

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/337089466>

Consideraciones del transporte aeromédico del paciente bajo Ventilación Mecánica

Article · November 2019

CITATIONS

0

READS

1,406

7 authors, including:



Manuel Alfredo Diaz Martinez

Hospital General Herrejon

10 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Eder Iván Zamarrón López

Intenivse qare

41 PUBLICATIONS 14 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Raul Soriano

PQ

22 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Miguel Ángel Martínez Camacho

Hospital General de Mexico

24 PUBLICATIONS 10 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

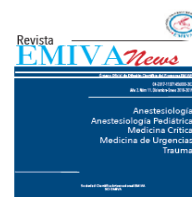
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Fisioterapia en adultos con COVID-19 [View project](#)



Electrocardiograma en áreas críticas [View project](#)



Artículo de Revisión

Consideraciones de la transportación aeromédica en el paciente bajo ventilación mecánica

Dr. Manuel Alfredo Díaz Martínez¹, Dr. Pedro Enrique Zaragoza Cárdenas², Dr. Éder Iván Zamarrón López³, Dr. Raúl Soriano Orozco⁴, Lic. Miguel Ángel Martínez Camacho⁵, Dr. Ernesto Deloya Tomás⁶, Dr. Orlando Rubén Pérez Nieto⁶.

Recibido: 1 de noviembre 2108

Aceptado para publicación: 12 de noviembre 2018.

Palabras clave: Ventilación mecánica, traslado aeromédico, aeromedicina.

Key words: Mechanical ventilation, aeromedical transfer, aeromedicine

1. Director general Mas Vida soluciones en emergencias.

2. Departamento de Anestesiología. Hospital Ángeles Guadalajara. Jal.

3. Hospital Angeles Tampico. Tamaulipas

4. Unidad Medica de Alta Especialidad, UMAE T1, León Gto.

5. Departamento de fisioterapia, Universidad Autónoma de Querétaro.

6. Hospital General de San Juan del Río. Querétaro.

04-2017-11071456000-203

Resumen

introducción. La transportación aereomédica del paciente crítico es una necesidad real, representa una opción para brindarle al paciente una atención médica especializada, acortar tiempos de traslados y evacuación de pacientes en lugares poco accesibles. Desarrollo. La altitud, los cambios de temperatura, la humedad, la expansión de los gases y las fuerzas gravitatorias son características que influyen sobre el paciente, la tripulación y el equipamiento. Los efectos adversos atribuidos a la movilización del paciente grave incluyen alteraciones hemodinámicas: hipotensión arterial, arritmias cardíacas, alteraciones respiratorias: hipoventilación, hipoxemia y paro cardiorespiratorio. Discusión. El paciente críticamente enfermo que se somete a ventilación mecánica, requiere de equipo y adiestramiento especial; estos traslados deben ser realizados por personal entrenado con equipo especializado y no así en aeronaves improvisadas y por personal no capacitado en el manejo del paciente crítico bajo ventilación mecánica por el riesgo de complicaciones graves. Conclusión. El traslado aeromédico es una necesidad para la adecuada atención del paciente crítico que requiere transportarse a una unidad médica resolutive para su patología, conocer las consideraciones especiales en el mismo es de vital importancia para llevarlo a cabo con la mayor efectividad y menor riesgo de complicaciones posibles.

Abstract

Introduction. Aeromedical transportation of the critical patient is a real need, represents an option to provide the patient with specialized medical attention, shorten transfer times and evacuation of patients in inaccessible places. Development. Altitude, changes in temperature, humidity, expansion of gases and gravitational forces are characteristics that influence the patient, the crew and the equipment. The adverse effects attributed to the mobilization of the severe patient include hemodynamic alterations: arterial hypotension, cardiac arrhythmias, respiratory alterations: hypoventilation, hypoxemia and cardiorespiratory arrest. Discussion. Critically ill patients who are subjected to mechanical ventilation, require special equipment and training, these transfers must be performed by trained personnel with specialized equipment and not in improvised aircraft and by personnel not trained in the management of critical patients under mechanical ventilation. The risk of serious complications. Conclusion. The aeromedical transfer is a necessity for the adequate care of the critical patient who needs to be transported to a medical unit for their pathology, knowing the special considerations in it is of vital importance to carry it out with greater effectiveness and lower risk of possible complications.

Introducción

La transportación aereomédica del paciente crítico es una necesidad real, representa una opción para brindarle al paciente una atención médica especializada, acortar tiempos de traslados y evacuación de pacientes en lugares poco accesibles.

El éxito del traslado dependerá de una adecuada planificación y prever posibles complicaciones.

Los efectos adversos atribuidos a la movilización del paciente grave incluyen alteraciones hemodinámicas: hipotensión arterial, arritmias cardíacas, alteraciones respiratorias:

hipoventilación, hipoxemia y paro cardiorespiratorio, estas complicaciones son frecuentemente asociadas a factores como la interrupción de la monitorización, pérdida del acceso venoso, pausa en administración de fármacos y desconexión del ventilador, las cuales pueden, desencadenar la muerte del paciente si no se identifican y se tratan a tiempo y de manera efectiva.

En México, aun cuando se cuenta con aeronaves destinadas para el traslado del paciente, no hay reportes o artículos médicos relevantes al respecto ni estudios significativos que evalúen su seguridad y eficacia, ni existen centros de certificaciones oficiales de capacitación, educación para traslado aeromédico.

Tipos de traslado

Traslado primario. Es realizado desde un lugar de emergencia (p. Ej., la escena de un accidente) hacia un centro asistencial que cuente con los medios necesarios para el tratamiento inicial del paciente ¹.

Traslado secundario. Implica el traslado entre hospitales, en general de un centro de menor complejidad a uno de atención terciaria o con capacidad de resolución de la patología del paciente ¹.

Indicaciones de traslado aeromédico ².

Paciente que requiere cuidados críticos y no están disponible en el hospital o en ambulancia terrestre.

1. Posibilidad de deterioro del estado clínico del paciente asociado al retraso del traslado en transporte terrestre ocasionado por tráfico, obstáculos terrestres y/o distancia.

2. Localización inaccesible del paciente para el transporte terrestre.

3. Rescate prolongado.

4. Paciente que requiere tratamiento específico y oportuno, que no esté disponible en el hospital de referencia y cuyo equipo médico del hospital receptor tiene las capacidades para resolver la patología.

5. Cualquier paciente críticamente enfermo que requiera de traslado, en el cual el transporte terrestre supera en exceso el tiempo al traslado aéreo.

Contraindicaciones ²:

1. Paciente en paro cardiorrespiratorio o con enfermedad terminal.

2. Paciente con agitación psicomotriz no controlable.

3. Paciente que se rehúsa al transporte médico aéreo.

4. Paciente inestable que requiere un procedimiento (ejemplo: Laparotomía de urgencia) que puede ser realizado en el hospital de referencia.

5. Pacientes contaminados con sustancias peligrosas (radiación, tóxicos, etc).

6. Tiempo de transporte terrestre igual o menor que el tiempo de transporte aéreo.

7. Neumotórax no resuelto.

8. Hemoglobina menor a 7.0 g/dl.

Cambios fisiológicos durante el vuelo

La fisiología durante los vuelos depende de las leyes físicas relacionadas con cambios en la presión, volumen y temperatura que se producen con la altura ³. El aire atmosférico es una mezcla compuesta de oxígeno 20.9%, nitrógeno 78% y otros gases, cada uno de estos gases tienen una presión parcial, la suma de presiones parciales es igual a la presión total, en este caso de la presión atmosférica, como lo establece la Ley de Dalton ^{1,3}.

$$PT = P1 + P2 + P3 \dots$$

Ejemplo (Ej): Porcentaje de gases: nitrógeno $760 \times 0.78 = 592$, oxígeno $760 \times 0.21 = 159$

$$PT: 592 + 159 = 752 \text{ mm Hg}$$

Los 8 mm Hg restantes los ocupan el resto de los gases.

La presión barométrica (PB) es la ejercida por la atmósfera y consecuentemente sobre la presión de oxígeno inspirado, se explica de la siguiente manera: la relación que existe entre la presión inspirada de oxígeno (PiO_2) es directamente proporcional a la PB e inversamente proporcional a la altura; es decir, a mayor presión atmosférica, mayor será la PiO_2 , a mayor altura menor se la PiO_2 ³.

$$PiO_2 = (PB - PH_2O) \times 0,21$$

(PiO_2 : presión inspirada de oxígeno; PB: presión barométrica; PH_2O : presión de vapor).

La presión del vapor de agua (47 mmhg) ejerce resistencia a la entrada del aire en las vías aéreas superiores. Por tal motivo, esta presión de oposición debe considerarse en la fórmula final en el cálculo de la presión inspirada de O_2 .

La ley de Boyle establece que, a temperatura constante, el cambio en volumen de un gas es inversamente proporcional al cambio de presión del gas ³.

$$P1 V1 = P2 V2$$

$P1$ = presión a altitud 1; $V1$ = volumen a altitud 1; $P2$ = presión a altitud 2; $V2$ = volumen a altitud 2

A medida que la altura se incrementa, la presión disminuye y los gases se expanden,

Ej: $P1 = 760 \text{ mmhg}$ a nivel del mar, la presión 2 con una altitud crucero de 10,000 pies es 523 mmhg , con un volumen de 1L.

$$760 \times 1L = 523 \times (V2)$$

$$760/523 = 1.45L$$

$$V2 = 1.45 L$$

Observando el ejemplo se incrementa un 45% el volumen, al disminuir la presión barométrica, por ende todas las cavidades cerradas sufrirán expansiones; un neumotórax se puede complicar con neumotórax a tensión, una bulla se puede romper, el neumocéfalo puede agrandarse y producir hipertensión intracraneana, en paciente intubados la presión del globo del TET puede exceder la presión de perfusión capilar resultando en necrosis de la laringe, por

lo cual todas las sondas que tengan neumotaponamiento deben de ser remplazadas por solución o agua, para evitar la expansión por altitud.

Dentro del ambiente del traslado, debemos tener en cuenta que la altitud, los cambios de temperatura, la humedad, la expansión de los gases y las fuerzas gravitatorias son características que influyen sobre el paciente, la tripulación y el equipamiento. El tamaño reducido del espacio para trabajar en las unidades aéreas y terrestres, genera incomodidad física de la tripulación, limita el acceso para realizar procedimiento, obliga a la tripulación a organizar la disposición del equipamiento en forma tal que esté disponible e identificable para su acceso rápido. Las turbulencias generan temor en el equipo de salud, eso influye en su capacidad de concentración y toma de decisiones sobre el paciente, están predispuestos a la fatiga del personal médico, los procedimientos tienen mayor dificultad e implican mayor riesgos y probabilidad de fallo. El ruido, sobre todo durante el traslado en helicópteros, puede impedir la comunicación adecuada entre los miembros del equipo, interferir con la auscultación u ocultar el sonido de alarmas. La humedad del aire ambiente se modifica durante los vuelos. A mayor altura, el aire exterior que se utiliza para presurizar la cabina contiene menos humedad y, por lo tanto, el aire en el interior será más seco. La temperatura exterior desciende con la altura aproximadamente 2 °C cada 300 metros, por ende es necesario contar con equipo adecuado para evitar la hipotermia. Así mismo, el oxígeno es el principal soporte en el paciente sometido a ventilación mecánica, durante la revisión de la aeronave se deben de calcular las reservas de oxígeno, considerando las probables demoras durante el traslado, y los requerimientos de O₂ a diferentes alturas, recordando que existen ventiladores de traslado no ciclan al no tener flujo de oxígeno, por lo cual quedarse sin reserva de oxígeno puede significar una catástrofe.

Cálculo del requerimiento de oxígeno a diferentes alturas:

$$F_{iO_2}(\text{ajustado}) = f_{iO_2} \times PB_1 / PB_2$$

F_{iO₂}: fracción inspirada de oxígeno que requiere el paciente; PB₁: presión barométrica en el sitio donde se encuentra el paciente; PB₂: presión crucero de la aeronave; f_{iO₂} (a): fracción inspirada de oxígeno ajustada a presión crucero.

Ej: Paciente que recibe F_{iO₂} de 50% que su presión crucero a 10,000 pies de altura es de 523 mmhg
 $50 \times 760/523 = 72\%$

En la medida en que el paciente se mantenga estable desde el punto de vista respiratorio, deberá recibir una f_{iO₂} de 72% durante el vuelo.

El equipamiento en los traslados en debe ser portátil y revisar su estado dado que ante las situaciones de estrés que podrían llevar a un mal funcionamiento o fallo del equipo, se debe contar con alternativas. El ventilador ideal, además

de poder administrar los modos ventilatorios necesarios, debe ser resistente, liviano, capacidad de monitoreo del volumen minuto, volumen corriente, espirometría, presiones, y batería de larga duración ⁴.

Los ventiladores de traslado pueden ser neumáticos, los cuales dependen del flujo de oxígeno para su funcionamiento, otorgan el 100% de f_{iO₂}, no es posible predecir la duración del tanque de O₂ y el monitoreo de la ventilación es limitado; o pueden ser electrónicos (Fig. 1), su funcionamiento depende de energía eléctrica, el consumo de gas es menor y se puede ajustar la f_{iO₂}, otra ventaja es mantener su funcionamiento sin aporte de gas, es decir puede ciclar con f_{iO₂} 21%, lo cual es útil al momento de realizar cambios de tanque de O₂ ya que el paciente continua recibiendo presión positiva. El monitor multiparamétrico debe contar con electrocardiografía continua (ECG), saturación arterial de oxígeno (SAO₂), medición de pCO₂ exhalado (ETCO₂), temperatura, medición no invasiva de la presión arterial (PANI) y medición invasiva de la presión arterial. Se debe considerar equipo adicional: desfibrilador, bombas de infusión de fármacos, sistema de aspiración, colchones o mantas térmicas y tanques de oxígeno adicionales ⁴.

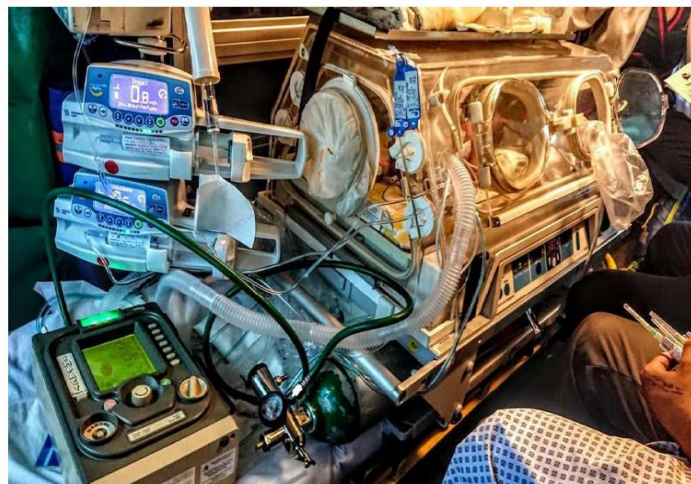


Figura 1. Ventilador de traslado electrónico.

Ventilación mecánica durante el vuelo

La ventilación mecánica es una medida de soporte artificial para la respiración que trata de introducir gas en la vía aérea del paciente por medio de un sistema mecánico externo. La programación inicial de la ventilación mecánica depende de la modalidad utilizada, el tipo de paciente y su enfermedad. De forma básica se deben evitar los volúmenes corrientes y las presiones muy altas o muy bajas, ya que tanto la hiperinsuflación como el colapso son factores de riesgo de lesión pulmonar. Los principales objetivos de la ventilación mecánica son mantener el intercambio gaseoso y disminuir el consumo de oxígeno de los tejidos, protección de la vía aérea y protección neurológica de los pacientes neurocríticos ⁵.

Los beneficios de la utilización de ventiladores portátiles sobre la utilización de bolsas válvulas mascarillas (BVM) y/o dispositivos inflados por flujo (Mapleson, Bain) son múltiples. Con la BVM no se puede asegurar el volumen corriente ni las presiones administradas, generando el riesgo de lesión pulmonar inducida por volumen (volutrauma) o inducida por presión (barotrauma)⁶; el volumen minuto no es constante, con el consiguiente riesgo de hiperventilación o hipoventilación, que pueden ser nocivos sobre todo en pacientes neurocríticos debido al desajuste de pco₂ arterial. En caso de no contar con ventilador de traslado y sea imperativo el traslado se recomienda el uso de BMV con manómetro de presión y válvula PEEP (Figuras . 2 y 3)⁷⁻⁹.



Figura 2. Válvula PEEP.



Figura 3. BVM+ Válvula PEEP+ manómetro de presión.

Los parámetros de la ventilación mecánica establecidos en el hospital pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades del paciente, durante el traslado se pueden utilizar los diferentes modos ventilatorios, incluidos: asistido, controlado o presión de soporte, sin embargo la ventilación controlada es la más empleada en la transportación de paciente críticos, ya que se puede mantener a los pacientes con sedación y parálisis profundas para evitar movimientos, desplazamientos de tubo endotraqueal (TET), y disminuir los

datos de descarga adrenérgica generados por el movimiento, el ruido y el estrés⁸.

Los parámetros a programar en el ventilador mecánico dependen del modo ventilatorio elegido, dentro de los cuales se encuentran los llamados modos convencionales: asistido-controlado por volumen (ACV), asistido-controlado por presión (ACP) y presión de soporte (PS) con o sin presión continua de la vía aérea (CPAP-PS). El modo de volumen se encuentra limitado por flujo y ciclado por volumen y el modo de presión se limita por la presión misma y es ciclado por tiempo. El modo CPAP-PS es un modo espontáneo en el cual el paciente deberá ser capaz de desencadenar todas sus ventilaciones, por lo tanto, su nivel de conciencia debe ser tal que permita su estímulo respiratorio de forma íntegra, lo cual es raro en el traslado del paciente grave en ventilación mecánica dado que la mayoría se encuentran con sedación para evitar complicaciones.

Los pacientes que se encuentren en protocolo de retiro de ventilación mecánica y requieran ser trasladados, pueden ser trasladados en su modo habitual y en ellos se debe evitar aumentar la sedación, y/o agregar bloqueador neuromuscular ya que retrasara el retiro de la ventilación, sin embargo, se puede optimizar la sedo analgesia con un opioide potente y dexmedetomidina, para evitar alteración hemodinámicas ocasionadas por el traslado por se.

Existen ventiladores de traslado los cuales compensan los volúmenes de acuerdo a la altura, algunos ventiladores mecánicos cuentan con sistema de compensación automática de altitud (BTPS), de no contar con esta compensación automática por parte del ventilador se debe garantizar los volúmenes y las presiones durante los cambios de altura o presurización⁸.

La posición recomendada para mantener al paciente durante el traslado es en semifowler de 30 a 40 grados de elevación de la cabecera, si no existe contraindicación, ya que se asocia a menor riesgo de microaspiraciones que pueden culminar en neumonía asociada a la ventilación mecánica, así como evita elevación de la presión intracraneal asociada a la posición supino, favorece mayor control sobre la vía aérea, y facilita la realización de aspiración de secreciones si fuera necesario.

En caso que el paciente presente síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) severo, no existe contraindicación para realizar traslado en posición prono, sin embargo, las complicaciones pueden suscitarse cuando no se cuenta con personal capacitado, tales como úlceras por presión, compresión neurovascular, lesiones oculares, desplazamiento del TET y extubación fortuita, siendo las más frecuentes.

Cuando el paciente presenta paro cardiorrespiratorio se debe iniciar reanimación cardiopulmonar avanzada, realizando las compresiones en el espacio interescapular, siempre monitorizando la calidad de las compresiones teniendo

como objetivo PETCO₂ >10cmh₂O y/o presión arterial invasiva >20mmHg, y la desfibrilación se puede realizar en antero-lateral, antero-posterior, en caso de no lograr metas de reanimación, se debe colocar inmediatamente en supino y continuar con la reanimación estándar^{9,10}.

Discusión

El paciente crítico que requiere ventilación mecánica durante un traslado, necesita de un equipo y adiestramiento especial. Estos traslados deben ser realizados por personal entrenado con equipo especializado y no así en aeronaves improvisadas y por personal no capacitado en el manejo del paciente crítico bajo ventilación mecánica por el riesgo de complicaciones graves.

Deben conocerse las indicaciones y contraindicaciones del traslado aeromédico, y considerarlas en todo caso para evaluar el riesgo-beneficio del paciente que requiera el transporte. En nuestro país cada vez es más frecuente el traslado aéreo y es una obligación por parte del personal implicado en el mismo conocer los cambios fisiológicos a nivel respiratorio y hemodinámico del paciente que será sometido a cambios de presión por la altitud, así como realizar las intervenciones apropiadas para el beneficio del paciente trasladado en ventilación mecánica.

Si se establecen reglas de seguridad y metas de protección en el paciente ventilado mecánicamente durante el traslado aeromédico, este podría realizarse de forma segura y eficaz por personal capacitado (Fig. 4).

Metas de seguridad para el paciente bajo VM durante el traslado aeromédico	
Posición	Semifowler 30 a 40°
Globo de tubo endotraqueal	Insuflado con agua o vigilar la presión del aire continuamente y mantener de 20 a 30 mm Hg
Protección ocular	Mantener párpados ocluidos
Manejo de secreciones	Solo cuando sea necesario Utilizar circuito cerrado de aspiración Colocar humidificador
Posición de la cánula	Cánula fija y centrada (incisivos)
Nivel de conciencia	Asegurar analgesia y ansiolisis, establecer un nivel de sedación para evitar riesgos en el paciente
Sao ₂	92 a 94% (habitualmente) Paciente con SDRA: 88 a 94%
Equipamiento	Fijar y asegurar el equipo aeromédico Contar con oxígeno suplementario suficiente Contar con aspirador a presión negativa Contar con inversor de corriente

Figura 4. Propuesta de metas de seguridad para el paciente bajo ventilación mecánica durante el traslado aeromédico sugerida por los autores.

Conclusión

El traslado aeromédico es una necesidad para la adecuada atención del paciente crítico que requiere transportarse a una unidad médica resolutive para su patología, conocer las consideraciones especiales en el mismo es de vital importancia para llevarlo a cabo con la mayor efectividad y menor riesgo de complicaciones posibles.

Referencias Bibliográficas

- Lolster T, Siaba A. Ventilación mecánica en pediatría de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2014
- Hernández N, Ramos C. Transporte aeromédico del paciente crítico. Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int 2007;21(4):200-206.
- Montes de Oca-Sandoval MA, Xóchitl-Padua MA, Olvera-Guzmán C, Franco-Granillo J. Ajuste de la relación pao₂/fio₂ a la presión barométrica: Presión barométrica-pao₂/fio₂. Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int 2010;24(1):8-12.
- Rajdl EN. Aerotransporte: Aspectos básicos y clínicos. Rev med clin condes. 2011;22(3):389-396.
- Kacmarek RM, Hess D. Basic principles of ventilation machinery. En: Tobin MJ, editor. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: Mcgraw-Hill;1994. 65-110.
- Arancibia F, Hernández R, Soto R, Daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. Revista chilena de medicina intensiva 2010;(25):205-210
- Beninati W, Jones KD. Mechanical ventilation during long-range air transport. Respir Care Clin N Am. 2002; 8(1):51-65.
- Turner S, Ruth M, Tipping R. Critical Care Air Support Teams and deployed intensive care. J R Army Med Corps 2009; 155(2):171-4
- Wei J, Tung D, Sue SH, Wu SV, Chuang YC, Chung-Yi, Chang CY. Cardiopulmonary Resuscitation in Prone Position: A Simplified Method for Outpatients. J Chin Med Assoc May 2006(69). DOI: 10.1016/S1726-4901(09)70219-9
- Guérin C, Reignier J, Richard JC. Prone Positioning in Severe Acute Respiratory distress Syndrome, N Engl J Med 2013;(368):2159-68. DOI: 10.1056/nejmoa1214103