

Las medidas de eficacia no probada son: el uso de un tubo endotraqueal con una luz para la aspiración continua de secreciones subglóticas; el uso de la ventilación mecánica no-invasiva para reducir la necesidad y la duración de la in-

tubación endotraqueal; el uso de un intercambiador de calor y humedad o un humidificador de agua caliente; el uso de un sistema cerrado multiusos o de un sistema abierto de un solo uso para la aspiración de secreciones respiratorias.

PALABRAS CLAVE: *neumonía asociada a la ventilación mecánica, manejo de la vía aérea, presión del balón de neumotaponamiento, reintubación, cambio de tubuladuras, sistema cerrado de aspiración de secreciones respiratorias, aspiración continua de las secreciones subglóticas, ventilación mecánica no invasiva, intercambiadores de calor y humedad, humidificadores de agua caliente.*

AIRWAY MANAGEMENT FOR PREVENTION OF VENTILATOR-ASSOCIATED PNEUMONIA

Ventilator-associated pneumonia continues to be an important cause of morbidity and mortality in critical patients despite the use of preventive measures. This review deals mainly with measures relating to the airway in prevention of ventilator-associated pneumonia. It is based on an exhibition of the most pertinent literature, on the European Task Force of 2001 and on CDC recommendations of 2003.

Most proven effective measures are: use of orotracheal intubation rather than nasotracheal; maintenance of an optimal pressure in the pilot balloon of the endotracheal tube; avoiding unnecessary delay as assurance that the tube is removed as quickly as possible; avoiding reintubation whenever possible; replacing manifolds not routinely, but only when they are visibly contaminated or malfunctioning; sterilizing or disinfecting re-usable equipment and respiratory devices between patients; not routinely sterilizing or disinfecting the internal workings of the respirator and anesthesia machine; washing hands and gloves when making contact with secretions and respiratory equipment. Measures of no proven

Correspondencia: Dr. L. Lorente.
Unidad de Cuidados Intensivos.
Hospital Universitario de Canarias.
C/ Ofra, s/n. La Cuesta.
La Laguna. 38320 Santa Cruz de Tenerife. España.
Correo electrónico: lorentemartin@msn.com

Manuscrito aceptado el 18-XI-2004.

effectiveness are: use of lighted endotracheal tubes for continuous subglottal suctioning of secretions; use of non-invasive mechanical ventilation to reduce the need for and duration of endotracheal intubation; use of heat moisture exchangers or hot water humidifiers; use of closed multi-use systems, or open single-use systems for aspiration of respiratory secretions.

KEY WORDS: ventilator-associated pneumonia, airway management, endotracheal tube cuff pressure, reintubation, breathing circuits change, multiuse closed-system suction catheter, continuous subglottic suctioning, noninvasive mechanical ventilation heat and moisture exchangers, heated humidifiers.

INTRODUCCIÓN

El interés por la prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NVM) radica en la importante morbimortalidad que conlleva¹⁻⁴.

Debido a la preocupación universal por disminuir la incidencia de NVM y a la presión informativa empresarial para la utilización de diferentes medidas preventivas, existe una alta aplicación de las mismas.

Muchas de estas medidas preventivas se han generalizado, sin que se haya demostrado científicamente su eficacia, generando un alto coste económico y pudiendo en algunos casos conllevar efectos no deseables.

El objetivo de esta revisión consiste en realizar una puesta al día de la bibliografía sobre las medidas para la prevención de la NVM relacionadas con la vía aérea.

Para que se desarrolle una NVM es preciso que se produzca la invasión de las vías respiratorias inferiores por microorganismos en suficiente número y virulencia⁵. La invasión de las vías respiratorias inferiores por microorganismos puede producirse con la colonización previa de la orofaringe (la mayoría) o no⁶. En función de este mecanismo patogénico, las infecciones respiratorias se clasifican en endógenas y exógenas⁷. Las endógenas estarían producidas por microorganismos que estaban previamente colonizando la orofaringe y progresaron hacia las vías aéreas bajas alrededor del balón de neumotaponamiento del tubo endotraqueal. Las exógenas estarían provocadas por microorganismos que no estaban previamente colonizando la orofaringe y llegaron a la vía aérea inferior directamente por el interior del tubo endotraqueal. Estas infecciones exógenas se producen por: una técnica de intubación o de aspiración de secreciones respiratorias sin asepsia adecuada, o por el uso de dispositivos respiratorios contaminados (nebulizador, humidificador de agua caliente, ambú o fibroscopio).

Los factores de riesgo para desarrollar NVM se pueden agrupar en las siguientes categorías⁸: a) factores que favorecen la colonización de la orofaringe (sinusitis, periodontitis, reflujo gastroesofágico); b) condiciones que favorecen la aspiración de secreciones orofaríngeas (coma, intubación endotraqueal,

sonda enteral, posición en supino); c) exposición con equipos respiratorios contaminados⁹⁻³⁰ y/o manos colonizadas del personal sanitario³¹⁻³⁴, y d) factores que modifican la inmunidad del huésped (edad, malnutrición, inmunodeficiencias).

Los *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) elaboran periódicamente unas recomendaciones para la prevención de la NVM y clásicamente las han agrupado en tres bloques³⁵⁻³⁸:

- 1) Sistema de educación y vigilancia.
- 2) Prevención de la transmisión de microorganismos.
- 3) Medidas para modificar el riesgo de infección en el huésped.

La prevención de la transmisión de microorganismos incluye: a) las medidas relacionadas con los respiradores y equipos respiratorios (mantenimiento del respirador y otros dispositivos respiratorios, cambio de tubuladuras, sistemas de humidificación) y b) las medidas para evitar la transmisión de microorganismos de persona a persona (medidas de higiene, sistema de aspiración de secreciones respiratorias). Las medidas para modificar el riesgo de infección en el huésped incluyen: a) la administración de agentes inmunomoduladores (vacuna, inmunoglobulinas), y b) medidas para evitar la aspiración de contenido digestivo contaminado en vía aérea, que incluye las medidas para evitar la aspiración de secreciones orofaríngeas en relación con la intubación endotraqueal (extubación precoz, ventilación mecánica no invasiva, evitar reintubación, intubación orotraqueal, tubo endotraqueal con aspiración subglótica), con la nutrición enteral y con la colonización digestiva (descontaminación digestiva selectiva).

Las medidas para la prevención de la NVM relacionadas con la vía aérea son las siguientes: intubación endotraqueal vía oral o nasal, tipo de tubo endotraqueal, traqueostomía, filtros respiratorios, sistemas de humidificación, cambio de tubuladuras, sistema de aspiración de secreciones respiratorias, mantenimiento del respirador y otros dispositivos respiratorios, y medidas de barrera para la manipulación de la vía aérea.

Esta revisión se basa en la exposición de la literatura más relevante, las recomendaciones de los CDC de 2003³⁸ y las recomendaciones del *European Task Force* (ETF) de 2001³⁹.

Las recomendaciones del equipo de trabajo europeo³⁹ intentan responder a las siguientes preguntas: ¿qué no es controvertido? y ¿qué precisa más investigación?

Las recomendaciones de los CDC³⁸ se encuentran categorizadas en base a la evidencia científica existente y aparecen en el texto entre paréntesis. Las categorías de las recomendaciones son las siguientes:

- Categoría IA: cuando está fuertemente recomendada y fuertemente soportada por estudios experimentales, clínicos o epidemiológicos, bien diseñados.
- Categoría IB: cuando está fuertemente recomendada y soportada por algunos estudios clí-

nicos o epidemiológicos y por fuertes razones teóricas.

- Categoría II: cuando está sugerida por implementación y soportada por algunos estudios clínicos o epidemiológicos, o por fuertes razones teóricas.
- Categoría no resuelta (NR): cuando se trata de una práctica en la que no existe suficiente evidencia o consenso sobre su eficacia.

MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA NEUMONÍA ASOCIADA A LA VENTILACIÓN MECÁNICA RELACIONADAS CON EL MANEJO DE LA VÍA AÉREA

Intubación orotraqueal o nasotraqueal

La intubación endotraqueal puede realizarse vía oral o vía nasal, y ambas vías tienen sus ventajas y sus inconvenientes.

Los inconvenientes de la intubación orotraqueal respecto a la nasotraqueal son los siguientes: a) la tolerancia es peor, al dificultar la deglución y estimular la salivación; b) dificulta la higiene bucal del paciente; c) la fijación del tubo es más difícil y, por tanto, existe más riesgo de retirada accidental del tubo endotraqueal; d) precisa de la hiperextensión del cuello para la canalización de la tráquea (por ello se debe intentar evitar en pacientes con traumatismo cervical), y e) existe el riesgo de lesionar los dientes o los labios en el momento de la intubación o posteriormente.

Las ventajas de la intubación orotraqueal respecto a la nasotraqueal son las siguientes: a) es más sencilla y más rápida (por ello es de elección en caso de urgencia); b) como la cavidad oral es de mayor tamaño que la fosa nasal, el diámetro del tubo endotraqueal que se puede utilizar es mayor y por ello la aspiración de las secreciones respiratorias es más fácil, y c) el riesgo de desarrollar sinusitis nosocomial y por tanto NVM es menor.

La intubación nasotraqueal es un factor asociado de forma independiente al desarrollo de sinusitis nosocomial y la sinusitis se asocia con la aparición de neumonía, debido a la progresión de secreciones infectadas desde los senos paranasales hacia las vías respiratorias inferiores⁴⁰⁻⁴².

El ETF³⁹ concluyó que se debería utilizar la intubación orotraqueal mejor que la nasotraqueal (sin controversia). Esto debido a que la intubación nasotraqueal conlleva mayor riesgo de sinusitis y de NVM.

Los CDC³⁸ también recomiendan, si es posible, utilizar para la intubación endotraqueal la vía orotraqueal mejor que la nasotraqueal (categoría IB).

Tubo endotraqueal con balón de neumotaponamiento de alto volumen y baja presión

El tubo endotraqueal posee en el extremo distal un balón, cuyos objetivos son evitar la fuga del gas

de la ventilación mecánica al exterior y la progresión de secreciones desde la orofaringe hacia la vía aérea inferior entre el balón y la pared de la tráquea. El balón de neumotaponamiento ejerce presión sobre la mucosa traqueal, pudiendo conllevar una disminución del flujo sanguíneo de la mucosa y el riesgo de isquemia de la mucosa, que puede dar lugar a la necrosis^{43,44}.

En la década de los 70 se desarrollaron unos nuevos tubos endotraqueales con balón de neumotaponamiento de alto volumen y baja presión, para sustituir a los antiguos tubos endotraqueales con balón de neumotaponamiento de bajo volumen y alta presión para evitar las lesiones traqueales. El menor riesgo de lesión traqueal se debe a que al tratarse de balones de alto volumen se precisa de una menor presión para conseguir sus objetivos clínicos y, por tanto, una menor disminución del flujo sanguíneo de la mucosa. Los antiguos tubos endotraqueales con balón de neumotaponamiento de bajo volumen y alta presión precisaban una presión en el balón superior a 60 cmH₂O para conseguir el objetivo propuesto (y el flujo sanguíneo de la mucosa traqueal desciende cuando se ejerce una presión superior a 50 cmH₂O), y los nuevos tubos endotraqueales con balón de neumotaponamiento de alto volumen y baja presión precisan una presión en el balón inferior a 30 cmH₂O.

Sin embargo, con los actuales tubos endotraqueales con balón de neumotaponamiento de alto volumen y baja presión parece existir un mayor riesgo de aspiración de secreciones orofaríngeas hacia las vías aéreas inferiores^{45,46}. Esto es debido a que al inflarse a baja presión aparecen pliegues en el balón, por los cuales pueden descender las secreciones orofaríngeas hacia la vía aérea inferior, con el siguiente riesgo de desarrollar NVM. Aunque en el estudio de Spray et al⁴⁷ la aspiración fue menor con los tubos de baja presión, presentando una incidencia de aspiración del 56% (27/48) con balones de alta presión y del 20% (7/35) en balones de baja presión ($p = 0,001$).

El ETF³⁹ y los CDC³⁸ no abordaron este aspecto del manejo de la vía aérea.

Presión del balón de neumotaponamiento

Como ya se comentó previamente, la presión del balón de neumotaponamiento del tubo endotraqueal debe ser lo suficientemente alta como para evitar la fuga del gas al exterior (si no la ventilación mecánica sería ineficaz) y la progresión de secreciones desde la orofaringe hacia la vía aérea inferior (para reducir la aparición de NVM), entre la pared traqueal y el balón de neumotaponamiento. En el estudio de Rello et al⁴⁸ se objetivó un mayor riesgo de desarrollar neumonía asociada a ventilación mecánica (RR = 4,23; IC 95% = 1,12-15,92) en los pacientes con una presión en el balón persistentemente menor de 20 cmH₂O.

Pero la presión del balón de neumotaponamiento también debe ser lo más baja posible, para evitar el

compromiso vascular de la tráquea^{43,44} (lo cual puede provocar traqueomalacia, e incluso llegar a desarrollar la perforación traqueal por necrosis de gran tamaño). Por esto, se deben evitar presiones en el balón superiores a 50 cmH₂O.

Con los nuevos tubos endotraqueales con balón de neumotaponamiento de alto volumen y baja presión puede existir un mayor riesgo de aspiración de secreciones orofaríngeas hacia las vías aéreas inferiores, debido a que pueden descender por los pliegues del balón. Pero no se debe aumentar la presión del balón con la intención de hacer desaparecer estos pliegues e impedir completamente el paso de las secreciones si no aumenta el riesgo de isquemia en la mucosa. Además, en el estudio de Seegobin et al⁴⁹ no se logró hacer desaparecer completamente los pliegues del balón al aumentar la presión de éste por encima de los 50 cmH₂O.

Se considera que el nivel adecuado en la presión del balón de neumotaponamiento suele estar entre 20 y 30 cmH₂O. Es necesario comprobar periódicamente la presión del balón (al menos una vez cada 8 horas) y mantenerla dentro de estos límites.

El ETF³⁹ concluyó que se debe mantener optimizada la presión del balón de neumotaponamiento para prevenir el paso de secreciones subglóticas hacia la vía aérea inferior (sin controversia).

Los CDC³⁸ no revisaron este punto del cuidado de la vía aérea.

Aspiración continua de las secreciones subglóticas

Las secreciones orofaríngeas pueden descender hacia la tráquea y quedarse retenidas por encima del balón del neumotaponamiento del tubo endotraqueal; pero también pueden seguir progresando por el espacio entre el balón y la tráquea hasta las vías respiratorias inferiores y provocar la aparición de NVM.

Para evitar esta progresión de las secreciones se ha propuesto la utilización de tubos endotraqueales con una luz para la aspiración continua de las secreciones subglóticas. Se ha encontrado una disminución estadísticamente significativa de la incidencia de NVM con estos tubos en algunos estudios con pacientes^{48,50-52} y con animales⁵³, pero en otros estudios con pacientes no⁵⁴⁻⁵⁶.

En el estudio de Rello et al⁴⁸, al realizar el análisis multivariante de los factores asociados con el desarrollo de NVM en 83 pacientes con aspiración continua de las secreciones subglóticas (ACSS), encontraron que el fallo de la ACSS se asociaba de forma independiente con la aparición de NVM (RR = 7,52; IC 95% = 1,48-38,07). Smulders et al⁵⁰ desarrollaron un trabajo con 150 pacientes, y objetivaron que el grupo con ACSS presentó una menor incidencia de NVM (4% [3/75] frente al 16% [12/75], p = 0,014). En el estudio realizado por Vallés et al⁵¹ con 183 pacientes, el grupo de 76 pacientes con ACSS presentó menor densidad de incidencia de NVM que el grupo de 77 pacientes sin ACSS (19,9/1.000 días frente a

39,6/1.000 días; RR = 7,52; IC 95% = 1,03-3,82). Mahul et al⁵² siguieron 145 pacientes, y el grupo con ACSS tuvo una menor incidencia de NVM (12,8% [9/70] frente al 29,1% [21/75], p < 0,05).

El ETF³⁹ concluyó que la utilización de los tubos endotraqueales con una luz para la aspiración de secreciones subglóticas precisa más investigación. Algunos estudios han mostrado disminuir la incidencia de NVM, pero sin disminuir la estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y la mortalidad. Además, estos sistemas son caros y se precisa investigar sobre la relación coste-beneficio.

Los CDC³⁸ recomiendan, si es posible, utilizar tubos endotraqueales con una luz para la aspiración de secreciones subglóticas (categoría II).

Extubación precoz

Se debe intentar realizar la extubación lo antes posible debido a las probables complicaciones de una intubación prolongada: aspiración de secreciones orofaríngeas y desarrollo de NVM, daño laríngeo y lesión traqueal.

Cuando el paciente se encuentra sometido a la intubación endotraqueal se producen una serie de hechos que favorecen las microaspiraciones repetitivas de secreciones desde la vía aérea alta hacia la vía aérea baja: el tubo endotraqueal produce una inflamación de la vía aérea que conlleva a la conversión del epitelio ciliar en un epitelio no ciliar, el tubo endotraqueal mantiene abierta la glotis de forma permanente y dificulta el reflejo tusígeno (al no poder cerrar la glotis y por ello no poder generar la presión positiva alveolar suficiente para producir una tos eficiente).

Los cambios de diámetro traqueal durante la ventilación pueden provocar cambios transitorios de la presión del balón de neumotaponamiento a valores inferiores de la presión hidrostática de las secreciones acumuladas por encima del balón, que favorecen el paso repetitivo de dichas secreciones hacia la vía aérea inferior y el desarrollo de NVM⁴³.

La superficie de los tubos endotraqueales se contamina frecuentemente con secreciones orofaríngeas infectadas. En un estudio de 25 tubos endotraqueales (TET) se objetivó que el 96% tenían una colonización bacteriana parcial y el 84% estaban totalmente cubiertos de un biofilm⁵⁷. Estas secreciones orofaríngeas infectadas alcanzan la tráquea a través de los pliegues del balón, y posteriormente ascienden hacia el interior de la luz del tubo endotraqueal. Después se pueden introducir agregados de microorganismos en el árbol traqueobronquial durante la aspiración de secreciones, produciendo NVM.

Cuanto mayor sea la duración de la ventilación mecánica mayor es el riesgo de desarrollar NVM⁵⁸⁻⁵⁹. Por tanto, los tubos endotraqueales deberían retirarse lo antes posible. Para reducir la duración de la ventilación mecánica se deben aplicar protocolos de destete de la desconexión de la ventilación mecánica⁶⁰⁻⁶², que también minimizarán el riesgo de ex-

tubación fallida y la subsiguiente reintubación (que es otro factor de riesgo de NVM⁶³⁻⁶⁵).

Los CDC³⁸ recomiendan que el tubo endotraqueal se debería retirar tan pronto como sea posible (IB).

El ETF³⁹ no revisó este tema relacionado con el manejo de la vía aérea.

Evitar reintubaciones

La reintubación se ha asociado con el desarrollo de NVM⁶³⁻⁶⁵. Esto probablemente puede estar en relación con dos causas: a) la aspiración de secreciones orofaríngeas colonizadas hacia las vías aéreas inferiores en pacientes con disfunción subglótica después de varios días de intubación endotraqueal o con disminución del nivel de conciencia, y b) la posible aspiración de contenido gástrico hacia las vías aéreas inferiores, sobre todo cuando permanece colocada la sonda nasogástrica después de la extubación.

Para disminuir la incidencia de reintubación se deben evitar las extubaciones programadas fallidas y las retiradas accidentales del tubo endotraqueal (debidas a maniobras inadecuadas por parte del personal sanitario o a autoextubaciones por parte del propio paciente).

La tasa de reintubación en relación con extubaciones programadas fallidas se puede disminuir con la aplicación de un adecuado protocolo de desconexión de la ventilación mecánica⁶⁰⁻⁶².

Para intentar reducir la tasa de reintubación en relación con las retiradas accidentales del tubo endotraqueal se deben establecer una serie de medidas⁶⁶⁻⁶⁹: adecuada pauta de sedación del paciente, sistema de fijación del tubo endotraqueal, vigilancia de la posición del tubo endotraqueal (la marca del centímetro n.º 22 del tubo endotraqueal debe estar situada habitualmente a nivel de los dientes) e inmovilización del paciente si fuera necesario.

Otra estrategia para intentar evitar la reintubación en pacientes que precisan ventilación mecánica es la utilización de la ventilación mecánica no invasiva⁷⁰⁻⁷³.

El ETF³⁹ concluyó que se debe evitar la reintubación (sin controversia). Debido a que la reintubación representa un factor de riesgo de NVM.

Los CDC³⁸ también recomiendan, si es posible, evitar la reintubación (categoría II).

Ventilación mecánica no invasiva

La utilización de la ventilación mecánica de forma no invasiva (VMNI) se ha asociado en algunos estudios con una disminución de la incidencia de NVM, con respecto a la utilización de ventilación mecánica invasiva (VMI), en pacientes que presentan insuficiencia respiratoria aguda y precisan ventilación mecánica⁷⁰⁻⁷³ y en pacientes en proceso de destete de la ventilación mecánica⁷⁴.

Nourine et al⁷⁰ analizaron 736 pacientes que precisaron ventilación mecánica por diferentes causas y objetivaron que el grupo de 129 pacientes con VMNI presentó menor densidad de incidencia de

NVM que el grupo de 607 pacientes con VMI (14,2/1.000 días frente a 30,3/1.000 días, $p < 0,01$). En el estudio de Antonelli et al⁷¹ de 64 pacientes sometidos a ventilación mecánica por diferentes causas, el grupo con VMNI presentó menor incidencia de NVM (2,81% [9/32] frente al 31,25% [10/32], $p = 0,003$). Girou et al⁷² en 100 pacientes con necesidad de ventilación mecánica por reagudización de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) o por edema pulmonar cardiogénico, encontraron que el grupo con VMNI presentó menor incidencia de NVM (8% [4/50] frente al 22% [11/50], $p = 0,04$). En el trabajo desarrollado por Carlucci et al⁷³ de 689 pacientes con diferentes causas para la necesidad de ventilación mecánica, se observó que el grupo con VMNI presentó menor incidencia de NVM (10,18% [11/108] frente al 18,93% [110/581], $p = 0,03$). Nava et al⁷⁴, realizaron el destete de la ventilación mecánica invasiva de 50 pacientes con EPOC reagudizada mediante la extubación y VMNI o con la persistencia del tubo endotraqueal y VMI, y el grupo con VMNI presentó menor incidencia de NVM (0% [0/25] frente al 28% [7/25], $p = 0,009$).

El ETF³⁹ concluyó que se debe investigar sobre las indicaciones de la VMNI. Asumen que la utilización de VMNI ha mostrado ser efectiva en pacientes con edema pulmonar cardiogénico o con EPOC, y en pacientes en proceso de destete de la ventilación mecánica. Y como evitar la intubación endotraqueal conlleva una reducción del riesgo de NVM, se debería investigar sobre las indicaciones y los estándares de la utilización de la VMNI.

Los CDC³⁸ recomiendan que cuando sea posible y no esté contraindicado, se debería utilizar la VMNI en vez de la VMI en pacientes que presentan insuficiencia respiratoria aguda y precisan ventilación mecánica (categoría II); y que cuando sea posible y no esté contraindicado, se debería utilizar la VMNI como parte del proceso de destete de la ventilación mecánica para acortar el tiempo de duración de la intubación endotraqueal (categoría II).

Traqueostomía precoz

Uno de los riesgos de una intubación endotraqueal prolongada consiste en que se produzca un daño laríngeo⁷⁵⁻⁷⁸, que se diagnostica en el momento de la extubación, al objetivar disfonía u obstrucción de la vía aérea.

La patogénesis del daño laríngeo por la intubación endotraqueal se cree que está en relación con el trauma en la intubación, la presión directa por el tubo endotraqueal y la presión por el balón del neumataponamiento. La presión persistente de la laringe puede producir su inflamación granulomatosa y la aparición de estenosis.

Las indicaciones fundamentales para realizar la traqueostomía son⁷⁹: obstrucción de la vía aérea; proveer una vía aérea artificial de forma prolongada en pacientes que precisan una intubación prolongada (por daño neurológico, por necesidad de ventilación

mecánica prolongada o por gran cantidad de secreciones traqueobronquiales); y facilitar el destete de la ventilación mecánica.

Las ventajas de la traqueostomía respecto a la intubación endotraqueal son: la cánula de traqueostomía es más difícil que se mueva de su sitio que el tubo endotraqueal, lo cual conlleva un menor riesgo local de lesión de la vía aérea por los desplazamientos y reduce el riesgo de la pérdida de la vía aérea artificial (con los problemas de la insuficiencia respiratoria que produce); además, debido a que la longitud de la cánula de traqueostomía es menor que la de un tubo endotraqueal, entonces el espacio muerto es menor y se permite una menor *toilette* traqueobronquial, y por ello se facilita el destete de la ventilación mecánica; también se ha objetivado en algunos estudios que la realización de una traqueostomía precoz conlleva una menor incidencia de la NVM, disminución de los días de ventilación mecánica, disminución de los días de estancia en UCI, disminución de los días de estancia en el hospital y disminución de los costes asistenciales⁸⁰⁻⁸², pero en otros estudios no se han obtenido estos efectos beneficiosos⁸³⁻⁸⁵.

No está establecido el momento en el que debe realizarse la traqueostomía para sustituir la intubación endotraqueal. Existe el acuerdo de que en pacientes con gran agitación, movimientos de succión repetitivos, gran cantidad de secreciones traqueobronquiales y en los que se prevé que la patología que conlleva la necesidad de una vía aérea artificial no se resolverá en 7-10 días, debe realizarse una traqueostomía precoz. Pero los pacientes que están tranquilos, sin secreciones traqueobronquiales y en los que se prevé que la patología que conlleva la necesidad de una vía aérea artificial se resolverá en pocos días, pueden permanecer con el tubo endotraqueal. Entre estos dos extremos de pacientes existe un amplio número de ellos en los que la decisión de la traqueostomía estará en función del criterio de cada médico y de su experiencia.

Velmahos et al⁸⁶ establecieron un sistema sencillo de estimación del riesgo de necesitar ventilación mecánica durante más de 7 días en base a 4 parámetros obtenidos a las 48 horas del ingreso en la UCI: presencia de un catéter arterial pulmonar, puntuación del *Injury Severity Score* mayor de 20, relación PaO_2/FiO_2 menor de 250 y el balance líquido positivo mayor de 2 litros. La presencia de todos estos factores se asociaba con una probabilidad del 100% de duración de la ventilación mecánica mayor de 7 días. La ausencia de todos estos factores se asociaba con una probabilidad del 7% de duración de la ventilación mecánica mayor de 7 días.

El ETF³⁹ y los CDC³⁸ no abordaron el tema de la realización de una traqueostomía para evitar las lesiones de la intubación endotraqueal y de la posibilidad de disminuir la incidencia de NVM.

Filtros respiratorios

Los filtros respiratorios (también conocidos como antibacterianos o antimicrobianos) son unos dispositi-

tivos con gran capacidad para evitar el paso de microorganismos a su través⁸⁷, que se interponen en el circuito respiratorio con el fin de proteger al paciente de la posible infección respiratoria proveniente del circuito respiratorio.

Entre los años 1952 y 1972 se asoció la contaminación de la máquina de anestesia y del respirador con la aparición de brotes de neumonía nosocomial. Debido a ello se propusieron varias medidas: la esterilización-desinfección de los dispositivos respiratorios reutilizables, el uso de dispositivos desechables y el uso de filtros respiratorios. Desde la introducción de estas medidas ya no se consideran al respirador y la máquina de anestesia como una fuente importante de infección, y por ello no es necesaria la esterilización o desinfección rutinaria de su maquinaria interna.

La contaminación del respirador y de la máquina de anestesia como origen de neumonía asociada a ventilación mecánica es un hecho controvertido, con datos que lo implicaron de forma no concluyente⁹⁻¹³ y otros que no⁸⁸⁻⁹².

Las comunicaciones de los brotes de infección respiratoria atribuidos a la contaminación de la máquina de anestesia⁹⁻¹³ no fueron concluyentes por varios motivos: en ninguna de estas comunicaciones se estableció una relación causa-efecto mediante cultivos microbiológicos; además, en el estudio de Tinne et al¹¹ encontraron el mismo microorganismo responsable del brote de neumonía en las tubuladuras y en el ambú, apareciendo como posible fuente de la infección.

Además, existen varios trabajos que no han demostrado la contaminación del paciente por la máquina de anestesia y viceversa⁸⁸⁻⁹². En algunos estudios^{88,92} se anestesiaron pacientes con y sin infección respiratoria, tomándose cultivos de varios sitios de la máquina de anestesia y de los circuitos respiratorios, antes y después de la anestesia, y no se objetivaron diferencias en la contaminación de la máquina de anestesia y de los circuitos respiratorios en ambos grupos de grupos de pacientes. En otros trabajos⁸⁸⁻⁹¹ se ha simulado la contaminación de la máquina de anestesia mediante la contaminación intencional de la rama espiratoria del circuito respiratorio con un inóculo de un microorganismo, después de la esterilización de la máquina de anestesia y de todo el circuito respiratorio, y no se siguió de la contaminación de la máquina de anestesia y de la rama inspiratoria del circuito respiratorio. Los autores sugieren que esta ausencia de contaminación de la máquina de anestesia y de la rama inspiratoria del circuito respiratorio se debe a que no se pueden vehicular microorganismos vivos por los circuitos respiratorios, debido a que el gas en el que circulan es frío y seco (característico de los gases medicinales), lo cual dificulta la supervivencia de los microorganismos.

A pesar de la controversia sobre la contaminación de los respiradores y de las máquinas de anestesia como origen de NVM, se propuso intercalar filtros antimicrobianos en los circuitos respiratorios.

El componente interno de los filtros puede estar formado por diferentes materiales⁸⁷: lana, gomaespuma, papel, polipropileno, polisulfona, cerámica o fibras de vidrio.

Los filtros pueden tener diferentes mecanismos de filtración microbiológica⁸⁷: a) filtración mecánica, y b) filtración electrostática. La filtración mecánica está determinada por varios aspectos. Por una parte, el tamaño de los poros del filtro provoca que los microorganismos relativamente grandes queden retenidos en la superficie del filtro. En segundo lugar, la disposición no lineal de los poros condiciona un curso irregular del flujo aéreo, y un aumento de la fuerza inercial de los microorganismos que hace que queden atrapados en el interior de las mallas. Por el tamaño de los poros es posible la intercepción directa de microorganismos mayores de 1 micra, y gracias a la disposición no lineal de los poros aumenta su posibilidad de filtrar microorganismos mayores de 0,5 micras. Este principio tiene la limitación de que las mallas de poros muy pequeños tienen una elevada resistencia al flujo aéreo. La filtración electrostática es producida gracias a que las fibras del componente interno del filtro están sometidas a un campo eléctrico. Las bacterias y virus tienen asimismo una carga eléctrica superficial positiva o negativa por la que quedan atrapados en los campos eléctricos dipolares de la malla del filtro.

Algunos autores han sugerido que los filtros respiratorios podrían disminuir las infecciones respiratorias asociadas a la ventilación mecánica de patología exógena^{12,93-97}, es decir, aquellas infecciones que están producidas por microorganismos que no se encuentran colonizando la orofaringe en el momento de su diagnóstico. Las funciones de los filtros microbianos variarían según su ubicación en el circuito respiratorio: a) interpuestos en la rama inspiratoria de las tubuladuras podrían evitar la infección del paciente por parte del respirador vía anterógrada, y b) colocados en la rama espiratoria de las tubuladuras podrían evitar la infección proveniente del respirador de forma retrógrada.

Los filtros antimicrobianos conllevan una serie de inconvenientes⁹⁸⁻¹⁰⁵: aumentar la resistencia al flujo aéreo por el circuito respiratorio, aumentar el espacio muerto del circuito respiratorio y aumentar el volumen compresible. El aumento de la resistencia al flujo espiratorio puede favorecer el atrapamiento aéreo dentro del pulmón del paciente y tener diferentes implicaciones: deterioro hemodinámico, riesgo de neumotórax y deterioro del intercambio gaseoso. El aumento de la resistencia al flujo inspiratorio incrementa el trabajo respiratorio del paciente y puede dificultar el destete de la ventilación mecánica; y además incrementa el trabajo del respirador para realizar la inspiración a presión positiva y puede dañar el mecanismo del respirador. El aumento del espacio muerto (debido a que su espacio no participa en el intercambio gaseoso) y del volumen compresible del circuito respiratorio (debido a que el espacio aéreo que contiene puede hacer disminuir la presión en el circuito) pueden provocar la hipo-

ventilación en el paciente y la aparición de hipoxemia y/o hipercapnia, por ello puede ser necesario aumentar ligeramente el volumen inspiratorio programado en el respirador.

Existen muchos estudios experimentales que han verificado la capacidad de los filtros antimicrobianos para evitar el paso de microorganismos a su través¹⁰⁶⁻¹¹². La eficacia de los filtros se mide realizando aerosoles con diferentes microorganismos y comparando la concentración de los microorganismos en el gas aplicado al filtro y en el gas efluente tras pasar a través del filtro⁸⁷.

Aunque se ha demostrado la eficacia de los filtros a nivel experimental, sin embargo en la clínica no han conseguido disminuir la incidencia de NVM. En quirófano, con máquinas de anestesia, se ha encontrado una similar incidencia de neumonía asociada a ventilación mecánica al utilizar circuitos con filtro y sin filtro^{113,114}.

Los CDC³⁸ no establecen unas claras recomendaciones en relación con la utilización de los filtros respiratorios: no existe recomendación sobre el colocar un filtro antimicrobiano en la rama espiratoria de las tubuladuras del circuito del respirador, en los circuitos de la máquina de anestesia y en los equipos respiratorios (categoría no resuelta).

El ETF³⁹ no abordó este punto del manejo de la vía aérea.

No hemos encontrado referencias bibliográficas de estudios que hayan analizado la eficacia de los filtros antimicrobianos en los circuitos del respirador para disminuir la incidencia de NVM. Debido a esto realizamos un estudio prospectivo y randomizado¹¹⁵ con 230 pacientes (114 con filtros y 116 sin filtros) que precisaron ventilación mecánica durante más de 24 horas, y no se presentaron diferencias significativas entre ambos grupos de pacientes en el porcentaje de los que desarrollaron NVM (24,56% frente al 21,55%; $p = 0,58$), ni en el porcentaje de los que desarrollaron NVM exógena (3,50% frente al 2,58%; $p = 0,72$). Por ello, pensamos que no es necesario la utilización rutinaria de los filtros antimicrobianos en los circuitos del respirador. Pero, siguiendo las recomendaciones de los CDC¹¹⁶ y del Ministerio de Sanidad y Consumo¹¹⁷ se deberían utilizar en pacientes sometidos a ventilación mecánica, con sospecha o confirmación de tuberculosis pulmonar bacilífera. En estos casos se debería colocar un filtro en la rama espiratoria de las tubuladuras o entre el tubo endotraqueal y la pieza en "Y", para evitar la contaminación del aire ambiental y prevenir la infección de los trabajadores y familiares.

Cambio de tubuladuras

En los circuitos respiratorios con humidificadores, sobre todo con los humidificadores de agua caliente, aparecen líquidos de condensación debido a la diferencia de temperatura entre el gas del circuito respiratorio y el aire ambiente. Este líquido condensado puede contaminarse con microorganismos por

diferentes vías¹¹⁸: las manos del personal sanitario al manipular el circuito respiratorio (al desconectar el circuito para eliminar los líquidos de condensación o al aspirar las secreciones respiratorias) o con las secreciones respiratorias del paciente al toser. Las secreciones respiratorias se pueden colonizar por microorganismos provenientes de la orofaringe (la vía más frecuente), o por microorganismos que se han introducido directamente en vía aérea por el tubo endotraqueal. Dicho líquido contaminado puede introducirse en el árbol traqueobronquial en diferentes maniobras (la aspiración de secreciones, la modificación de la ubicación del respirador o el aseo del paciente) y producir NVM.

Para evitar la NVM por este líquido se han pro- puesto varias medidas: cambio periódico de las tubuladuras, drenaje periódico del líquido condensado, evitar que descienda la temperatura del gas en la fase inspiratoria calentando las tubuladuras con una resistencia y utilizar para la humidificación un intercambiador de calor y humedad (porque minimiza la aparición de líquido de condensación en las tubuladuras).

En 1983, los CDC proponían el cambio de las tubuladuras cada 24 horas³⁵ en base a varios motivos: la comunicación, entre 1952 y 1972, de varios brotes de NVM atribuidos a la contaminación de la maquinaria del respirador⁹⁻¹³; y a un estudio de Lareau et al¹¹⁹, que objetivaba similar nivel de contaminación de los circuitos respiratorios e incidencia de NVM al cambiar las tubuladuras cada 8, 16 ó 24 horas.

Los resultados de estudios posteriores¹²⁰⁻¹³⁸ indicaban que se podía prolongar el cambio de las tubuladuras más allá de las 24 horas. En algunos estudios, incluso, la incidencia de NVM era menor al cambiar las tubuladuras cada 7 días¹³³⁻¹³⁸, posiblemente debido a la menor manipulación de los circuitos. Debido a todo esto, los CDC en 1994³⁶ y en 1997³⁷ proponían no cambiar las tubuladuras antes de cada 48 horas en circuitos con un humidificador de agua caliente y no cambiarlas rutinariamente en circuitos con un intercambiador de calor y humedad.

Los últimos CDC de 2003³⁸ recomendaron que no se deberían cambiar rutinariamente las tubuladuras en un mismo paciente, sólo cuando se encuentren visiblemente manchadas o malfuncionantes (en circuitos con humidificador de agua caliente es una recomendación de categoría IA; y en circuitos con intercambiador de calor y humedad es una recomendación de categoría II).

El ETF³⁹ concluyó que las tubuladuras no deben cambiarse más que una vez a la semana (sin controversia), debido a que el cambio diario de las tubuladuras se ha asociado con un mayor riesgo de NVM. Aunque no se ha determinado el período óptimo del cambio de tubuladuras, la política del cambio cada 7 días o cada 48 horas se ha mostrado igual de seguro.

En todos los trabajos publicados sobre la eficacia del cambio periódico de las tubuladuras para disminuir la incidencia de la NVM se utilizaron humidificadores de agua caliente para la humidificación de los gases medicinales. No hemos encontrado referencias bibliográficas de estudios que hayan anali-

zando la eficacia del cambio periódico de las tubuladuras, utilizando para la humidificación exclusivamente un intercambiador de calor y humedad para disminuir la incidencia de NVM. Debido a esto, realizamos un estudio prospectivo y randomizado¹³⁹ con 304 pacientes (143 con cambio periódico de las tubuladuras [CPT] y 161 sin CPT) que precisaron ventilación mecánica durante más de 72 horas, y no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de pacientes en el porcentaje de los que desarrollaron NVM (23,07% frente al 22,98%; $p = 0,98$), ni en el porcentaje de los que desarrollaron NVM exógenas (2,79% frente al 2,48%, $p = 0,99$).

Humidificadores

Cuando los pacientes requieren de la utilización de una vía aérea artificial es necesario acondicionar los gases medicinales inspirados debido a diferentes motivos^{87,140}: a) cuando se utiliza una vía aérea artificial se reduce notablemente la capacidad de acondicionar el aire inspirado al no estar en contacto la vía aérea natural con los gases medicinales (que se encarga de calentarlos y humidificarlos), y b) además, los gases medicinales carecen prácticamente de calor y humedad.

La falta de acondicionamiento de los gases medicinales conlleva el cúmulo de moco en las vías aéreas^{87,140}, debido al espesamiento del moco y al daño de los cilios de la mucosa del árbol bronquial, favoreciendo la aparición de atelectasias y neumonías.

Los humidificadores más utilizados en la actualidad son de dos tipos⁸⁷: a) los humidificadores de agua caliente (HAC), y b) los intercambiadores de calor y humedad (ICH). Ambos tipos de sistemas de humidificación de gases tienen sus ventajas y sus inconvenientes.

El método de humidificación de los humidificadores de agua caliente consiste en hacer pasar el gas medicinal por agua caliente o por vapor de agua caliente. El gas que sale del aparato está saturado de vapor de agua y está calentado a unos valores prefijados.

El método de los intercambiadores de calor y humedad para la humidificación de los gases medicinales consiste en hacer pasar el gas a través del material interno del intercambiador. Se trata de un material poroso que tiene la propiedad de acumular el calor y la humedad del aire espiratorio del paciente, y liberar después calor y humedad al aire inspiratorio. Como ejerce una función similar a la realizada por las fosas nasales, también se le conoce como "nariz artificial".

Las ventajas de los humidificadores de gases de agua caliente son: posibilidad de modificar el nivel de la temperatura y de la humidificación relativa de los gases medicinales, con la capacidad de proporcionar niveles altos de humidificación absoluta a los gases y la subsiguiente menor aparición de atelectasias y NVM.

Los humidificadores de gases de agua caliente presentan varios inconvenientes:

- Mayor complejidad del circuito respiratorio.
- Riesgo de sobrehumidificación de la vía aérea.
- Riesgo de sobrecalentamiento de la vía aérea.
- Aumento del volumen compresible del circuito respiratorio (debido a que el espacio aéreo que contienen puede hacer disminuir la presión en el circuito y, en consecuencia, llegar menor volumen inspiratorio al paciente pudiendo provocar hipoventilación es necesario aumentar ligeramente el volumen inspiratorio programado en el respirador).
- Acumulación de condensaciones líquidas en las tubuladuras (debido a la diferencia de temperatura entre el gas inspiratorio y el aire ambiental) que deben eliminarse, debido a que estos líquidos de condensación pueden contaminarse por microorganismos (por secreciones del paciente al toser o por el personal sanitario al manipular el circuito respiratorio) e introducirse en el árbol bronquial con las movilizaciones de las tubuladuras en diferentes maniobras (aspiración de secreciones respiratorias, cambio de la ubicación del respirador, aseo del paciente, etc.) y desarrollar NVM.
- También puede aparecer NVM por la contaminación del líquido del recipiente del humidificador, y para evitar la neumonía por este mecanismo se debe rellenar el recipiente con agua estéril de forma aséptica, mantener temperaturas próximas a 50 °C en el reservorio del agua y desinfectar el humidificador entre el uso en diferentes pacientes.

Las ventajas de los intercambiadores de calor y humedad son: menor condensación líquida en las tubuladuras, mayor simplicidad del circuito respiratorio, no existe riesgo de sobrehumidificación y no existe riesgo de sobrecalentamiento.

Los intercambiadores de calor y humedad también cuentan con una serie de inconvenientes: riesgo de oclusión del circuito respiratorio por una ocupación masiva del intercambiador de calor y humedad con secreciones respiratorias y/o líquido condensado; aumento del espacio muerto (debido a que contiene un espacio aéreo que no participa en el intercambio gaseoso y es necesario aumentar ligeramente el volumen inspiratorio programado en el respirador); aumento de la resistencia al flujo aéreo al tener que pasar los gases por el material interno del intercambiador.

Con respecto a la incidencia de NVM, el tipo de humidificación que presenta menor incidencia de NVM es un hecho controvertido. En varios estudios se ha objetivado similar incidencia de NVM con ambos sistemas¹⁴¹⁻¹⁴⁸, en dos estudios menor incidencia con los ICH^{149,150} y en uno menor incidencia con los HAC¹⁵¹.

En el estudio de Kirton et al¹⁴⁹ con 280 pacientes, se objetivó que el grupo de pacientes con ICH presentó una menor incidencia de NVM que el grupo

con HAC (6,43% [9/140] frente al 15,71% [22/140], $p < 0,05$). Yassin¹⁵⁰ realizó un trabajo con 358 pacientes, y el grupo con ICH tuvo menor incidencia de NVM que el grupo con HAC (12,68% [36/284] frente al 28,73% [50/174], $p = 0,0001$). Cohen et al¹⁵¹, en el estudio que desarrollaron con 251 pacientes, concluyeron que el grupo de 170 pacientes con ICH presentó una significativa mayor incidencia de obstrucción del tubo endotraqueal, atelectasia y NVM que el grupo de 81 pacientes con HAC.

El ETF³⁹ concluyó que la utilización de un ICH frente a un HAC es un tema controvertido que precisa más investigación. La incidencia de NVM es comparable con ambos sistemas de humidificación y se debe investigar para establecer una estrategia desde el punto de vista de la relación coste-beneficio.

Los CDC³⁸ realizaron las siguientes recomendaciones con respecto a los humidificadores: no establecen una recomendación entre la utilización de un humidificador de agua caliente o un intercambiador de calor y humedad (categoría no resuelta); recomiendan eliminar periódicamente los líquidos condensados en las tubuladuras con la precaución de no introducirlos en la vía aérea del paciente (categoría IB), y recomiendan utilizar agua estéril para rellenar los humidificadores de agua caliente (categoría II).

Cambio de los intercambiadores de calor y humedad

Los CDC en 1997³⁷ recomendaban cambiar los ICH según las indicaciones de los fabricantes y éstas señalaban cada 24 horas. Pero los resultados de algunos estudios sugieren que se pueden mantener durante más días, siempre que no presenten malfuncionamiento o visible contaminación. En algunos estudios al prolongar el cambio de los ICH de cada 24 a 48 horas^{152,153}, a 5 días¹⁵⁴, y a 7 días¹⁵⁵, no aumentó la incidencia de NVM.

Los CDC en 2003³⁸ recomendaron que no se deberían cambiar rutinariamente los intercambiadores de calor y humedad en un mismo paciente antes de cada 48 horas, sólo si presentan malfuncionamiento o visible contaminación (II).

El ETF³⁹ no abordó este aspecto del cuidado de la vía aérea.

Sistema de aspiración de secreciones respiratorias

La aspiración de secreciones respiratorias es un procedimiento necesario en pacientes con una vía aérea artificial para eliminarlas y mantener la vía aérea permeable.

Existen dos tipos de sistemas de aspiración de secreciones respiratorias: a) los sistemas de aspiración abiertos (SAA), que precisan desconectar el circuito respiratorio y utilizan sondas de aspiración de un solo uso, y b) los sistemas de aspiración cerrados (SAC), que no requieren desconectar el circuito res-

piratorio y emplean sondas de aspiración de múltiples usos.

Los SAC no precisan la desconexión del paciente de la ventilación mecánica para aspirar las secreciones respiratorias, lo cual conlleva varias potenciales ventajas respecto a los SAA: disminuir la inestabilidad cardiorrespiratoria y disminuir la infección respiratoria nosocomial.

Varios estudios han demostrado que los SAC producen menor deterioro gasométrico y hemodinámico durante la aspiración¹⁵⁶⁻¹⁶⁷. Sin embargo, su efecto protector de NVM no está claro, debido a que en varios estudios no han encontrado diferencias estadísticamente significativas¹⁶⁸⁻¹⁷², y sólo en uno sí¹⁷³. En el estudio de Combes et al¹⁷³ con 104 pacientes, se objetivó en el análisis multivariante que la aspiración con el sistema abierto mostró mayor incidencia de NVM que el sistema cerrado (RR = 3,5; IC 95% = 1,00-12,33).

El ETF³⁹ concluyó que la utilización de un SAC frente a un SAA es un tema controvertido que precisa más investigación. Hay limitada evidencia sobre su papel protector de NVM y además es más costoso.

Los CDC³⁸ realizaron las siguientes recomendaciones respecto al sistema de aspiración de secreciones respiratorias: no establecen una recomendación entre la utilización de un catéter de succión abierto de un solo uso o un catéter cerrado multiuso (categoría no resuelta); recomiendan que si el sistema de succión es abierto se usen catéteres estériles de un solo uso (categoría II); no establecen una recomendación entre el uso de guantes estériles o simplemente limpios (categoría no resuelta); recomiendan que si se va a reintroducir el catéter de aspiración se debe utilizar un líquido estéril para eliminar las secreciones (categoría II).

Ante el dudoso beneficio del uso de los SAC para disminuir la NVM, la ausencia de recomendación por los CDC y el alto coste económico que conlleva, realizamos un estudio prospectivo y randomizado¹⁷⁴ con 218 pacientes (104 con SAC y 114 con SAA) que requirieron ventilación mecánica durante más de 24 horas y no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de pacientes que desarrolló NVM (21,15% frente al 18,42%; $p = 0,73$), ni entre el porcentaje de pacientes que desarrolló NVM exógenas (0,96% frente al 0,88%; $p = 0,99$). Además, el coste de la aspiración de secreciones por paciente y día fue más caro con el sistema cerrado que con el sistema abierto ($11,06 \pm 2,19$ euros frente a $2,43 \pm 1,08$ euros; $p < 0,001$).

Cambio de los sistemas de aspiración cerrados

La principal limitación del SAC es el coste económico. Varios trabajos hacen referencia al mayor coste económico que supone la utilización de un SAC comparado con el sistema abierto^{156,163,169}.

Aunque en estos estudios, basándose en las recomendaciones del fabricante, se realizó el cambio

periódico del SAC cada 24 horas y quizás no sea necesario cambiarlo rutinariamente.

En el estudio de Kollef et al¹⁷⁵ de 521 pacientes, no se encontraron diferencias significativas en la incidencia de NVM entre los pacientes sin cambio rutinario SAC y con cambio rutinario SAC cada 24 horas (14,70% [38/258] frente al 14,80% [39/263]; RR = 0,99; IC 95% = 0,66-1,50), y estimaron un ahorro de 48.859 dólares por año en su UCI. Darvas et al¹⁷⁶ desarrollaron un trabajo con 101 pacientes, y se encontró una mayor incidencia no significativa de NVM con cambio SAC cada 48 horas comparado con el cambio cada 24 horas (27,08% [13/48] frente al 18,86% [10/53]; $p = 0,35$).

El ETF³⁹ concluyó que el período de cambio del SAC es un tema controvertido que precisa más investigación, debido a que en un estudio no hubo diferencias en la incidencia de NVM al no cambiarlos rutinariamente o cambiarlos cada día.

Los CDC³⁸ no han establecido una recomendación sobre la frecuencia del cambio del sistema en un mismo paciente (categoría no resuelta).

Mantenimiento del respirador y dispositivos respiratorios

Se han realizado diferentes comunicaciones de infección respiratoria nosocomial atribuidas a los equipos respiratorios: nebulizadores¹⁴⁻¹⁹, ambú²⁰⁻²², espirómetro²³⁻²⁶, sensor de temperatura de los gases medicinales^{27,28} y fibroscopia^{29,30}.

Por tanto, los equipos y dispositivos respiratorios reutilizables no deberían usarse entre pacientes sin ser previamente desinfectados o esterilizados, para evitar la contaminación de los mismos y la posible aparición de NVM de transmisión cruzada.

El ETF³⁹ concluyó que se debe investigar sobre cómo realizar una óptima limpieza de estos equipos.

Los CDC³⁸ realizaron las siguientes recomendaciones respecto al mantenimiento del respirador y los dispositivos respiratorios entre diferentes pacientes: limpieza a fondo de todos los dispositivos respiratorios que deben ser esterilizados o desinfectados (categoría IA); cuando sea posible se realizará la esterilización o alto nivel de desinfección de los equipos y dispositivos respiratorios (categoría IA); usar agua estéril para aclarar los dispositivos respiratorios después de la desinfección (categoría IB); no procesar dispositivos de un solo uso (categoría IC); usar líquidos estériles para rellenar los nebulizadores (categoría IA), y no se deberá esterilizar o desinfectar rutinariamente la maquinaria interna de los respiradores, máquinas de anestesia y dispositivos respiratorios (categoría II).

Medidas de barrera

En varias ocasiones se ha comunicado la colonización de las manos del personal sanitario por microorganismos³¹⁻³⁴. Este hecho puede dar lugar a la aparición de infecciones nosocomiales en otros pa-

TABLA 1. Resumen del manejo de la vía aérea para prevenir la NVM: recomendaciones del *European Task Force (ETF)* de 2001 y de los *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)* de 2003

Medidas preventivas	ETF 2001 ^a	CDC 2003 ^b
Intubación orotraqueal mejor que nasotraqueal	Sí	IB
Tubo endotraqueal con balón de baja presión	No comentan ^c	No comentan
Presión del neumotaponamiento a 20-30 cmH ₂ O	Sí	No comentan
Aspiración continua subglótica	Investigar más	II
Extubación precoz	No comentan	IB
Evitar reintubaciones	Sí	II
Ventilación mecánica no invasiva	Investigar más	II
Traqueostomía precoz	No comentan	No comentan
Filtros respiratorios	No comentan	No resuelto
No cambiar rutinariamente las tubuladuras	Sí	IA
Humidificador del intercambiador de calor-humedad o de cascada	Investigar más	No resuelto
Cambio del intercambiador de calor-humedad no antes de 48 horas	No comentan	II
Sistema de aspiración cerrado o abierto	Investigar más	No resuelto
Frecuencia de cambio del sistema aspiración cerrado	Investigar más	No resuelto
Esterilizar dispositivos respiratorios entre pacientes ^d	Investigar más	IA
Medidas de barrera ^d	Sí	IA

NVM: neumonía asociada a la ventilación mecánica.

^aLas recomendaciones del ETF se dividen en: Sí, cuando no existe controversia para su utilización. Investigar más, cuando su utilización es controvertida y precisa de más investigación.

^bLas categorías de las recomendaciones de los CDC son las siguientes: IA, cuando está fuertemente recomendada y fuertemente soportada por estudios, experimentales, clínicos o epidemiológicos, bien diseñados. IB, cuando está fuertemente recomendada y soportada por algunos estudios clínicos o epidemiológicos y por fuertes razones teóricas. II, cuando está sugerida por implementación y soportada por algunos estudios clínicos o epidemiológicos, o por fuertes razones teóricas. No resuelta, cuando se trata de una práctica en la que no existe suficiente evidencia o consenso sobre su eficacia.

^cAlgunas medidas no son evaluadas por el ETF y/o los CDC, pero existen estudios que las apoyan.

^dVer detalle en texto.

cientos. Estas infecciones cruzadas tienen lugar al manipular el circuito respiratorio, por ejemplo, aspirar las secreciones, cambiar el intercambiador de calor y humedad, cambiar las tubuladuras, realizar una fibroscopia, etc. El riesgo de infección cruzada se reduce con la aplicación estricta de las medidas de barrera¹⁷⁷⁻¹⁷⁹.

El ETF³⁹ concluyó que es obligatorio el cumplimiento del lavado y desinfección de las manos (sin controversia), debido a que son las medidas más importantes para prevenir la transmisión de microorganismos entre pacientes, y también para proteger a los trabajadores de posibles infecciones.

Los CDC³⁸ realizaron las siguientes recomendaciones con respecto a la interrupción de la transmisión bacteriana de persona a persona con medidas de barrera: descontaminar las manos con un lavado con agua y jabón antimicrobiano, antes y después del contacto con las secreciones del paciente u objetos contaminados por las mismas (categoría IA); usar guantes para tocar las secreciones del paciente u objetos contaminados con las mismas (categoría IA), y cambio de guantes y lavado de manos entre cada paciente (categoría IA).

CONCLUSIÓN

Las medidas relacionadas con la vía aérea para la prevención de la NVM de probada eficacia son: el uso de la intubación orotraqueal, mantener una presión óptima en el balón de neumotaponamiento, retirar el tubo endotraqueal lo antes posible, evitar la reintubación, no cambiar rutinariamente las tubuladuras, esterilizar o desinfectar entre diferentes pacientes los equipos y dispositivos respiratorios reutilizables, no esterilizar o desinfectar rutinariamente

la maquinaria interna del respirador y de la máquina de anestesia, lavado de manos y guantes cuando se realice el contacto con las secreciones y equipos respiratorios. Las medidas de eficacia no probada son: el uso de un tubo endotraqueal con una luz para la aspiración continua de secreciones subglóticas, el uso de la ventilación mecánica no-invasiva, el uso de un intercambiador de calor y humedad o un humidificador de agua caliente, el uso de un sistema cerrado multiusos para la aspiración de secreciones respiratorias. En la tabla 1 se resumen las recomendaciones del ETF de 2001 y de los CDC de 2003.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Leu HS, Kaiser DL, Mori M, Woolson RF, Wenzel RP. Hospital acquired pneumonia. Attributable mortality and morbidity. *Am J Epidemiol.* 1989;129:1258-67.
3. Heyland DK, Cook DJ, Griffith L, Keenan SP, Brun-Buisson C. The attributable morbidity and mortality of ventilator-associated pneumonia in the critically ill patient. The Canadian Critical Trial Group. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159:1249-56.
4. Bercault N, Boulain N. Mortality rate attributable to ventilator-associated nosocomial pneumonia in an adult intensive care unit: a prospective case-control study. *Crit Care Med.* 2001;29(12):2303-9.
5. Estes RJ, Meduri GU. The pathogenesis of ventilator-associated pneumonia: I. Mechanisms of bacterial transcolonization and airway inoculation. *Intensive Care Med.* 1995;21:365-83.
6. Guardiola JJ, Sarmiento X, Rello J. Neumonía asociada a ventilación mecánica: riesgos, problemas y nuevos conceptos. *Med Intensiva.* 2001;25:113-23.
7. Van Saene HKF, Damjanovic V, Murray AE, de la Cal MA. How to classify infections in intensive care units—the carrier state, a criterion whose time has come? *J Hosp Infect.* 1996;33:1-12.

8. Chastre J, Fagon JY. Ventilator-associated pneumonia. *State of the Art. Am J Respir Crit Care Med.* 2002;165:867-903.
9. Olds JW, Kisch AL, Eberle BJ, Wilson JN. *Pseudomonas aeruginosa* respiratory tract infection acquired from a contaminated anesthesia machine. *Am Rev Respir Dis.* 1972;105:629-32.
10. Phillips I, Spencer G. *Pseudomonas aeruginosa* cross-infection due to contaminated respiratory apparatus. *Lancet.* 1965;2:1325-7.
11. Tinne JE, Gordon AM, Bain WH, Mackey WA. Cross infection by *Pseudomonas aeruginosa* as a hazard of intensive surgery. *Br Med J.* 1967;4:313-5.
12. Joseph JM. Disease transmission by inefficiently sanitized anesthetizing apparatus. *JAMA.* 1952;149:1196-8.
13. Beck A, Zadeh. Infection by anaesthetic apparatus. *Lancet.* 1968;1:533-4.
14. Mastro TD, Fields BS, Breiman RF, Campbell J, Plikaytis BD, Spika JS. Nosocomial Legionnaires' disease and use of medication nebulizers. *J Infect Dis.* 1991;163:667-71.
15. Reinartz JA, Pierce AK, Mays BB, Sanford JP. The potential role of inhalation therapy equipment in nosocomial pulmonary infection. *J Clin Invest.* 1965;44:831-9.
16. Mertz JJ, Scharer L, McClement JH. A hospital outbreak of *Klebsiella pneumoniae* from inhalation therapy with contaminated aerosol solutions. *Am Rev Respir Dis.* 1967;95:454-60.
17. Ringrose RE, McKown B, Felton FG, Barclay BO, Muchmore HG, Rhoades ER. A hospital outbreak of *Serratia marcescens* associated with ultrasonic nebulizers. *Ann Intern Med.* 1968;69:719-29.
18. Craven DE, Lichtenberg DA, Goularte TA, Make BJ, McCabe WR. Contaminated medication nebulizers in mechanical ventilator circuits. Source of bacterial aerosols. *Am J Med.* 1984;77:834-8.
19. Sanders CV Jr, Luby JP, Johanson WG Jr, Barnett JA, Sanford JP. *Serratia marcescens* infections from inhalation therapy medications: nosocomial outbreak. *Ann Intern Med.* 1970;73:15-21.
20. Thompson AC, Wilder BJ, Powner DJ. Bedside resuscitation bags: a source of bacterial contamination. *Infect Control.* 1985;6:231-2.
21. Weber DJ, Wilson MB, Rutala WA, Thomann CA. Manual ventilation bags as a source for bacterial colonization of intubated patients. *Am Rev Respir Dis.* 1990;142:892-4.
22. Van Der Zwet WC, Parlevliet GA, Savelkoul PH, Stoof J, Kaiser AM, van Furth AM, et al. Outbreak of *Bacillus cereus* infections in a neonatal intensive care unit traced to balloons used in manual ventilation. *Clin Microbiol.* 2000;38:4131-6.
23. Irwin RS, Demers RR, Pratter MR, Garrity FL, Miner G, Pritchard A, et al. An outbreak of *Acinetobacter* infection associated with the use of a ventilator spirometer. *Respir Care.* 1980;25:232-7.
24. Ahmed J, Brutus A, D'Amato RF, Glatt AE. *Acinetobacter calcoaceticus anitratus* outbreak in the intensive care unit traced to a peak flow meter. *Am J Infect Control.* 1994;22:319-21.
25. Rutala DR, Rutala WA, Weber DJ, Thomann CA. Infection risks associated with spirometry. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1991;12:89-92.
26. Cunha BA, Klimmek JJ, Gracewski J, McLaughlin JC, Quintiliani R. A common source outbreak of *Acinetobacter* pulmonary infections traced to Wright respirometers. *Postgrad Med J.* 1980;56:169-72.
27. Rogues AM, Maugein J, Allery A, Fleureau C, Boulestreau H, Surcin S, et al. Electronic ventilator temperature sensors as a potential source of respiratory tract colonization with *Stenotrophomonas maltophilia*. *J Hosp Infect.* 2001;49:289-92.
28. Weems JJ Jr. Nosocomial outbreak of *Pseudomonas cepacia* associated with contamination of reusable electronic ventilator temperature probes. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1993;14:583-6.
29. Joshi N, Localio AR, Hamory BH. A predictive risk index for nosocomial pneumonia in the intensive care unit. *Am J Med.* 1992;93:135-42.
30. Wheeler PW, Lancaster D, Kaiser AB. Bronchopulmonary cross-colonization and infection related to mycobacterial contamination of suction valves of bronchoscopes. *J Infect Dis.* 1989;159:954-8.
31. Gorman LJ, Sanai L, Notman AW, Grant IS, Masterton RG. Cross infection in an intensive care unit by *Klebsiella pneumoniae* from ventilator condensate. *J Hosp Infect.* 1993;23:27-34.
32. Larson EL. Persistent carriage of gram-negative bacteria on hands. *Am J Infect Control.* 1981;9:112-9.
33. Adams BG, Marrie TJ. Hand carriage of aerobic gram-negative rods may not be transient. *J Hyg (Lond).* 1982;89:33-46.
34. Casewell M, Phillips I. Hands as route of transmission for *Klebsiella* species. *Br Med J.* 1977;2:1315-7.
35. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. *Am J Infect Control.* 1983;11:230-44.
36. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. *Am J Infect Control.* 1994;22:247-92.
37. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. *MMRW.* 1997;46(RR-1):1-79.
38. Centers for Disease Control and Prevention. Draft of Guidelines for prevention of healthcare-associated pneumonia 2003. *MMRW.* 2003;53(RR-3):1-36.
39. European Task Force on ventilator-associated pneumonia: Torres A, Carlet J, Bouza E, Brun-Buisson C, Chastre J, Ewig S, et al. Ventilator-associated pneumonia. *Eur Respir J.* 2001;17:1034-45.
40. Holzapfel L, Chevret S, Madinier G. 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.
41. Rouby JJ, Laurent P, Gosnach M, Cambau E, Lamas G, Zouaoui A. Risk factors and clinical relevance of nosocomial maxillary sinusitis in the critically ill. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994;150:776-83.
42. Salord F, Gaussorgues P, Marti-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.
43. Lewis FR Jr, Schiobohm RM, Thomas AN. Prevention of complications from prolonged tracheal intubation. *Am J Surg.* 1978;135:452-7.
44. Wain JC. Postintubation tracheal stenosis. *Chest Surg Clin N Am.* 2003;13:231-46.
45. Petring OU, Adelhof B, Jensen BN, Pedersen NO, Lomholt N. Prevention of silent aspiration due to leaks around cuffs of endotracheal tubes. *Anesth Analg.* 1986;65:777-80.
46. Seegobin RD, van Hasselt GL. Aspiration beyond endotracheal cuffs. *Can Anaesth Soc J.* 1986;33(3 Pt 1):273-9.
47. Spray SB, Zuidema GD, Cameron JL. Aspiration pneumonia; incidence of aspiration with endotracheal tubes. *Am J Surg.* 1976;131:701-3.
48. 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.
49. 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.
50. Smulders K, van der Hoeven H, Weers-Pothoff I, Vandendroucke-Grauls C. A randomized clinical trial of intermittent subglottic secretion drainage in patients receiving mechanical ventilation. *Chest.* 2002;121:858-62.
51. Vallés J, Artigas A, Rello J, Bonsoms N, Fontanals D, Blanch LL, et al. Continuous aspiration of subglottic secretions in preventing ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med.* 1995;122:179-86.
52. Mahul Ph, Auboyer C, Jospe R, Ros A, Guerin C, El Khouri Z, et al. Prevention of nosocomial pneumonia in intubated patients: respective role of mechanical subglottic secretions and stress ulcer prophylaxis. *Intensive Care Med.* 1992;18:20-5.
53. Berra L, De Marchi L, Panigada M, Yu ZX, Baccarelli A, Kolobow T. Evaluation of continuous aspiration of subglottic secretion in an *in vivo* study. *Crit Care Med.* 2004;32:2071-8.
54. Kollef MH, Skubas NJ, Sundt TM. A randomized clinical trial of continuous aspiration of subglottic secretions in cardiac surgery patients. *Chest.* 1999;116:1339-46.
55. Metz C, Linde HJ, Göbel L, Göbel F, Taeger K. Influence of intermittent subglottic lavage on subglottic colonisation and

- ventilator-associated pneumonia. *Clin Intensive Care*. 1998;9:20-4.
56. Girou E, Buu-Hoi A, Stephan F, Novara A, Gutmann L, Safar M, et al. Airway colonisation in long-term mechanically ventilated patients. Effect of semi-recumbent position and continuous subglottic suctioning. *Intensive Care Med*. 2004;30:225-33.
57. Sottile FD, Marrie TJ, Prough DS, Hobgood 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.
58. 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.
59. Torres A, Aznar R, Gatell JM, Jiménez P, González J, Ferrer A, et al. Incidence, risk, and prognosis factors of nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients. *Am Rev Respir Dis*. 1990;142:523-8.
60. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alia I, Solsona JF, Valverde I, et al, for the Spanish Lung Failure Collaborative Group. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1995;332:345-50.
61. 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.
62. 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.
63. Torres A, Gatell JM, Aznar E, El-Ebiary M, Puig de la Bellacasa J, González J. Reintubation increases the risk of nosocomial pneumonia in patients needing mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152:137-41.
64. Leal-Naval SR, Márquez-Vacaro JA, García-Curiel A, Camacho-Larana P, Rincón-Ferrari MD, Ordóñez-Fernández A, et al. Nosocomial pneumonia in patients undergoing heart surgery. *Crit Care Med*. 2000;28:935-40.
65. 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.
66. Lorente L, Huidobro MS, Martín MM, Jiménez A, Mora ML. Accidental catheter removal in critically ill patients: a prospective and observational study. *Critical Care*. 2004;8:R229-33.
67. Carrión M, Ayuso D, Marcos M, Robles P, de la Cal MA, Alia I, et al. Accidental removal of endotracheal and nasogastric tubes and intravascular catheters. *Crit Care Med*. 2000;28:63-6.
68. Valls C, Sanz C, Jover C, Sola N, Sola M, Sáez E, et al. Assistance quality program in intensive care units. Analysis of the effectiveness of correcting measures. *Enferm Intensiva*. 1994;5:109-14.
69. Chiang AA, Lee KC, Lee JC, Wei CH. Effectiveness of a continuous quality improvement program aiming to reduce unplanned extubation: a prospective study. *Intensive Care Med*. 1996;22:1269-71.
70. Nouridine K, Combes P, Carton MJ, Beuret P, Cannamela A, Ducreux JC. Does noninvasive ventilation reduce the ICU nosocomial infection risk? A prospective clinical survey. *Intensive Care Med*. 1999;25:567-73.
71. Antonelli M, Conti G, Rocco M, Bufi M, De Blasi RA, Vivino G, et al. A comparison of noninvasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med*. 1998;339:429-35.
72. Girou E, Schortgen F, Delclaux C, Brun-Buisson C, Blot F, Lefort Y, et al. Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA*. 2000;284:2361-7.
73. Carlucci A, Richard JC, Wysocki M, Lepage E, Brochard L; SRLF Collaborative Group on Mechanical Ventilation. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163:874-80.
74. Nava S, Ambrosino N, Cline 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. *Ann Intern Med*. 1998;128:721-8.
75. Whited RE. A prospective study of laryngotracheal sequelae in long-term intubation. *Laryngoscope*. 1984;94:367-77.
76. Colice GL, Stukel TA, Dain B. Laryngeal complications of prolonged intubation. *Chest*. 1989;96:877-84.
77. Gaynor EB, Greenberg SB. Untoward sequelae of prolonged intubation. *Laryngoscope*. 1985;95:1461-7.
78. 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.
79. Heffner JE, Miller KS, Sahn SA. Tracheostomy in the intensive care unit. Part 1: Indications, technique, management. *Chest*. 1986;90:269-74.
80. Brook AD, Sherman G, Malen J, Kollef MH. Early versus late tracheostomy in patients who require prolonged mechanical ventilation. *Am J Crit Care*. 2000;9:352-9.
81. Lesnik I, Rappaport W, Fulginiti J, Witzke D. The role of early tracheostomy in blunt, multiple organ trauma. *Am Surg*. 1992;58:346-9.
82. Rodríguez JL, Steinberg SM, Luchetti FA, Gibbons KJ, Taheri PA, Flint LM. Early tracheostomy for primary airway management in the surgical critical care setting. *Surgery*. 1990;108:655-9.
83. Niederman MS, Ferranti RD, Zeigler A, Merrill WW, Reynolds HY. Respiratory infection complicating long-term tracheostomy. The implication of persistent gram-negative tracheobronchial colonization. *Chest*. 1984;85:39-44.
84. El-Naggar M, Sadagopan S, Levine H, Kantor H, Collins VJ. Factors influencing choice between tracheostomy and prolonged translaryngeal intubation in acute respiratory failure: a prospective study. *Anesth Analg*. 1976;55:195-201.
85. Sugeran HJ, Wolfe L, Pasquale MD, Rogers FB, O'Malley KF, Knudson M, et al. Multicenter, randomized, prospective trial of early tracheostomy. *J Trauma*. 1997;43:741-7.
86. Velmahos GC, Belzberg H, Chan L, Avari S, Cornwell EE, Berne TV, et al. Factors predicting prolonged mechanical ventilation in critically injured patients: introducing a simplified quantitative risk score. *Am Surg*. 1997;63:811-7.
87. Soler M, Tomasa A, Sarmiento X. Humidificación y mecanismos de filtración de los gases en ventilación mecánica. *Med Intensiva*. 1992;16:469-78.
88. Du Moulin GC, Saubermann AJ. The anesthesia machine and circle system are not likely to be sources of bacterial contamination. *Anesthesiology*. 1977;47:353-8.
89. Ziegler C, Jacoby J. Anesthetic equipment as a source of infection. *Anesth Analg*. 1956;35:451-9.
90. Pandit SK, Mehta S, Agarwal SC. Risk of cross infection from inhalation anesthetic equipment. *Br J Anaesth*. 1967;39:838-44.
91. Stark DCC, Green CA, Pask EA. Anaesthetic machines and cross infections. *Anaesthesia*. 1962;17:12-20.
92. Ping FC, Oulton JL, Smith JA. Bacterial filters: are they necessary on anesthetic machines? *Can Anaesth Soc J*. 1979;26:415-9.
93. Atkinson MC, Girgis Y, Broome IJ. Extent and practicalities of filter use in anaesthetic breathing circuits and attitudes towards their use: a postal survey of UK hospitals. *Anaesthesia*. 1999;54:37-41.
94. Subayi L, Chergui K, Beydon L. Filtres échangeurs de chaleur et d'humidité pour le conditionnement des gaz inspirés en anesthésie-réanimation de l'adulte. *Ann Fr Anesth Réanim*. 1998;17:699-708.
95. Lumley J, Holdcroft A, Gaya H, Darlow HM, Adams DJ. Expiratory bacterial filters. *Lancet*. 1976;9:22-3.
96. Hogarth I. Anaesthetic machine and breathing system contamination and the efficacy of bacterial/viral filters. *Anaesth Intensive Care*. 1996;24:154-63.
97. Harrison L. A survey of ventilator circuitry changing practices in the UK. *Nurs Crit Care*. 1997;2:267-71.
98. Buckley PM. Increase in resistance of in-line breathing filters in humidified air. *Br J Anaesth*. 1984;56:637-43.
99. Cochs J, Casals P, Villalonga R, Vences A, Irujo J, Suárez M. Profilaxis de la contaminación cruzada, enfermo-aparato de anestesia-enfermo, mediante filtros. *Rev Esp Anestesiología Reanim*. 1994;41:322-7.
100. Prasad KK, Chen L. Complications related to the use of a heat and moisture exchanger. *Anesthesiology*. 1990;72:958.

- 101.** Chiaranda M, Verona L, Pinamonti O, Dominionio L, Miñoja G, Conti G. Use of heat and moisture exchanging (HME) filters in mechanically ventilated ICU patients: influence on airway flow-resistance. *Intensive Care Med.* 1993;19:462-6.
- 102.** Eckerbom B, Lindholm CE. Laboratory evaluation of heat and moisture exchangers. Assessment of the Draft International Standard (ISO/DIS 9360) in practice. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1990;34:291-5.
- 103.** Eckerbom B, Lindholm CE. Performance evaluation of six heat and moisture exchangers according to the Draft International Standard (ISO/DIS 9360). *Acta Anaesthesiol Scand.* 1990; 34:404-9.
- 104.** Haas CF, Weg JG, Kettell CW, Caldwell EJ, Zaccardelli DS, Les Brown D. Effects of dense, high-volume, artificial surfactant aerosol on a heated exhalation filter system. *Crit Care Med.* 1993;21:125-30.
- 105.** French CJ, Bellomo R, Buckmaster J. Effect of ventilation equipment on imposed work of breathing. *Critical Care and Resuscitation.* 2001;3:148-52.
- 106.** Holton J, Webb AR. An evaluation of the microbial retention performance of three ventilator-circuit filters. *Intensive Care Med.* 1994;20:233-7.
- 107.** Luttrup HH, Berntman L. Bacterial filters protect anaesthetic equipment in a low-flow system. *Anaesthesia.* 1993;48: 520-3.
- 108.** Farnogli JM, Arvieux CC, Coppo F, Girardet P, Eisele JH. Efficiency and importance of airway filters in reducing microorganisms. *Anesth Analg.* 1992;74:S93.
- 109.** Bequemin MH, Bouchikhi A, Croix N, Malarbet JL, Bertholon JF, Roy M. Experimental measurements of particle retention efficiency of filters used to prevent contamination in respiratory devices. *Intensive Care Med.* 1998;24:81-5.
- 110.** Leijten DTM, Reijger VS, Mouton RP. Bacterial contamination and the effect of filters in anaesthetic circuits in a simulated patient model. *Journal of Hospital Infection.* 1992;21: 51-60.
- 111.** Kirk YL, Kendall K, Ashworth HA, Hunter PR. Laboratory evaluation of a filter for the control of cross-infection during pulmonary function testing. *Journal of Hospital Infection.* 1992; 20:193-8.
- 112.** Nielsen HJ, Mecke P, Tichy S, Schmucker P. Comparative study of the efficiency of bacterial filters in long-term mechanical ventilation. *Anaesthesist.* 1996;45:814-8.
- 113.** Garibaldi RA, Britt MR, Webster C, Pace NL. Failure of bacterial filters to reduce the incidence of pneumonia after inhalation anesthesia. *Anesthesiology.* 1981;54:364-8.
- 114.** Feeley TW, Hamilton WK, Xavier B, Moyers J, Eger EI. Sterile anesthesia breathing circuits do not prevent postoperative pulmonary infection. *Anesthesiology.* 1981;54:369-72.
- 115.** Lorente L, Lecuona M, Málaga J, Revert C, Mora ML, Sierra A. Bacterial filters in respiratory circuits: an unnecessary cost? *Crit Care Med.* 2003;31:2126-30.
- 116.** Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in Health-Care facilities, 1994. *MMWR.* 1994;43(RR13):1-132.
- 117.** Ministerio de Sanidad y Consumo. Control de la transmisión nosocomial de la tuberculosis, 1995. Madrid: Centro de Publicaciones; 1995.
- 118.** Craven DE, Goularte TA, Make BJ. Contaminated condensate in mechanical ventilator circuits. A risk factor nosocomial pneumonia? *Am Rev Respir Dis.* 1984;129:625-8.
- 119.** Lareau SC, Ryan KJ, Diener CF. The relationship between frequency of ventilator circuit changes and infectious hazard. *Am Rev Respir Dis.* 1978;118:493-6.
- 120.** Craven DE, Connolly MG, Lichtenberg DA, Primeau PJ, McCabe WR. Contamination of mechanical ventilators with tubing changes every 24 or 48 hours. *N Engl J Med.* 1982;306: 1505-9.
- 121.** Dreyfuss D, Djedaini K, Weber P, Brun P, Lanore JJ, Rahmani J, et al. Prospective study of nosocomial pneumonia and of patient and circuit colonization during mechanical ventilation with circuit changes every 8 hours versus no change. *Am Rev Respir Dis.* 1991;143:738-43.
- 122.** Craven DE, Kunches LM, Kilinsky V. Risk factors for pneumonia and fatality in patients receiving continuous mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis.* 1986;133:792-6.
- 123.** Ayuso D, Parra ML, Robles P, de la Cal MA. Incidencia de neumonía asociada a ventilación mecánica en relación al cambio de circuitos externos del respirador. *Enfermería Intensiva.* 1996;7:111-5.
- 124.** Lien TC, Lin MY, Chu CC, Kuo BI, Wang ED, Wang JH. Ventilator-associated pneumonia with circuit changes every 2 days versus every week. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2001;64:161-7.
- 125.** Long MN, Wickstrom G, Grimes A, Benton CF, Belcher B, Stamm AM. Prospective, randomized study of ventilator associated pneumonia in patients with one versus three ventilator circuit changes per week. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1996; 17:14-9.
- 126.** Tyra JA, Norwood JW. A two year experience with ten day ventilator circuit change outs. *Respir Care* 1994;39:5.
- 127.** Salyer JW. The effect of 7 day circuit changes on lower respiratory tract infection rates in the NICU and PICU. *Respir Care.* 1994;39:207.
- 128.** Orens D, Stoller JK. The impact of changing ventilator circuits at 72 hours vs 7 days on ventilator associated pneumonia. *Respir Care.* 1994;39:171.
- 129.** Hess D, Burns E, Romagnoli D, Kacmarek RM. Weekly ventilator circuit changes. A strategy to reduce costs without affecting pneumonia rates. *Anesthesiology.* 1995;82:903-11.
- 130.** Kotilainen HR, Keroac MA. Cost analysis and clinical impact of weekly ventilator circuit changes in patients in intensive care unit. *Am J Infect Control.* 1997;25:117-20.
- 131.** Verri M, Capuzzo M, Rossi MR, Alvisi R, Ragazzi R, Gritti G. Respiratory circuits and infections of the airway. *Minerva Anesthesiol.* 1997;63:327-35.
- 132.** Kollef MH, Shapiro SD, Fraser VJ, Silver P, Murphy DM, Trovillion E, et al. Mechanical ventilation with or without 7-day circuit changes. *Ann Intern Med.* 1995;123:168-74.
- 133.** Fink JB, Krause SA, Barrett L, Schaaff D, Alex CG. Extending ventilator circuit change interval beyond 2 days reduces the likelihood of ventilator-associated pneumonia. *Chest.* 1998; 113:405-11.
- 134.** Han JN, Liu YP, Ma S, Zhu YJ, Sui SH, Chen XJ, et al. Effects of decreasing the frequency of ventilator circuit changes to every 7 days on the rate of ventilator-associated pneumonia in a Beijing hospital. *Respir Care.* 2001;46:891-6.
- 135.** Alfredson T, Earl A, Larson R, Cronin J, Hauptman D, Fabey PJ, et al. Effect of extending ventilator circuit changes from 2 to 7 days. *Respir Care.* 1994;39:161.
- 136.** Krause S, Fisher M, Fink J. Reduction of ventilator associated pneumonias with seven day circuit changes. *Respir Care.* 1994;39:164.
- 137.** Goodhart G, Gilliam C. Developing a program for monitoring ventilator associated nosocomial infections. *Respir Care.* 1994;39:90.
- 138.** Gastmeier P, Wendt C, Ruden H. Breathing circuit exchange in intensive care. Once daily once weekly? *Anaesthesist.* 1997;46:943-8.
- 139.** Lorente L, Lecuona M, Galván R, Ramos MJ, Mora ML, Sierra A. Periodically changing ventilator circuits is not necessary to prevent ventilator-associated pneumonia when a heat and moisture exchanger it is used. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2004;25:1077-82.
- 140.** Williams R, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. *Crit Care Med.* 1996; 24:1920-9.
- 141.** Roustan JP, Kienlen J, Aubas S, Du Cailar J. Comparison of hydrophobic heat and moisture exchangers with heated humidifier during prolonged mechanical ventilation. *Intensive Care Med.* 1992;18:97-100.
- 142.** Dreyfuss D, Djedaini K, Gros I, Mier L, Le Bourdellés G, Cohen Y, et al. Mechanical ventilation with heated humidifiers or heat and moisture exchangers: effects on patient colonization and incidence of nosocomial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995;151:986-92.
- 143.** Kollef MH, Shapiro SD, Boyd V, Silver P, von Harz B, Trovillion E, et al. A randomized clinical trial comparing an extended-use hygroscopic condenser humidifier with heated-water humidification in mechanically ventilated patients. *Chest.* 1998; 113:759-67.

144. Misset B, Escudier B, Rivara D, Leclercq B, Nitenberg G. Heat and moisture exchanger vs heated humidifier during long-term mechanical ventilation. A prospective randomized study. *Chest*. 1991;100:160-3.
145. Branson R, Davis K, Campbell RS, Johnson DJ, Porembka DT. Humidification in the Intensive Care Unit. Prospective study of a new protocol utilizing heated humidification and a hygroscopic condenser humidifier. *Chest*. 1993;104:1800-5.
146. Boots RJ, Howe S, George N, Harris FM, Faoagali J. Clinical utility of hygroscopic heat and moisture exchangers in intensive care patients. *Crit Care Med*. 1997;25:1707-12.
147. Memish ZA, Oni GA, Djazmati W, Cunningham G, Mah MW. A randomized trial to compare the effects of a heat and moisture exchanger with a heated humidifying system on the occurrence rate of ventilator-associated pneumonia. *Am J Infect Control*. 2001;29:301-5.
148. Gastmeier P, Beck KD, Lode H. Respiratory filters and pneumonia: many unresolved questions. *Dtsch Med Wochenschr*. 2001;126:835-9.
149. Kirton OC, De Haven B, Morgan J, Morejon O, Civetta J. A prospective, randomized comparison of an in-line heat moisture exchange filter and heated wire humidifiers. Rates of ventilator-associated early-onset (community-acquired) or late-onset (hospital-acquired) pneumonia and incidence of endotracheal tube occlusion. *Chest*. 1997;112:1055-9.
150. Yassin M. Heat and moisture exchanger PALLBB22-15F can prevent ventilator-associated pneumonia in short term mechanically ventilated ICU patients. *Crit Care*. 1999;3(Suppl 1): P15.
151. Cohen IL, Weinberg PF, Alan I, Rowinsky GS. Endotracheal tube occlusion associated with the use of heat and moisture exchangers in the intensive care unit. *Crit Care Med*. 1988;16:277-9.
152. Daumal F, Colpart E, Manoury B, Mariani M, Daumal M. Changing heat and moisture exchangers every 48 hours does not increase the incidence of nosocomial pneumonia. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999;20:347-9.
153. Djedaini K, Billiard M, Mier L, Le Bourdelles G, Brun P, Markowicz P, et al. Changing heat and moisture exchangers every 48 hours rather than 24 hours does not affect their efficacy and the incidence of nosocomial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995;152:1562-9.
154. Davis K Jr, Evans SL, Campbell RS, Johannigman JA, Luchette FA, Porembka DT, et al. Prolonged use of heat and moisture exchangers does not affect device efficiency or frequency rate of nosocomial pneumonia. *Crit Care Med*. 2000;28:1412-8.
155. Thomachot L, Leone M, Razzouk K, Antonini F, Vialet R, Martin C. Randomized clinical trial of extended use of a hydrophobic condenser humidifier: 1 vs. 7 days. *Crit Care Med*. 2002;30:232-7.
156. Carlon GC, Fox SJ, Ackerman NJ. Evaluation of a closed - tracheal suction system. *Crit Care Med*. 1987;15:522-5.
157. Cereda M, Villa F, Colombo E, Greco G, Nacoti M, Pesei A. Closed system endotracheal suctioning maintains lung volume during volume-controlled mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2001;27:648-54.
158. Grossi SA. Closed endotracheal suction system for the prevention of hypoxemia. *Rev Esc Enferm USP*. 1995;29:26-33.
159. Harshbarger SA, Hoffman LA, Zullo TG, Pinsky MR. Effects of a closed tracheal suction system on ventilatory and cardiovascular parameters. *Am J Crit Care*. 1992;1:57-61.
160. Lee CK, Ng KS, Tan SG, Ang R. Effect of different endotracheal suctioning systems on cardiorespiratory parameters of ventilated patients. *Ann Acad Med Singapore*. 2001;30:239-44.
161. Weilt J, Bettstetter H. Indications for the use of closed endotracheal suction. *Artificial respiration with high positive end-expiratory pressure*. *Anaesthesist*. 1994;43:359-63.
162. Wu RS, Tao CW, Wong SY, Tan PP. Use of a closed-airway suctioning system during anesthesia. *Ma Zui Xue Za Zhi*. 1993;31:9-14.
163. Zielmann S, Grote R, Sydow M, Radke J, Burchardi H. Endotracheal suctioning using a 24-hour continuous system. Can costs and waste products be reduced? *Anaesthesist*. 1992;41:494-8.
164. Schön VR. Qualitätskontrolle von geschlossenen Systemen für endobronchiale Absaugung. *Krankenpflege Journal*. 1995;33:308-12.
165. Castling D, Greenough A, Giffin F. Neonatal endotracheal suction: Comparison of open and closed suction techniques. *British Medical Journal of Intensive Care*. 1995;5:218-21.
166. Clark AP, Winslow EH, Tyler DO, White KM. Effects of endotracheal suctioning on mixed venous oxygen saturation and heart rate in critically ill adults. *Heart and Lung*. 1990;19:552-7.
167. Máttar JA, Sproesser AJ, Gomes MV. A comparative study of oxygen transport during open and closed methods of tracheal suctioning. *Intensive and Critical Care Digest*. 1992;11:57-8.
168. Johnson KL, Kearney PA, Johnson SB, Niblett JB, McMillan NL, McClain RE. Closed versus open endotracheal suctioning: Cost and physiologic consequences. *Crit Care Med*. 1994;22:658-66.
169. Adams DH, Hughes M, Elliott TS. Microbial colonization of closed-system catheters used in liver transplant patients. *Intensive Crit Care Nurs*. 1997;13:72-6.
170. Cordero L, Sananes M, Ayers LW. Comparison of a closed (Trach Care MAC) with an open endotracheal suction system in small premature infants. *J Perinatol*. 2000;20:151-6.
171. Deppe SA, Kelly JW, Thoi LL, Chudy JH, Longfield RN, Ducey JP, et al. Incidence of colonization, nosocomial pneumonia, and mortality in critically ill patients using a Trach Care closed - suction system versus an open - suction system: Prospective, randomized study. *Crit Care Med*. 1990;18:1389-93.
172. Zeitoun SS, de Barros AL, Diccini S. A prospective, randomized study of ventilator-associated pneumonia in patients using a closed vs. open suction system. *J Clin Nurs*. 2003;12:484-9.
173. Combes P, Fauvage B, Oleyer C. Nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients, a prospective randomised evaluation of the Stericath closed suctioning system. *Intensive Care Med*. 2000;26:878-82.
174. Lorente L, Lecuona M, García C, Mora ML, Sierra A. Ventilator-associated pneumonia using a closed versus an open tracheal suction system. *Crit Care Med*. 2005;33:115-9.
175. Kollef MH, Prentice D, Shapiro SD, Fraser VJ, Silver P, Trovillion E, et al. Mechanical ventilation with or without daily changes of in-line suction catheters. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:466-72.
176. Darvas JA, Hawkins LG. The closed tracheal suction catheter: 24 hour or 48 hour change? *Aust Crit Care*. 2003;16:86-92.
177. Steere AC, Mallison GF. Handwashing practices for the prevention of nosocomial infections. *Ann Intern Med*. 1975;83:683-90.
178. Klein BS, Perloff WH, Maki DG. Reduction of nosocomial infection during pediatric intensive care by protective isolation. *N Engl J Med*. 1989;320:1714-21.
179. Crowe M, Towner KJ, Humphreys H. Clinical and epidemiological features of an outbreak of acinetobacter infection in an intensive therapy unit. *J Med Microbiol*. 1995;43:55-62.