

REPORTE BREVE N° 14

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

Última actualización: 02 de abril de 2020

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

La pandemia del COVID-19 representa un reto no precedente para todos los sistemas de salud en el mundo. En el Perú, se prevé una limitación en la disponibilidad de recursos médicos conforme se incrementa el número de afectados, así como de su severidad. Entre estos recursos importantes se incluyen los ventiladores mecánicos, necesarios en el tratamiento de esta enfermedad con compromiso respiratorio significativo.

Una medida importante es optimizar el uso de los ventiladores mecánicos mediante la cancelación de las cirugías electivas y la adquisición de más unidades. Sin embargo, estas medidas no parecen que sean suficientes y por ello varios centros en el mundo contemplan el uso de un ventilador en más de un paciente. A continuación, se expone la información disponible de esta técnica y su relevancia en el contexto nacional

1. **Neyman 2006 - A Single Ventilator for Multiple Simulated Patients to Meet Disaster Surge (Neyman y Charlene 2006).**

El objetivo de este estudio fue determinar si era posible modificar de manera rápida un ventilador en la emergencia para ser usado por cuatro pacientes de manera simultánea. Se usó el ventilador (840 Series Ventilator; Puritan-Bennett) y se agregaron en paralelo los simuladores de pulmones hasta que el ventilador estuviera ventilando el equivalente a cuatro adultos.

Se recogió información respecto a la presión pico, la presión positiva al final de la expiración (PEEP), el volumen tidal total y la ventilación total al minuto. El ventilador funcionó por casi 12 horas consecutivas (5.5 horas de control de presión y más de 6 horas de control de volumen).

Resultados

En control de presión (25 mm H₂O), el VT promedio fue de 1,884 ml (aproximadamente 471 ml por simulador de pulmón) con un promedio de 30.2 L/min (7.5 L/min por simulador de pulmón).

En control por volumen (2 L), el promedio de la presión pico fue 28 cm H₂O y la ventilación por minuto fue 32.5 L/min total (8.1 L/min/ simulador de pulmón).

Este fue un estudio piloto realizado en un simulador y por ello solo se pudo demostrar la física de la ventilación. No se pudo evaluar si la oxigenación era adecuada ni el potencial daño pulmonar asociado con la ventilación. Se presume que la ventilación era igual para todos los simuladores de pulmón y con supuesta respuesta fisiológica pulmonar normal. Se destacó que existen puntos importantes por resolver relacionados con la fisiopatología pulmonar. Por ejemplo, un paciente con asma y con

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

mayor resistencia puede no recibir igual ventilación con este sistema. Igualmente, se desconoce cuál fue el volumen entregado a los pulmones de prueba de manera individual y se mencionó que el desarrollo de técnicas de medición cuantitativas del VT individual transferido podrían incrementar los esfuerzos de la investigación.

2. **Paladino et al 2008 Increasing ventilator surge capacity in disasters: Ventilation of four adult-human-sized sheep on a single ventilator with a modified circuit (Paladino, Lorenzo et al. 2008).**

Este estudio evaluó si un solo ventilador podía adecuarse para ventilar a cuatro ovejas adultas de peso parecido a un humano adulto por 12 horas. Se utilizó un ventilador conectado en paralelo. Cuatro ovejas de 70 kilos fueron sedadas y conectadas a un solo ventilador. Los parámetros iniciales fueron: ventilación sincronizada intermitente con oxígeno al 100% a 16 respiraciones por minuto y un VT de 6 ml/kg con el peso combinado. Se midieron los gases arteriales, la frecuencia cardiaca y la presión arterial al inicio de la ventilación y 12 horas después.

Las cuatro ovejas permanecieron hemodinámicamente estables por 12 horas, sin embargo, se observaron cambios en el intercambio de los gases (CO_2 y O_2) que requirió que las ovejas sean reposicionadas de la posición supina a la prona para normalizarlos.

En este ensayo realizado en animales del mismo peso aproximado de un adulto humano, mostro que hubo diferencias significativas en el intercambio de gases, requiriendo frecuentes evaluaciones de gases y manipulaciones de la posición de los animales para mantener la homeostasis. Las ovejas ventilaban mejor en posición prona que supina, aspecto a tener en cuenta. Además, los pulmones de las ovejas no padecían de enfermedad y el uso del ventilador compartido fue corto (12 horas).

3. **Branson et al Use of a Single Ventilator to Support 4 Patients: Laboratory Evaluation of a Limited Concept (Branson, Richard D et al. 2012).**

El objetivo fue determinar la distribución del VT y el volumen pulmonar al final de la espiración en simuladores de pulmón, pero variando algunas características de la fisiología pulmonar (la resistencia y la *compliance*). Se diseñó un modelo pulmonar para esta investigación usando análogos con diferentes niveles de resistencia y *compliance* pulmonar.

Se modificó un ventilador para permitir la colocación de 4 circuitos conectados a un par de modelos de pulmón. Se programó el ventilador a un VT de 2.0 L, frecuencia respiratoria 10/min y PEEP de 5 cm H₂O.

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

Las pruebas se repitieron con presiones de respiración a 15 cm H₂O. La presión de la vía aérea, el volumen y el flujo se midieron en cada cámara pulmonar. La prueba de los pulmones se estableció para simular cuatro tipos de pacientes usando combinaciones de la resistencia (R) y la compliance (C). Estos incluyeron: C y R equivalentes, R constante y C variable, C constante y R variable y R y C variables.

Resultados

Cuando R y C eran equivalentes el VT distribuido a cada cámara de pulmón examinado fue similar durante las respiraciones con modo por volumen (rango 428–442 ml) y modo por presión (rango 528–544 ml). El cambio de C con R constante resultó en grandes variaciones del VT entregado (rango del volumen 257–621 ml, rango presión 320–762 ml). El cambio de R con C constante resultó en variaciones más pequeñas del VT (rango del volumen 418–460 ml, rango presión 502–554 mL) comparado con solo el cambio de C. Cuando R y C variaron, el rango de VT entregado en el volumen (336–517 mL) y presión (417–676 mL) fue mayor comparado con solo cambios en R.

El principal hallazgo de este estudio fue que mientras se puede brindar una ventilación equivalente cuando la *compliance* (C) y resistencia (tamaño del TEE) eran idénticos, las diferencias en la C pueden resultar en una amplia variación del VT entregado y ya que el PEEP es constante, la FRC (capacidad funcional residual) es variable también. Los cambios solo en el tamaño el TEE resultaron en VT variables, pero en menor medida comparado con los cambios de la C. Se encontró también que cuando la ventilación era controlada con presión, las discrepancias en el VT entregados se exacerbaban.

Usar un solo ventilador para cuatro pacientes es un concepto atractivo, sin embargo, no se puede controlar el VT en cada paciente y la disparidad del VT es proporcional a la variedad de la *compliance*.

La incapacidad de brindar ventilación similar en cuatro animales normales y anestesiados³, combinado con los hallazgos de Branson et al 2012 acerca de la heterogeneidad del mecanismo pulmonar en pacientes con falla respiratoria aguda, proveerían poco apoyo para el éxito de esta técnica en los pacientes. Esto se complica aún más debido a la importancia de ofrecer VT basados en la altura del paciente.

Descripciones previas asumen que todos los pacientes son de la misma talla. Aun cuando se distribuya de manera equitativa un VT, eso podría resultar en un volumen inapropiado para algunos pacientes. Este estudio resalta otra importante limitación de esta técnica: el monitoreo de la presión de las vías aéreas, el volumen y el flujo representan al grupo y no a los sujetos individualmente. Por lo tanto, los cambios en cada sujeto pueden ser solo identificados mediante monitoreo externo, incluyendo

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

pulsioxímetro, analizadores de dióxido de carbono de la vía aérea separados o mediciones invasivas.

En este estudio solo se evaluó respiraciones mandatorias en un único modo. No se evaluó los efectos del *triggering* del ventilador ni el problema del control de la infección. No se alteró la frecuencia respiratoria o la razón inspiración-espирación. Este estudio demostró la multitud de limitaciones de usar un ventilador simultánea en cuatro pacientes.

4. Consensus Statement on the Concept of Placing Multiple Patients on a Single Mechanical Ventilator (U.S. PHSCC, 2020).

En marzo 26, 2020, la sociedad de medicina crítica (SCCM), la asociación americana del cuidado respiratorio (AARC), la sociedad americana de anestesiólogos (ASA), el colegio de seguridad del paciente y anestesia de los médicos del pulmón (CHEST) emitieron un consenso respecto al concepto de colocar múltiples pacientes a un único ventilador mecánico. Las organizaciones mencionadas recomiendan a los médicos que no se debe intentar compartir un ventilador porque no se puede hacer de manera segura con el equipo actual disponible.

La fisiología de los pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (ARDS) por COVID-19 es compleja. Incluso en circunstancias ideales, la ventilación de un único paciente con ARDS y enfermedad pulmonar no homogénea es difícil y está asociado con una tasa de mortalidad del 40%-60%.

El intentar ventilar a múltiples pacientes con COVID-19, dados los problemas descritos, pueden conducir a pobres resultados y altas tasas de mortalidad en todos los pacientes que comparten el ventilador.

Las razones para evitar la ventilación múltiple con un solo ventilador son numerosas e incluyen a las siguientes:

- Los volúmenes irían a los segmentos más *compliance* de los pulmones.
- Sería difícil el manejo de la PEEP, el cual es de importancia crítica en estos pacientes.
- El monitoreo y medición de la mecánica pulmonar de los pacientes sería un gran reto o imposible.
- No se sería factible el manejo y monitoreo con alarmas.
- Sería imposible el manejo individualizado de la mejora o deterioro clínicos.
- En el caso de un paro cardíaco, se necesitaría parar la ventilación de todos los pacientes para cambiar a ventilación con bolsa de reanimación sin generar aerosoles del virus y exponer al personal de salud. La circunstancia también podría alterar la dinámica de la oferta ventilatoria a los otros pacientes.

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

- La agregación de mayores circuitos vence el auto test operacional (el test falla), el medico requeriría manejar el ventilador sin una prueba de éxito, agregando más errores en el manejo.
- Se requeriría monitoreo externo adicional. El ventilador monitorea la presión y los volúmenes promedio y no de cada uno.
- Incluso si todos los pacientes conectados a un solo ventilador tienen las mismas características clínicas al inicio, ellos podrían deteriorarse y recuperarse a distintas tasas y la distribución del gas a cada paciente podría ser no equitativa y no monitoreada. El paciente más enfermo podría conseguir el volumen tidal más pequeño y el paciente que se está recuperando podría conseguir el mayor volumen tidal.
- El mayor riesgo ocurre con un deterioro súbito de un solo paciente (por ejm. neumotórax, tubo endotraqueal doblado) con el balance de la ventilación distribuida a otros pacientes
- Problemas éticos. El ventilador puede salvar la vida de un único paciente, sin embargo, el usarlo con más pacientes a la vez pone en riesgo el fallo del equipo, y por consecuencia pone en riesgo la vida de todos ellos.

5. Co-Ventilating Patients During a Critical Ventilator Shortage: A Method for Implementation (U.S. PHSCC, 2020).

El uso de la ventilación múltiple solo debe ser considerada si el hospital no puede brindar métodos clínicamente probados, confiables y seguros para manejar la falla respiratoria aguda, incluyendo el boleo manual. La ventilación múltiple debe ser realizada por el más breve tiempo requerido para una rápida transición a un ventilador único cuando uno adicional esté disponible. Muchos servicios de UCI pueden ser muy pequeñas para acomodar dos pacientes al mismo tiempo.

Este protocolo ha sido desarrollado para uso exclusivo de ventiladores con la modalidad por ciclos de presión y se han señalado los siguientes supuestos:

1. El número de pacientes que requieren VM excede el número de VM disponibles.
2. Los estándares de cuidados médicos han cambiado a cuidados en crisis en interés de preservar la vida.
3. Las técnicas usuales de monitoreo del cuidado del paciente no pueden ser uniformemente utilizadas.
4. El proceso de triaje son adoptados en pacientes con condiciones clínicas agudas.
5. El centro está familiarizado con las técnicas de ventilación mecánica avanzada incluyendo la posición prona y posee en abundancia la experticia en medicina crítica, terapia respiratoria y campos relacionados. El centro tiene disponibilidad de cuidados críticos las 24 horas de los 7 días de la semana, enfermeras de

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

cuidados intensivos, pruebas in situ, radiología portable, anestesiología y farmacia.

6. Esta técnica es para ser usada solo en pacientes con COVID-19 (+) o COVID-19 (-), pero nunca mezclándolos.
7. Los pacientes necesitan estar fuertemente sedados para suprimir el impulso respiratorio.

Exclusiones

1. Ambos pacientes tienen traqueotomía.
2. Falta de recursos suficientes para apoyar la ventilación mecánica compleja y el manejo diario junto a la cama del paciente.

Resumen de los riesgos de la ventilación múltiple y sus posibles medidas de prevención

1. Un paciente podría causar una extubación accidental en el otro paciente. Para mitigar este aspecto se prevé el bloqueo neuromuscular completo del paciente.
2. Un paciente podría infectar al otro. Para ellos se recomienda el uso de filtros y co-ventilar a pacientes infectados con el mismo patógeno.
3. Demora de la detección de la hipo/hiperventilación. Para ello se recomienda el chequeo riguroso continuo.

ANÁLISIS

El interés en ventilar múltiples pacientes con un ventilador ha sido un concepto estudiado por varios investigadores con el propósito de expandir el acceso a ventiladores mecánicos en épocas de un incremento de esta necesidad y poca disponibilidad. La situación actual de la pandemia del COVID-19 representa una situación de crisis de mayor magnitud que ha hecho resurgir el concepto de la ventilación múltiple.

Este concepto fue inicialmente estudiado por Neyman et al en 2006, el cual fue un estudio piloto que mostro únicamente los conceptos físicos de la ventilación en simuladores simples de pulmón. No brindo información útil del manejo de la ventilación como el volumen tidal (VT) en cada pulmón y las presiones. Posteriormente, Paladino et al en 2013 replicó el estudio en ovejas de 70 kilos cada uno y completamente sedadas. Aunque reportaron que las ovejas permanecieron hemodinámicamente estables (medidos con presión arterial y frecuencia cardiaca), se observaron cambios en el intercambio de gases (hipoxemia e hipercarbia) que requirieron constantes cambios de postura de las ovejas a fin de normalizarlas. Posteriormente, Branson et

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

al 2012 mostro en un estudio que utilizo modelos de pulmón, que el VT variaba según cambios en características del modelo pulmonar, específicamente la resistencia y la *compliance*.

El avance del desarrollo de este concepto a puesto al descubierto los problemas y limitaciones de esta técnica. Recientemente, varias organizaciones americanas relacionadas con cuidados críticos, anestesiología y neumología, han manifestado su posición de no recomendar el uso de la ventilación múltiple con un solo ventilador debido a problemas fisiológicos, técnicos y de seguridad.

Entre las razones más importantes señaladas destaca que con el equipo disponible es imposible el manejo individual de cada paciente; que, aunque pacientes con características semejantes hayan iniciado la ventilación mecánica, el proceso de recuperación o deterioro clínico puede diferir entre ellos, situación que amerita ajustes individualizados de la mecánica ventilatoria. Respecto a este aspecto, no existe en la actualidad elementos de monitoreo individual; todos las alarmas y parámetros de ventilación indicados, corresponden al promedio de los pacientes. El incremento de más circuitos puede agregar más errores en el manejo del ventilador y se requiere de monitoreo externo adicional ya que el ventilador monitorea la presión y los volúmenes promedio y no de cada uno. Al compartir un mismo ventilador existe alto riesgo de contaminación cruzada y la eficacia de los filtros no está demostrada en caso de ventilación múltiple. Por último, ante la eventualidad de un paro cardiaco en un paciente, se requiere retirar la ventilación de los demás pacientes y con cuidado de no generar aerosoles del virus y poner en riesgo al personal de la salud. Igual, tomando las precauciones, esta parada de la ventilación podría alterar la dinámica de la oferta ventilatoria a los otros pacientes.

Finalmente, existen problemas éticos. Si bien el ventilador puede salvar la vida de un paciente, usándolo con más de un paciente se aumenta el riesgo de falla de un tratamiento crítico en todos ellos. Esta situación impone una enorme carga en el médico tratante que debe decidir en ofrecer una técnica que puede salvar la vida a un paciente rescatable o someter a más pacientes a un tratamiento deficiente y consecuentemente la muerte.

CONCLUSIONES.

El ensayo animal de Paladino et al usaron 4 ovejas anestesiadas y observaron diferencias en el intercambio de gases, a pesar de la ausencia de enfermedad pulmonar. Se observaron hipoxemia e hipercarbia cada hora y los animales tuvieron que ser cambiados de posición con el fin de ofrecer una ventilación más uniforme. Limitaciones al concepto son numerosos. Ellos incluyen a la incapacidad de monitorear

USO DE VENTILACION MULTIPLE CON UN SOLO VENTILADOR

a los sujetos de manera individual; incapacidad de proveer oxígeno inspirado separado, VT y PEEP basados en la patología pulmonar; riesgo de contaminación cruzada en infecciones febriles y la necesidad de entrenamiento de personal en la nueva metodología. Los métodos para implementar la ventilación múltiple señalados requieren que se cumplan condiciones específicas que incluyen un centro altamente especializado con disponibilidad de especialistas, así como con capacidad de inversión en otros aspectos como acondicionamiento de espacios, adquisición de material extra con el objeto de mejorar el monitoreo, entrenamiento de personal, disponibilidad de personal calificado las 24 horas y siete días a la semana. Además, solo estaría indicado cuando se hayan agotado todas las posibilidades incluyendo el bolseo manual y solo podría ser utilizado por un breve tiempo para luego pasar a un ventilador individual.

Éticamente, se debe reconocer que la estrategia de un ventilador compartido no es una práctica de cuidado médico estándar. Aunque el sentimiento de enfrentar una situación de crisis como el de la pandemia del COVID-19 parece loable, la información disponible revela problemas e incertidumbres que en vez de salvar la vida de un paciente se ponga en riesgo a todos los pacientes conectados al ventilador compartido. Así, con la información técnica al momento disponible, no es posible sustentar una recomendación a favor de ventilador compartido para tratar pacientes COVID-19.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Neyman, Greg, and Charlene Babcock Irvin. "A single ventilator for multiple simulated patients to meet disaster surge." *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* vol. 13,11 (2006): 1246-9.

Paladino, Lorenzo et al. "Increasing ventilator surge capacity in disasters: ventilation of four adult-human-sized sheep on a single ventilator with a modified circuit." *Resuscitation* vol. 77,1 (2008): 121-6.

Branson, Richard D et al. "Use of a single ventilator to support 4 patients: laboratory evaluation of a limited concept." *Respiratory care* vol. 57,3 (2012): 399-403.

U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE COMMISSIONED CORPS. "Optimizing Ventilator Use during the COVID-19 Pandemic" March 31 2020. Available in: <https://www.hhs.gov/sites/default/files/optimizing-ventilator-use-during-covid19-pandemic.pdf>