

Sistemas de humidificación en ventilación mecánica. Mirada de un terapeuta respiratorio

Humidification systems in mechanical ventilation. Respiratory therapist opinion

Claudia Liliana Cruz Moya¹

Resumen

Con la invención de la ventilación mecánica (VM) indicada en trastornos pulmonares y sus comorbilidades, se ha logrado a través de éste modular y reducir los signos y síntomas de IRA en la población. Así mismo, como consecuencia de la aplicación en las vías aéreas, la industria médica ha diseñado aditamentos conexos como los Sistemas de humidificación (activos y pasivos) (SH), para mitigar los riesgos potenciales derivados de la invasión de la VM siendo los SH explorados por primera vez en el siglo XIX, prisma de diversas caras generador de disertaciones, disensos y consensos respecto de la calidad, estructura, indicaciones, efectos adversos, usos y cuidados etc. La revisión objetiva exponer el tema ampliando el radio de comprensión de los SH, aterrizando los conceptos dispersos en las escasas y distintas fuentes literarias en una suma clara y expresa de los usos, características, beneficios y complicaciones de los dispositivos de humidificación de utilidad universal.

Palabras clave: ventilación mecánica, humidificación, humidificación pasiva, humidificación activa, unidad de cuidado intensivo UCI.

Abstract

With the invention of mechanical ventilation (MV) indicated in lung disorders and co morbidities, it has been possible to moderate and reduce population signs and symptoms of ARI (Acute Respiratory Infection). Also, as a result of its application in the patient airways, medical industry has designed relative supplies as Humidification Systems (active and passive usage), to mitigate potential risks derived from the invasion of the air way. These, were explored by the first time in the nineteenth century, prism of faces, dissertations, dissensions and consents generator, regarding the quality, structure, indications, adverse effects, usage, care giving, and so on. This review objects the issue, broadening the HS comprehension rank, landing the scattered concepts from the scarce and variable literary sources in a clear and explicit summary of usage, features, benefits and complications of humidifying devices of universal utility.

Keywords: mechanical ventilation (MV), humidification, passive humidification, active humidification, intensive care unit (ICU).

1 Terapeuta Respiratorio. Especialista en Auditoría Clínica, Magíster en Educación. Investigador Docente. Centro de investigación y desarrollo, Fundación Universitaria del Área Andina- Bogotá D.C. Correo electrónico: ccruz@areandina.edu.co

INTRODUCCIÓN

Es claro que, durante la respiración normal; las vías respiratorias superiores calientan, humidifican y filtran gases inspirados. Esta tarea se lleva a cabo principalmente en la nasofaringe, donde los gases inspirados se encuentran expuestos a una membrana mucosa húmeda, sumamente vascularizada. La eficacia de las vías respiratorias superiores se incrementa más aún por la superficie y el flujo turbulento que proporcionan los cornetes nasales (Branson, R. 2002). El bucofaringeo y las vías respiratorias conductoras también contribuyen a este proceso, pero son menos eficaces porque carecen de la exquisita estructura de la nasofaringe: durante la espiración, las vías aéreas superiores rivalizan con las propiedades humidificadoras que son parte de un intercambio de calor y humedad en contracorriente, en extremo eficaces. En un día normal, el aparato respiratorio pierde aproximadamente 1470 joules de calor y 250 ml de agua. Esta pérdida neta de calor y humedad es predominantemente el resultado del vapor de agua que se escapa en los gases espirados (Primiano, 1971).

Cantidades limitadas de calor se pierden a través del calentamiento del aire inspirado, ya que el calor

específico del dispositivo está muy bajo. La eficacia de las vías respiratorias superiores normales es muy alta. Aún en extremos de temperatura y humedad inspiradas, el gas que llega a los ámbitos alveolares está 100% saturado a temperatura corporal (Branson, R. 2002). Los efectos combinados de la intubación y de la ventilación mecánica con la administración de gases secos ocasionan pérdidas intensas de calor y humedad en la mucosa respiratoria. En los casos extremos, ocurre un daño en su estructura y en la función del epitelio respiratorio, que en distintos casos han desencadenando consecuencias clínicas como las expuestas a continuación:

EFFECTOS ADVERSOS DE LA INTUBACIÓN Y LA VENTILACIÓN MECÁNICA SOBRE LA VÍA AÉREA

El cuadro 1 señala los efectos adversarios de la instauración de medidas invasivas como los TET (Tubos endotraqueales) y la VM se podría inferir que la provisión de calor y humedad durante la ventilación mecánica es una medida estándar de cuidado en todo el mundo, y esta labor se encuentra a cargo de los Terapeutas Respiratorios quienes realizan, el seguimiento y control de estos

Cuadro 1. Efectos adversos de la intubación y la ventilación mecánica.

ESTRUCTURAL	FUNCIONAL	FISIOLÓGICO
Pérdida de la función ciliar	Interrupción del escalador mucociliar	Retención de secreciones
Destrucción de cilios		Taponamiento mucoso de las vías respiratorias
Deseccación de las glándulas mucosas	Aumento en la viscosidad de la mucosa	Atelectasia
Reducción del citoplasma celular	Reducción de la distensibilidad pulmonar	Aumento del trabajo respiratorio
Ulceración de la mucosa	Aumento de la resistencia de la vía respiratoria	Hipoxemia
Pérdida del agente tensoactivo	Desviación intrapulmonar	Hipotermia

Fuente: Branson, R. Ventilación mecánica 2002.

aditamentos. (Chalon, J 1972) En tanto, la mayoría de los Médicos y Terapeutas Respiratorios consideran relevante la humidificación por las peligrosas y fatídicas consecuencias del Soporte artificial, existiendo discrepancia con respecto en la determinación del mejor método para suministrar más humedad y en la cantidad de humedad requerida. De acuerdo a lo anterior, los métodos para adquirir humedad incluyen:

- Sistemas Activos (controlados por un microprocesador).
- Intercambiadores de humedad (simples y pasivos).

SISTEMAS ACTIVOS

- Proporcionan un alto intervalo de temperaturas y humedad.
- Están constituidos por un elemento calentador, un reservorio de agua, una unidad de control de temperatura (incluye una sonda de temperatura y alarmas), y una interfase de gas y líquido que aumenta la superficie de evaporización.
- Se dividen en varias categorías como: Humidificadores de paso, Humidificadores de cascada y Humidificadores de mecha.
- En esta clase de dispositivos se tiene que vigilar continuamente la temperatura de los pacientes con un termistor. Aunque no es común, también es de interés vigilar la humedad relativa en la vía respiratoria proximal.
- El nivel de agua en el reservorio debe mantenerse manualmente, ya sea añadiendo agua de una bolsa, a través de un dispositivo de llenado conectado al humidificador (ej.: equipo de venoclisis), o por un sistema de llenado conectado al humidificador, o por un sistema de llenado por flotación que mantiene el nivel de agua constante. Los métodos manuales corren un mayor riesgo de contaminar los reservorios y tienen

el riesgo adicional de derramamiento y sobrellenado.

- El sistema de llenado por flotación evita también fluctuaciones en la temperatura del gas suministrado, que ocurre cuando un volumen de agua fría se añade al humidificador.
- La mayor parte de los humidificadores se controla con un servomecanismo, es decir, el operador fija la temperatura preferida en el termistor, el sistema mantiene el control de la temperatura del gas que le llega al paciente independientemente de los cambios en el flujo de gas o del nivel de agua en el reservorio.
- El agua que se condensa en los tubos ha de considerarse contaminada y no se debe circular de regreso al humidificador.

HUMIDIFICADORES PASIVOS O INTERCAMBIADORES DE HUMEDAD PASIVOS

- Este el término genérico que se usa para describir un grupo de dispositivos de humidificación similares que operan sin electricidad y sin una fuente de agua suplementaria. Estos dispositivos son llamados frecuentemente “narices artificiales” o “nariz de camello”. El nombre proviene de la similitud en el funcionamiento del aparato con la nariz humana (Branson, R 2002).
- Por definición el humidificador pasivo recoge el calor espirado y la humedad del paciente, y los regresa en la siguiente inspiración. El término de humidificador pasivo es preferible al de la nariz artificial porque es más específico con respecto a su función.
- Existen diferentes tipos de humidificadores pasivos, la diferencia reside en el diseño: Heat and Moisture Exchangers (HME), intercambiadores de humedad y calor; Heat Moisture Exchangers Filter (HMEF), filtro intercambiador de calor y humedad. Hygroscopic Heat and Moisture Exchangers (HHME), y al añadirle un filtro se obtendrá un HHMEF.

Cuadro 2. Descripción de los intercambiadores de calor y humedad.

DISPOSITIVOS	CARACTERÍSTICAS
HME HIGROSCÓPICO	Se caracterizan por ser humidificadores con condensadores higroscópicos. El HME es el más simple de estos dispositivos y el primero en ser puesto en uso. Consiste en un inserto formado por capas de aluminio que puede o no tener un elemento fibroso adicional. El aluminio intercambia temperaturas rápidamente, y durante la espiración se forma condensación entre las capas de este material. El calor y la humedad retenidos son devueltos durante la inspiración. El agregar un elemento fibroso ayuda a retener la humedad y reduce la acumulación de condensación en las posiciones dependientes del dispositivo. Los HME son los humidificadores pasivos más ineficaces, razón por la cual no son muy utilizados. Poseen una salida de humedad nominal que proporciona 10 a 14 mg H ₂ O/L en volúmenes periódicos de 500 a 1000 ml (Chalon, J 1972).
HMEF	Tienen mejoras en el funcionamiento si se comparan con los HME, ya que se les ha agregado un filtro que consta de un medio esponjoso, o un mayor volumen de medio de filtrado (mayor superficie de filtración). Una manera de aumentar la superficie es doblar el filtro e incrementar su grosor. Las evaluaciones de estos dispositivos realizados por algunos laboratorios demuestran una salida de humedad de 18 a 28 mg H ₂ O/L para un volumen corriente de 500 a 1000 ml.
HHME	Son el tipo de humidificadores pasivos de uso más generalizado. Estos dispositivos varían ampliamente en cuanto a forma, tamaño y tipo de medio de filtración que se inserta. La mayor parte de los HHME usan como inserto papel o polipropileno tratado con cloruro de calcio o de litio, para aumentar la conservación de la humedad. Estudios comparativos demuestran que los HHME proporcionan una salida de humedad de 22 a 34 mg H ₂ O/L para un volumen de 500 a 1000 ml (Chatburn, RL 1987).

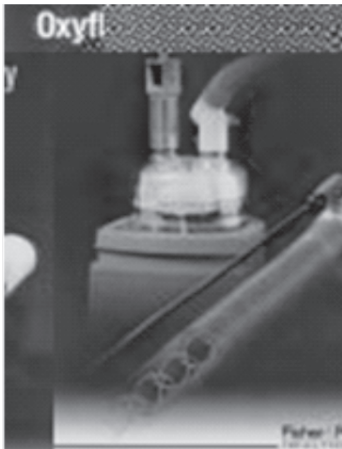

Fuente: Branson, R. 2003.

USO DE LOS DISPOSITIVOS DE HUMIDIFICACIÓN DURANTE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

- Durante el funcionamiento de un humidificador pasivo, una parte del calor y de la humedad que el paciente espira regresa; por ello, siempre hay una pérdida neta de calor y humedad. Los humidificadores de este tipo más eficaces retornan 70% a 80 % de la humedad espirada por el enfermo.
 - Los humidificadores pasivos no son tan eficaces como los humidificadores con calentamiento.
 - Se ha desarrollado un algoritmo para el uso seguro y juicioso de los humidificadores pasivos en la unidad de cuidados intensivos.
 - Este protocolo utiliza contraindicaciones para el uso de humidificadores pasivos y aconseja al terapeuta cuando usar humidificación con calentamiento.
 - Las contraindicaciones para la utilización de humidificadores pasivos incluyen: cantidades copiosas de esputo espeso; secreciones sanguinolentas densas, e hipotermia (< 32 C).
 - Los humidificadores pasivos son alternativas atractivas en lugar de las que tienen calentamiento debido a su bajo costo, funcionamiento pasivo y facilidad de manejo (Darin, J 1982).
- Una vez revisadas las generalidades y aplicaciones de los diferentes dispositivos de humidificación,

a continuación se explicitan algunas ventajas y desventajas de los distintos aditamentos, éstas surgen a partir de las diferentes indagaciones informales

realizadas a profesionales en Terapia Respiratoria que laboran en cuidados intensivos, las cuales se resumen así:

DISPOSITIVO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>HUMIDIFICADORES CON CALENTAMIENTO</p> 	<p>Aplicación universal</p> <p>Amplios intervalos de temperatura y humedad</p> <p>Alarmas</p> <p>Vigilancia de la temperatura</p> <p>Confiabilidad</p>	<p>Costo</p> <p>Utilización de agua</p> <p>Condensación</p> <p>Riesgo de contaminación del circuito de sobrecalentamiento</p> <p>Posibilidad baja de choque eléctrico y quemaduras</p>
<p>HUMIDIFICADORES PASIVOS O NARICES ARTIFICIALES</p> 	<p>Costo</p> <p>Operación pasiva</p> <p>Sencillez de uso</p> <p>Eliminación de la condensación</p> <p>Portátil</p>	<p>No es aplicable a todos los pacientes</p> <p>Aumento del espacio muerto</p> <p>Aumento de la resistencia</p> <p>Potencial de oclusión (Chen, TY 1994)</p>

Fuente: CRUZ, M. Claudia Liliana. Archivos personales.

Descripción de los principales humidificadores

- No todos los pacientes pueden usar una humidificación pasiva. Aquellos con una enfermedad pulmonar caracterizada por secreciones copiosas y espesas deberán recibir humidificación por calentamiento. Lo mismo es válido para pacientes con secreciones sanguinolentas ya que la sangre ocluye el filtro, dando como resultado una resistencia excesiva, atrapamiento de aire, hipoventilación y posiblemente barotrauma. Los pacientes con hipotermia deben recibir humidificación con calentamiento, ya que los

humidificadores pasivos regresan una parte de la humedad exhalada. Si la temperatura corporal del paciente es sólo 32 grados centígrados (con una humedad absoluta de 32 mg H₂O/L) (Chen, TY 1994).

- Los pacientes con una fístula broncopleurales o con manguitos de la tráquea inapropiados tampoco deben usar humidificación pasiva. Dado que el dispositivo requiere de la recolección de calor y de la humedad espirada, cualquier factor que permita el escape de gas espirado hacia el ambiente, sin pasar por el filtro, reducirá la humedad.

- Los humidificadores pasivos nunca se deben usar en conjunto con los humidificadores activos. El agua, en forma de partículas separadas en el medio, aumenta la resistencia e impide un suministro adecuado de la humedad proveniente del otro dispositivo (Grey, HSJ 1991).
- Si el agua ocluye el filtro, el paciente no se ventila de manera adecuada y puede verse incapacitado para espirar completamente durante la ventilación con presión positiva. (Chen, TY 1994).
- En las unidades de cuidado intensivo, los humidificadores pasivos pueden usarse por períodos de largo tiempo. Según nuestra experiencia, el uso de los humidificadores pasivos entre los primeros 5 a 10 días es efectivo y seguro. Esta recomendación se basa en numerosos estudios que reportan la aparición de oclusiones parciales o totales del tubo orotraqueal (lo cual indica una humidificación inadecuada) alrededor de este período. Las características del esputo del sujeto deben evaluarse con cada intento de aspirado. Si las secreciones son espesas en dos procedimientos consecutivos de aspirado, es necesario cambiar al enfermo a un humidificador con calentamiento (Chen, TY 1994).
- La valoración de la calidad del esputo se hace siguiendo el método descrito por Suzukama y colaboradores.
- Investigaciones recientes sugieren que la presencia de condensación en el codo o tubo flexionado entre el HME y el paciente implica que la humidificación es adecuada.
- El uso de esta técnica permite a los terapeutas decidir, con base en cada caso, cuando cambiar de una nariz artificial a un humidificador con calentamiento, si el caso lo amerita. A pesar de esta recomendación, muchos autores reportan el uso de narices artificiales de manera segura, hasta por 30 días.
- Se cree que los pacientes que requieren de ventilación por más de cinco días, por definición, están críticamente enfermos. Al quinto día, si la función pulmonar no ha mejorado, se debe considerar la humidificación con calentamiento para prevenir la retención de secreciones y llevar al máximo la función mucociliar. Si el proceso de retiro del ventilador del paciente en el quinto día, el espacio muerto adicional y la resistencia del humidificador pasivo obstaculiza la respiración espontánea.
- La mayoría de los fabricantes aconseja el cambio de humidificadores pasivos cada 24 horas. Las investigaciones recientes demuestran que si el dispositivo permanece libre de secreciones, el intervalo de cambio se puede aumentar a cada 48 horas o 72 horas sin tener efectos adversos. Esto requiere que los cuidadores respiratorios inspeccionen el dis-

Cuadro 5. Calidad de las secreciones pulmonares a la aspiración mecánica.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
DELGADO	El catéter de succión está limpio de secreciones después de la succión.
MODERADO	El catéter tiene secreciones que se adhieren a los lados después del aspirado, las cuales se eliminan fácilmente al aspirar agua a través del catéter.
ESPESO	El catéter de aspirado tiene secreciones adheridas a los lados después de aspirar, las cuales no se eliminan al aspirar agua a través del catéter.

Fuente: Carácter del esputo según Suzukawa, M et al. Respir Care 1989.

positivo frecuentemente en busca de secreciones y que lo cambien si se requiere.

- Cuando el dispositivo se contamina continuamente por secreciones y necesita más de tres cambios diarios, el paciente debe transferirse a humidificación con calentamiento. La presencia de moco periódicamente en el dispositivo sugiere que el enfermo tiene un problema de secreciones, y el cambio frecuente incrementará los costos.
- Las primeras investigaciones sobre este tema sugieren que el uso de humidificadores pasivos disminuye la incidencia de neumonía hospitalaria. Sin embargo, no hay evidencia confiable que apoye esta conclusión. (3) De hecho, en pacientes que tiene bacterias en el esputo, el humidificador pasivo se encuentra ya contaminado. Si el medio no tiene contaminación de esputo, la proliferación bacteriana está controlada.
- Los enfermos que requieren traqueotomía y una ventilación mecánica controlada, que se encuentran en hospitales en cuidados subcríticos y con instalaciones para cuidados a largo plazo, utilizan las narices artificiales por períodos mucho más prolongados. La duración máxima no se ha definido todavía.
- La razón para este uso a largo plazo es multifactorial. Aquellos que requieren traqueotomía, tienen vías respiratorias superiores permanentemente inutilizadas y la estructura morfológica de las inferiores se adapta para proporcionar una mayor capacidad de intercambio de calor y humedad. Además muchos de estos pacientes presentan enfermedades crónicas y no están sujetos a la cantidad de problemas homeostáticos de un hospital. Sin embargo, la decisión de usar humidificación con calentamiento en este escenario debe ser similar a la descrita anteriormente.

Un estudio realizado por la Intensive Care Critical Nursing, revisó el método de humidificación más efectivo en pacientes intubados con ventila-

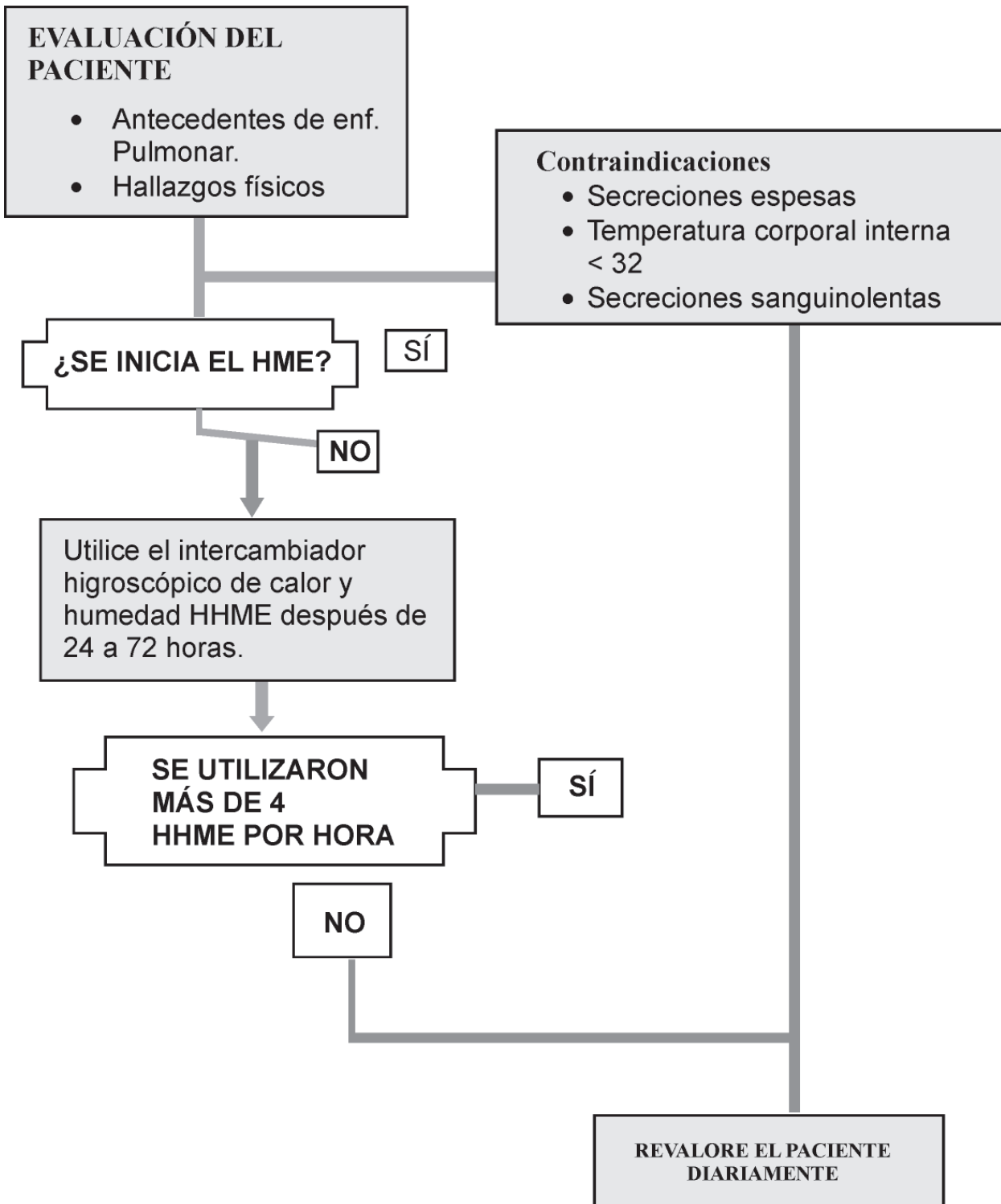
ción mecánica prolongada (por más de 48 horas) para prevenir el taponamiento mucoso y la neumonía asociada al ventilador. Para tal fin, retomaron los estudios randomizados controlados existentes en un período de tiempo de las principales bases de datos como la Biblioteca de Cochrane, Medline y CINAHL, donde comparaban los humidificadores de agua y los intercambiadores de calor. Finalmente estos estudios no determinaron diferencias entre los dos métodos de humidificación, pero definieron que los humidificadores de agua caliente predisponían a presentar Neumonía asociada a la ventilación mecánica. Sin embargo, algunos estudios hallados fueron excluidos de la búsqueda, ya que no cumplían con los requisitos mínimos de publicación y otros estudios excluían a pacientes de alto riesgo. Esto limitó la aplicabilidad de los hallazgos (Hedley, 1992).

Dentro de las conclusiones consideradas por la autora, están:

- No existen diferencias entre los dos tipos de humidificadores en la incidencia de taponamiento del tubo orotraqueal, al parecer la postura de alguno de estos dispositivos no interviene en el desarrollo de este fenómeno en intubación mayor a 24 horas. (Standard specification, 1996).
- Algunos estudios puntualizaron que los HME han sido más favorables al reducir la incidencia de neumonía asociada al ventilador (Marfatia, 1975).
- La investigación está limitada por la imposibilidad de encontrar artículos con cierto nivel de evidencia, donde se trabaje con pacientes de alto riesgo (Kapadia, 1991).
- Las bases de datos existentes en la actualidad no permiten la lectura en texto completo de la literatura, limitando la búsqueda y hallazgo de datos nuevos (International Organization, 1992).

Es de carácter preponderante en el manejo de pacientes con ventilación mecánica en cualquier grupo de edad preservar intacta la integridad

Cuadro 6. Algoritmo para guiar al Terapeuta Respiratorio en el uso apropiado del dispositivo de humidificación.



Fuente: BRANSON, R. Ventilación mecánica. 2002.

anatomofisiológica del tracto respiratorio, a pesar de los eventos adversos que inducen iatrogenia. Por tanto, es competencia del Terapeuta Respiratorio el evaluar y planificar las actividades de cuidado de las vías aéreas de los pacientes soportados con un apoyo respiratorio artificial, disminuyendo los riesgos anteriormente planteados, eligiendo de forma acertada y conciente el dispositivo que genera menos efectos nocivos y que reduzca los costos hospitalarios, así como la incidencia de infecciones nosocomiales. Se podría concluir al unísono de las ideas que conforman este texto, que la preferencia por un dispositivo a otro depende en gran parte del carácter formativo y la experticia del grupo de trabajo de la UCI (McPherson, 1981).

Dado que los estudios clínicos publicados en Colombia al respecto de la humidificación en ventilación mecánica son limitados o inexistentes, lo que se busca desde la academia en próximos trabajos, es precisamente exponer situaciones clínicas reales que muestren datos contundentes de determinadas variables a evaluar en términos de incidencia de la infección nosocomial, costo-efectividad, peligros y utilidad de estos sistemas de humidificación. Las nuevas tendencias en el mantenimiento de la vía aérea artificial basados en la tecnología en cuidado crítico nos exige como retribución el estudiar diariamente sus ventajas y desventajas, así como priorizar en la atención al paciente de tal manera que sea benéfico para la institución hospitalaria en términos de costos y para la academia en el surgimiento de innovaciones como opciones terapéuticas (Shelley, 1988).

El cuadro 6 explicita un algoritmo de decisiones para orientar la utilidad de los diferentes dispositivos (Respiratory care, 1992).

REFERENCIAS

- American Association for Respiratory Care (1992). *Clinical practice guideline: humidification during mechanical ventilation*, Respir Care 37:887.
- Branson, R. y, Macyntire, N. (2002). *Ventilación Mecánica*. McGraw Hill. 563 p.
- Chalon J, Loew D, Maibranché J. (1972). *Effects of dry air and subsequent humidification on tracheobronchial ciliated epithelium*, Anesthesiology 37:338.
- Chatburn. R.L, Primiano, F.P. (1987). *A rational basis for humidity therapy*, Respir Care 32:249.
- Chen, T. Y. (1994). *The effect of heated humidifier in the prevention of intra-operative hypothermia*, Acta Anaesthesiol Sin 32:27.
- Darin, J, Broadwell. J, MacDonell, R. (1982). *An evaluation of water-vapor output from four brands of unheated, prefilled bubble humidifiers*, Respir Care 27:41.
- Gray, H. S.J. (1991). *Humidifiers*, Probl Respir Care 4:423.
- Hedley, R.M., Allt-Graham, J. (1992). *A comparison of the filtration properties of heat and moisture exchangers*, Anaesthesia 47:414.
- International Organization for Standardization (1992). *Heat and moisture exchangers for use in humidifying respired gases in humans (ISO 9360)*. Geneva, International Organization for Standardization.
- Kapadia, F.N. Shelley, M. P. (1991). *Normal mechanisms of humidification*, Probl Respir Care 4:395,
- Klein, E. F. (1973). *Performance characteristics of conventional prototype humidifiers and nebulizers*, Chest 64:69 0.
- Marfatia, S., Donahoe, P.K., Henderson, W.H. (1975). *Effect of dry and humidified gases on the respiratory epithelium in rabbits*, J Pediatr Surg 10:583.
- McPherson, SP (1985). *Respiratory therapy equipment*, ed 4, St Louis, Mosby.
- Primiano, F.P., Jr, Montague FW Jr, Saidel GM (1984). *Measurement system for water vapour and temperature dynamics*, J Appl Physiol 56:1679.
- Shelley, M.P., Lloyd, G.M., Park, G.R. (1988). *A review of the mechanisms and the methods of humidification of inspired gas*, Intensive Care Med 14:1.

Standard specification for humidifiers for medical use (1996) (F1690), Conshohocken, Pa, ASTM, pg. 127-172.

Suzukawa, M. (1989). *The effects and characteristics of combining an unheated humidifiers moisture exchanging filter*. *Respir Care*. (3)20. 127-139.