



# Ventilación mecánica artificial en el paciente cardioquirúrgico

## Artificial Mechanical Ventilation in the Cardiac Surgical Patient

Arian Jesús Cuba Naranjo<sup>1,2</sup>, Ariel Sosa Remón<sup>3,4</sup>, Ana Esperanza Jeréz Álvarez<sup>3,5</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Granma, Cuba.

<sup>2</sup>Hospital Militar Carlos Arvelo, Unidad de Cuidados Intensivos Polivalentes. República Bolivariana de Venezuela.

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. La Habana, Cuba.

<sup>4</sup>Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología, Unidad de Cuidados Intensivos Oncológicos. La Habana, Cuba.

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología, Servicio de Consulta Externa. La Habana, Cuba.

### Resumen

**Introducción:** La ventilación mecánica artificial es una intervención frecuente y necesaria en el escenario cardioquirúrgico.

**Objetivo:** Actualizar elementos de interés relacionados con el manejo ventilatorio en el paciente cardioquirúrgico.

**Métodos:** Se realizó una revisión narrativa de la literatura, basada en una búsqueda en Google Scholar, PubMed/Medline, SciELO regional y Google Académico, mediante los términos: ventilación mecánica durante la cirugía cardíaca/modalidades, complicaciones pulmonares poscirugía cardiovascular, ventilación mecánica durante la circulación extracorpórea.

**Resultados:** En los pacientes sometidos a cirugía cardíaca y con soporte ventilatorio se genera daño pulmonar con repercusión hemodinámica, si no se utiliza una estrategia ventilatoria adecuada. El verdadero desafío consiste en la implementación de estrategias terapéuticas para minimizar su impacto clínico.

**Conclusiones:** Durante la última década se han producido cambios en la práctica de la ventilación pulmonar durante la cirugía cardiotorácica, como la reducción del volumen corriente alto, el mantenimiento de la ventilación durante la circulación extracorpórea en asociación con maniobras de reclutamiento perioperatorias y niveles altos de presión positiva al final de la espiración.

**Palabras clave:** ventilación mecánica; cirugía cardíaca; circulación extracorpórea.

### Abstract

**Introduction:** Artificial mechanical ventilation is a frequent and necessary intervention in the cardiac surgical setting.

**Objective:** To update elements of interest related to ventilatory management in the cardiac surgical patient.

**Methods:** A narrative review of the literature was performed based on a search in Google Scholar, PubMed/Medline, regional SciELO and Google Scholar for the following terms: mechanical ventilation during cardiac surgery/modalities, pulmonary complications after cardiovascular surgery, mechanical ventilation during extracorporeal circulation.

**Results:** In patients undergoing cardiac surgery and with ventilatory support, pulmonary damage with hemodynamic repercussions is generated if an adequate ventilatory strategy is not used. The real challenge consists in the implementation of therapeutic strategies to minimize its clinical impact.

**Conclusions:** In the last decade there have been changes in the practice of pulmonary ventilation during cardiothoracic surgery, such as reduction of high tidal volume; maintaining ventilation throughout the course of extracorporeal circulation in association with perioperative recruitment maneuvers and high levels of positive end-expiratory pressure.

**Keywords:** mechanical ventilation; cardiac surgery; extracorporeal circulation.

## Introducción

La ventilación mecánica artificial (VMA) es una intervención frecuente y necesaria en el escenario cardioquirúrgico. Estudios realizados en años recientes han intentado definir cuál es la estrategia ventilatoria que ofrece al paciente la mejor aproximación a su fisiología y, por ende, el mejor perfil de seguridad, sobre la base de que la anestesia general provoca la reducción de los volúmenes pulmonares, el desarrollo de atelectasias e induce el deterioro del intercambio gaseoso y de la mecánica respiratoria.<sup>(1,2)</sup>

La VMA es uno de los aspectos más importantes para los emergencistas, intensivistas y anestesiólogos modernos. Asegurar la vía aérea y proporcionar una VMA controlada o asistida son requisitos fundamentales, en función de brindar una asistencia respiratoria segura. Actualmente, se preconiza una estrategia pulmonar protectora durante la cirugía, que incluye volumen corriente (VC) bajo, baja presión meseta (Pm), monitorización de la presión de distensión alveolar (DP, por sus siglas en inglés) y una adecuada presión positiva

al final de la espiración (PEEP, por sus siglas en inglés).<sup>(1,3)</sup>

Si bien son varias las guías publicadas sobre ventilación mecánica protectora (VP) a pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) en unidades de cuidados intensivos (UCI), estas no son del todo extrapolables al ambiente quirúrgico, ya que la mayoría de los pacientes intervenidos no presenta afección pulmonar previa. La VMA puede llegar a ser agresiva, exponiendo al paciente a complicaciones que se derivan de los parámetros no fisiológicos establecidos durante el transoperatorio. A su vez, es necesario establecer cuáles son los parámetros protectivos de la VMA durante el tiempo quirúrgico y sus beneficios o complicaciones a corto plazo.<sup>(4)</sup>

Esto es esencial en cirugía cardíaca (CC), ya que diversos factores pueden contribuir a la lesión pulmonar, incluidos la anestesia general, el bypass cardiopulmonar (BPCP), las transfusiones de sangre, la insuficiencia cardíaca y la disfunción diafragmática, lo que aumenta el riesgo de complicaciones pulmonares posoperatorias. De hecho, la ventilación mecánica controlada aumenta la presión pleural y, por lo tanto, la presión sobre las estructuras cardíacas adyacentes; es decir, el nervio frénico y/o la región objetivo para la colocación del cable de terapia de resincronización del ventrículo izquierdo (VI). La anestesia general, por sí sola, reduce la función del ventrículo derecho (VD) y el volumen sistólico izquierdo.<sup>(4,5)</sup>

Los pacientes sometidos a anestesia cardiotorácica, a menudo con el tórax abierto y, en ocasiones, con el pulmón colapsado, desarrollan hasta en un 25 % de complicaciones pulmonares posoperatorias (CPP).<sup>(6)</sup>

Con relación a lo comentado, el presente artículo tuvo como objetivo actualizar aspectos de interés relacionados con el manejo ventilatorio en el paciente cardioquirúrgico.

## Método

Se realizó una revisión narrativa de la literatura mediante una búsqueda de artículos científicos en idiomas español e inglés ubicados en bases de datos y repositorios, específicamente en la *Web of Science*, PubMed/Medline, Latindex, SciELO, y Google académico. Se emplearon los términos: ventilación mecánica durante la cirugía cardíaca/modalidades, complicaciones pulmonares poscirugía cardiovascular, ventilación mecánica durante la circulación extracorpórea, síndrome de dificultad respiratoria aguda y sus traducciones al inglés.

Se incluyeron en la búsqueda artículos originales, revisiones narrativas y sistemáticas, ensayos clínicos, editoriales, casos clínicos, cartas al editor/director, documentos de consenso, entre otros. Se excluyeron artículos de tipo resúmenes y de corte pediátrico.

El período de búsqueda incluyó los últimos 20 años. Se seleccionaron 49 referencias que cumplieron con los criterios de selección. La revisión se realizó entre los meses de junio y septiembre de 2022.

## Modos de VMA y su impacto en las cavidades cardíacas

El efecto de la VMA en el corazón y la hemodinamia se relacionan, esencialmente, en la forma en que cada modo de ventilación altera la presión intratorácica (PIT) y el volumen pulmonar. Se produce entonces un aumento de la PIT, que es mayor durante la inspiración y disminuye hasta la presión en reposo durante la espiración. Esto determina que durante las fases de la respiración la PIT sea mayor que la atmosférica y se transmita a todas las estructuras intratorácicas, aumentándola sobre las estructuras vasculares. Además, la PEEP eleva la PIT en ambas fases de la ventilación e influye en la precarga y poscarga de ambos ventrículos (tabla 1). Por otro lado, el fenómeno de hiperinflación pulmonar (común en pacientes ventilados) ha sido descrito como depresor del gasto cardíaco (GC) y no la presión de la vía aérea.<sup>(7,8)</sup>

**Tabla 1** - Ventilación a presión positiva e interacciones cardiopulmonares

Ventrículo	Disminución de la precarga	Aumento de la poscarga
<b>Derecho</b>	Disminuye el retorno venoso	Aumenta la RVP
	Disminuye el VDFVD	Disminuye el flujo pulmonar
<b>Izquierdo</b>	Disminuye el llenado de AI	Disminuye PTVI
	Disminuye el VDFVI	Aumenta el VE y GC

Leyenda: **VDFVD** = volumen diastólico final del ventrículo derecho; **RVP** = resistencia vascular pulmonar; **VDFVI** = volumen diastólico final del ventrículo izquierdo; **PTVI** = presión transmural del ventrículo izquierdo; **VE** = volumen de eyección; **GC** = gasto cardíaco.

Fuente: Los datos de la tabla se toman de Mahmood SS, Pinsky MR.<sup>(7)</sup>

La protección del VD debe considerarse en todo paciente que desarrolla insuficiencia respiratoria aguda (IRA) después de la CC. El VD es sensible, no solo a la precarga sino también a los rápidos aumentos de la poscarga, en situaciones clínicas como la hipoxia, la acidosis y/o PIT elevada durante la VMA. La capacidad del VD para compensar los cambios agudos en la poscarga es escasa y la descompensación progresiva de la resistencia vascular es seguida por el aumento de su volumen al final de la sístole.<sup>(9)</sup>

A pesar de existir evidencia que el VC bajo y la utilización de PEEP podrían proteger la función ventilatoria posoperatoria y disminuir la respuesta inflamatoria sistémica, hasta ahora ninguna estrategia ha mostrado tener un impacto importante como para ser tomada como conducta estándar, especialmente, en los pacientes llevados a CC con circulación extracorpórea (CEC).<sup>(4)</sup>

### VMA intraoperatoria

La VMA prologada (VMAp) es una complicación importante luego de la CC. Las estrategias ventilatorias intraquirúrgicas incluyen la reducción de complicaciones pulmonares posoperatorias; una estrategia aceptada actualmente es la VP basada en los siguientes parámetros: 1) VC: 6 ml/kg de peso predicho (Pp), 2) PEEP: 5-10 cmH<sub>2</sub>O, 3) relación inspiración/espiración (I:E): 1:1, 5 o 1:1, 4), presión inspiratoria pico (PIP) ≤ 20 cmH<sub>2</sub>O, 5) FiO<sub>2</sub>: 45-60 %, 6) fracción de excreción de CO<sub>2</sub> (EtCO<sub>2</sub>): 35-42 mmHg.<sup>(1,3,10)</sup>

El primer momento es el período de tiempo que precede al BPCP, en cuyo caso la ventilación puede administrarse de la siguiente manera: a) VC: 6-8 ml/kg/Pp, PEEP  $\leq$  5 cmH<sub>2</sub>O, b) uso de maniobras de reclutamiento: PIP: 35 cmH<sub>2</sub>O, PEEP: 20 cmH<sub>2</sub>O, PIP: 30 cmH<sub>2</sub>O por 30 segundos o PIP: 40 cmH<sub>2</sub>O durante 15 segundos (no existe superioridad de una maniobra sobre otra), c) frecuencia respiratoria (Fr): 20 rpm, d) hiperoxia moderada: FiO<sub>2</sub>  $\leq$  80 %; La hiperoxia con PaO<sub>2</sub> > 120 mmHg tiene un mínimo impacto en la disfunción orgánica, estadía hospitalaria y mortalidad en adultos sometidos a CC y d) estrategia ventilatoria de pulmón abierto con VC: 3 ml/kg/Pp, Fr: 12 rpm, FiO<sub>2</sub>: 40 % y PEEP: 8 cmH<sub>2</sub>O.<sup>(10,11,12,13,14)</sup>

El segundo momento es el período de tiempo durante el BPCP, cuya estrategia ventilatoria considera las siguientes alternativas: a) presión positiva continua en la vía aérea (CPAP, por sus siglas en inglés): presiones entre 5-15 cmH<sub>2</sub>O, b) VMA de baja frecuencia y VC ha mostrado un efecto positivo sobre la oxigenación posoperatoria y c) pulmón en reposo: opción más cómoda para el cirujano, aunque sin diferencias en los tiempos quirúrgicos.<sup>(15,16)</sup>

Los parámetros ventilatorios que se han asociado con una menor disfunción pulmonar y CPP están dados por un VC: 5 ml/kg/Pp, PEEP: 5 cmH<sub>2</sub>O y modo controlado por volumen (VCV). El uso de las maniobras de reclutamiento alveolar (MRA) ha reportado menor asociación de atelectasias, lesión pulmonar aguda, tasa de ingreso a la UCI y estadía hospitalaria. En la CC mínimamente invasiva, el bloqueador bronquial es una alternativa apropiada para el tubo endobronquial de doble lumen, ya que se ha asociado con una ligera variabilidad hemodinámica durante la intubación, menores presiones de la vía aérea y mejor oxigenación, todas con significancia estadística.<sup>(17)</sup>

### Protocolo de recuperación mejorada tras CC

La recuperación mejorada después de la cirugía (ERAS, por sus siglas en inglés) ha revolucionado el manejo anestésico en los últimos tiempos. La importancia de crear un protocolo para la CC ha sido imperante e incluye una dieta adecuada preintervención, el uso de antibiótico de profilaxis oportuna, la monitorización cardioventilatoria, la fluidoterapia guiada por objetivos y el manejo del dolor con técnicas invasivas. El uso de sedantes como la dexmedetomidina, en lugar de Propofol, se ha asociado con mejor estabilidad hemodinámica, sin alterar los tiempos de extubación.<sup>(18,19,20,21)</sup>

El delta dióxido de carbono ( $\Delta$ CO<sub>2</sub>) es una herramienta fácil de evaluar de manera rutinaria, disponible para detectar hipoperfusión en la microcirculación en pacientes sometidos a BPCP e injerto de arteria coronaria sin bomba con un estado hídrico adecuado y saturación venosa central de oxígeno > 70 % como meta hemodinámica. Un  $\Delta$ CO<sub>2</sub> > 8 mmHg se asocia con la disminución del índice de entrega de oxígeno, el aumento de la tasa de extracción de oxígeno, una mayor necesidad de VMA y una estancia prolongada en la UCI.<sup>(22,23)</sup>

Agüero-Martínez y otros<sup>(24)</sup> publicaron una revisión sistemática con metaanálisis ([RsM] de seis ensayos clínicos con 687 pacientes (grupo estudio: 345/grupo control: 342).

Entre los resultados destacan que el uso del ERAS se asocia con menores tasas de complicaciones perioperatorias en relación con los protocolos estándares (RR: 0,61; CI 95 %: 0,40-0,93) y disminución de la estadía hospitalaria ([análisis estadístico solo realizado a tres ensayos clínicos] diferencia de medias, efecto aleatorio: -2,98; CI 95 %: -3,31-2,65). También concluyen que las investigaciones de primer nivel publicadas sobre el tema son escasas hasta el momento.

### VMA en cuidados posoperatorios

Si no se extubó en el quirófano, se debe colocar al paciente en un respirador ciclado por volumen para soporte completo del ventilador al llegar a la UCI, utilizando el modo de ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV, por sus siglas en inglés) o el modo de asistencia/control (A/C). Varias compañías han desarrollado ventiladores compactos para usar en el trayecto, que garantizan la adecuada presión positiva y la PEEP si es necesaria.<sup>(12, 25)</sup>

El paciente permanece anestesiado por los efectos residuales de los narcóticos, los medicamentos ansiolíticos y los relajantes musculares, administrados durante la cirugía. Antes de que el paciente pueda iniciar y lograr una ventilación espontánea adecuada, la ventilación controlada proporcionará un intercambio de gases eficiente y disminuirá el consumo de oxígeno, al reducir el trabajo respiratorio. Esto puede ser importante durante las primeras horas del posoperatorio, cuando la hipotermia, los trastornos electrolíticos, los ácido-básicos y la inestabilidad hemodinámica son más pronunciados (tabla 2).<sup>(25)</sup>

Ajustes iniciales	Medidas a evaluar
Modo A/C, VCV o SIMV	Muestra la oximetría de pulso en el monitor de cabecera
VC 5-8 mL/kg	Radiografía de tórax a la llegada a la UCI
Fr: 10-16/min	Verifique los gases sanguíneos 10 minutos después de la llegada
FiO <sub>2</sub> : 1,0	Reducir FiO <sub>2</sub> a 0,4 siempre que el SatO <sub>2</sub> sea $\geq$ 90 %
PEEP*: 5 cmH <sub>2</sub> O	Ajuste la configuración del ventilador para mantener la PaCO <sub>2</sub> >30 torr
PIP: 25 cmH <sub>2</sub> O	con pH 7,30-7,50
I:E: 1:2-1:3 puede usar autoflujo	

**Tabla 2** - Ajustes del ventilador y medidas a evaluar. Posoperatorio no complicado

Leyenda: A/C = asisto-controlado; VC = volumen corriente; VCV = ventilación controlada por volumen; SIMV = ventilación mandatoria intermitente sincronizada; UCI = unidad de cuidados intensivos; FiO<sub>2</sub> = fracción inspiratoria de O<sub>2</sub>; PEEP = presión positiva al final de la espiración; PIP = presión inspiratoria pico; I:E = relación inspiración/espiración; \*no se ha establecido el uso rutinario de PEEP en el paciente no complicado.

Fuente: Los datos de la tabla se toman de Fuentes-Herrera, Bermúdez-Yera, Gartner-Salcedo.<sup>(25,26)</sup>

### Destete y extubación

Una vez establecidos los parámetros ventilatorios y reajustado de forma regular bajo estricta monitorización, se disminuirán los valores prefijados, evaluando la función espontánea pulmonar y elementos clínicos para progresar en el desacople efectivo del paciente (tabla 3). En los últimos años se ha insistido en la extubación temprana y un grupo de pacientes puede ser extubados con éxito dentro de las 6 a 8

horas del procedimiento (extubación *Fast-track* y más

Criterio de destete	Criterios de extubación
Despierto con estimulación	Despierto sin estimulación
Reversión adecuada del bloqueo neuromuscular	Mecánica respiratoria aceptable
Drenaje por tubo torácico < 50 ml/h	Fr < 24/min
Temperatura central > 35,5°C	VC > 5 ml/kg
Estabilidad hemodinámica	Capacidad vital > 10-15 ml/kg
Índice cardíaco > 2,2 l/min/m <sup>2</sup>	Fuerza inspiratoria negativa
PA estable en 100-140 sistólica con/sin medicación	>25 cmH <sub>2</sub> O
Frecuencia cardíaca < 120 lpm	
Sin arritmias	

Entre 4-6 horas de la cirugía

recientemente *ultra Fast-track*).<sup>(26,27,28)</sup>

**Tabla 3** - Criterios de discontinuación de la VMA

Leyenda: **PA** = presión arterial; **Fr** = frecuencia cardíaca; **VC** = volumen corriente.

Fuente: Los datos de la tabla se toman de Fuentes-Herrera, Bermúdez-Yera, Gartner-Salcedo, Dogliotti A, Bonaccorsi, Dabbagh y otros.<sup>(25,26, 27,28)</sup>

La tasa de fracaso para el procedimiento *fast-track* es de un 11 % aproximadamente, pero para la *ultra Fast-track* la tasa es mucho mayor y se detalla una serie de factores de riesgo que están asociados a la falla, tales como: la edad avanzada, el sexo femenino, comorbilidades (obesidad, diabetes *mellitus*, hipertensión arterial y pulmonar severa, enfermedades vasculares periféricas), inestabilidad hemodinámica con uso de altas dosis de amins, mala función ventricular y uso de balón de contra pulsación aórtica, entre otras.<sup>(24)</sup>

### VMA prolongada

Durante la CC entre un 4 y 11 % de los sujetos desarrollan VMAp, definida como la necesidad de VMA invasiva al menos 24 horas luego del procedimiento quirúrgico (algunos datos reportan que un 6 % de los pacientes requieren un tiempo de VMA mayor a 96 horas). Aquellos que cursan con VMAp presentan mayor mortalidad y menor calidad de vida a largo plazo, así como más de días de internación, consumo de recursos hospitalarios y necesidad de traqueotomía.<sup>(29,30)</sup>

Hsu H y otros<sup>(15)</sup> en un estudio retrospectivo en 382 pacientes sometidos a cirugía de injerto de *bypass* (CIB) identificaron como variables predictoras de VMAp (análisis multivariado): la fracción de eyección del VI (OR: 0,956; CI 95 %: 0,93-0,98;  $p = 0,002$ ), la duración de la ventilación unipulmonar durante la CIB por minitoracotomía (OR: 1,017; CI 95 %: 1,01-1,02;  $p < 0,001$ ) y la presión pico al término de la cirugía (OR: 1,096; CI 95 %: 1,021-1,177;  $p = 0,01$ ).

Daza-Arana JE y otros<sup>(31)</sup> en un estudio de casos y controles en Colombia (208 casos/408 controles) encontraron como variables asociadas a la VMAp: la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (OR: 1,85; CI 95 %: 1,06-3,23;  $p = 0,003$ ), la enfermedad renal crónica (OR: 1,90; CI 95 %: -3,31;  $p = 0,002$ ), el uso de balón de contrapulsación intraaórtico (OR: 3,63; CI 95 %: 1,73-7,61;  $p = 0,000$ ), la saturación venosa de oxígeno < 60 % (OR: 2,0; CI 95 %: 1,18-3,40;  $p = 0,01$ ), la mediastinitis (OR: 18,51; CI 95 %: 4,06-84,40;  $p = 0,000$ ), el uso de vasoactivos (OR: 2,82; CI 95 %: 1,77-4,48;  $p = 0,000$ ),

el derrame pleural que requirió drenaje (OR: 3,57; CI 95 %: 2,02-6,32;  $p = 0,000$ ) y delirio (OR: 3,45; CI 95 %: 1,91-6,25;  $p = 0,000$ ). Otros factores identificados son la edad, el sexo, la falla multiorgánica y la sepsis.<sup>(28)</sup>

Por otro lado, algunos autores como Herrera y otros<sup>(32)</sup> en Cuba encontraron relación entre la duración de la VMA y la mortalidad en pacientes con hipertensión pulmonar sometidos a CC (88 horas *vs.* 33 horas;  $p = 0,000$ ).

### VMA en trasplante cardíaco

El trasplante cardíaco (TC) supone un reto a nivel técnico y fisiológico, ya que enfrenta problemas como la denervación del órgano cardíaco, el rechazo orgánico, el tiempo de isquemia y la conservación en las mejores condiciones del órgano extraído, aunque muchos autores consideran que las estrategias ventilatorias no difieren mucho de aquellas establecidas en otros pacientes cardioquirúrgicos.<sup>(26)</sup>

El objetivo principal del manejo ventilatorio es minimizar cualquier aumento en la resistencia vascular pulmonar (RVP) y prevenir efectos sobre el VD. Se debe iniciar en modalidad VCV, con VC moderados (6-8 mL/kg/Pp, PEEP: 2-5 cmH<sub>2</sub>O y FiO<sub>2</sub>: 50-60 %). Debe evitarse el VC y la PEEP excesiva, ambos aumentan la presión de la aurícula derecha, empeoran la regurgitación tricuspídea y aumentan el trabajo del VD, al incrementar la RVP (también la hipoxia, hipercapnia, acidosis, descarga simpática e hipotermia la aumentan); comprometen el volumen de eyección del VI y, por consiguiente, el GC. La PEEP puede optimizarse, a expensas del retorno de la precarga al aumentar las presiones intratorácicas. Esto retrasa el tiempo de extubación y facilita la necesidad de VMAp con sus consiguientes complicaciones.<sup>(33,34)</sup>

La utilización de vasodilatadores inhalados como el óxido nítrico y las prostacilinas (iloprost) suelen ser complementos de interés en el manejo de la RVP y la tensión del VD; sin embargo, la principal preocupación estriba en el destete ventilatorio, ya que el tubo endotraqueal suele ser el medio de administración más eficaz. En aquellos en los que las presiones arteriales pulmonares mejoren, esencialmente con la medicación inhalada, el uso de vasodilatadores alternativos, como el sildenafil, puede facilitar la transición ventilatoria al destete.<sup>(28,34)</sup>

En pacientes no complicados el destete inmediato de la sedación y las pruebas de ventilación espontánea pueden iniciarse entre las 6 y 12 horas del posoperatorio. Por otro lado, en estos casos la VMAp representa un factor de riesgo importante en el desarrollo de neumonía asociada a la VMA, sobre todo por el alto nivel de inmunocompromiso presente.<sup>(35)</sup>

Turker y otros<sup>(36)</sup> identificaron una incidencia de VMAp en adultos trasplantados de un 40 % y una mortalidad del 60 % ( $p = 0,15$ ), al análisis de regresión logística binaria; un valor elevado de creatinina sérica el primer día de VMA se comportó como predictor de VMAp (OR: 5,109; CI 95 %: 1,362-19,159;  $p = 0,016$ ). Esto denota la dimensión multisistémica del problema, no circunscrito solamente al estado cardiopulmonar.

### Uso de MRA durante la CC

Tradicionalmente, en la CC se han evitado las MRA. En particular, mantener la VMA o una presión positiva en las vías respiratorias durante la CEC mejora el intercambio de gases en las primeras horas del posoperatorio con efectos beneficiosos sobre la respuesta inflamatoria y la función inmunitaria.<sup>(37,38)</sup>

Las estrategias de reclutamiento pulmonar continúan siendo controvertidas. Esto se debe a preocupaciones quirúrgicas relacionadas con la visualización y el acceso limitado al campo operatorio producido por los pulmones continuamente expandidos y los posibles efectos hemodinámicos nocivos de presiones ventilatorias más altas en pacientes con enfermedad cardíaca grave. Como resultado, se desconoce el efecto de un abordaje a pulmón abierto, incluido el reclutamiento alveolar durante el período de CEC, sobre los resultados clínicos sólidos en pacientes sometidos a CC con bomba.<sup>(7,39)</sup>

Fischer y otros<sup>(40)</sup> investigaron si una estrategia intensiva de MRA produce mejores resultados en comparación con una estrategia moderada. Todos los pacientes fueron ventilados con VC: 6-8 ml/Kg/Pp. La estrategia intensiva, basada en tres ciclos de insuflación pulmonar, 60 segundos cada uno con PEEP: 30 cmH<sub>2</sub>O en modalidad VCP, DP: 15 cmH<sub>2</sub>O, Fr: 15 rpm, tiempo inspiratorio: 1,5 segundos y FiO<sub>2</sub>: 40 %, fue capaz de reducir la incidencia de complicaciones pulmonares graves.

La revisión sistemática con metaanálisis (RsM) de Chi y otros<sup>(41)</sup> mostró que las MRA y la titulación de PEEP aumentaron la mortalidad a los 28 días, en comparación con una PEEP baja. La necesidad de inicio/escalada de vasopresores o los episodios de hipotensión a la hora fueron significativamente mayores en el grupo intervención (35 % vs. 28 %).

Cabe destacar que estudios recientes han cuestionado el papel del uso rutinario de PEEP más altas y/o maniobras de reclutamiento en pacientes no seleccionados durante el BPCP.<sup>(42)</sup>

Costa-Leme y otros<sup>(43)</sup> sugieren que el uso de procedimientos intensivos de reclutamiento alveolar debe reservarse para pacientes seleccionados, que presenten hipoxemia consistente con atelectasia pulmonar significativa. Además, el momento del reclutamiento alveolar dentro del período perioperatorio es probablemente un factor subestimado. Una estrategia de reclutamiento tardío en pacientes que presentan un alto grado de colapso alveolar parece ser más relevante que iniciar los procedimientos de reclutamiento alveolar en etapas tempranas de la cirugía, antes de que ocurra cualquier colapso.

Otro aspecto único en el manejo de la VMA en pacientes sometidos a CC es el uso de una estrategia de ventilación a pulmón abierto (VPA), que incluye el mantenimiento de la VMA durante la CEC junto con las MRA y el uso de altos niveles de PEEP ( $\geq 8$  cmH<sub>2</sub>O). En este sentido, la maniobra puede ser perjudicial en términos de aumento de la distensión alveolar y la tensión tidal, lo que podría mitigar el beneficio de un mejor reclutamiento alveolar. En particular, la apertura pleural y torácica anterior intrínseca a la CC abierta puede amplificar las presiones transpulmonares en las regiones no dependientes del pulmón. Finalmente, además del reclutamiento alveolar, el efecto beneficioso de mantener la VMA durante la CEC, cuando los pulmones ya no

están perfundidos, resulta controvertido.<sup>(44-46)</sup>

Los resultados de Lagier y otros,<sup>(44)</sup> durante la estrategia de VPA, la han asociado a la necesidad frecuente de ajustes temporales, debido a la hipotensión arterial iatrogénica y los requisitos quirúrgicos. No se redujo el uso de oxígeno a alto flujo (0,8 % vs. 9,4 %,  $p=0,77$ ) o VNI (13,2 % vs. 15,5 %); el 23,5 % de los pacientes asignados al grupo de VPA no recibieron más de tres MRA completas.

Sin embargo, el número de MRA y los niveles de PEEP se han diseñado empíricamente y no está claro si la eficacia de reclutamiento de tales maniobras depende de un efecto cuantitativo. Por el contrario, la estrategia de ventilación convencional minimiza la interferencia con el campo quirúrgico y previene eventos hipotensivos. Resulta importante destacar que el uso de ajustes o estrategias de rescate no comprometió la confiabilidad, ya que las diferencias entre grupos en las maniobras de reclutamiento completadas y la PEEP aplicada fueron estadística y clínicamente significativas.<sup>(43)</sup>

### Soporte respiratorio no invasivo

Entre las opciones de la ventilación no invasiva (VNI) como terapéutica en la IRA se encuentra el oxígeno nasal de alto flujo (HFNO, por sus siglas en inglés). En un ensayo controlado aleatorizado<sup>(47)</sup> el uso de HFNO disminuyó la estancia hospitalaria y el riesgo de reingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) después de la CC.

Se ha propuesto la CPAP y/o VNI para mejorar la oxigenación en la sala de CC, prevenir la reintubación y en función del tratamiento de las CPP después de la CC.

En un reciente trabajo realizado por Wu y otros<sup>(48)</sup> se demostró que el uso profiláctico de la VNI después de la CC puede disminuir la duración de la estancia en la UCI sin diferencias en términos de complicaciones cardíacas y pulmonares.

Es interesante destacar que el uso de la VNI también se ha propuesto en la atención posterior a la UCI, lo que posiblemente resulte en una mejor oxigenación en pacientes con IRA.

Es razonable considerar el uso de VNI en la CC, especialmente dado el efecto hemodinámico positivo sobre el VI; sin embargo, al igual que con el uso de cualquier ventilación con PEEP, se recomienda monitorear los efectos sobre el rendimiento del retorno venoso.<sup>(49)</sup>

### Limitaciones de la investigación

Se reconoce como principal limitación de esta investigación la no realización de estrategias estadísticas para contrastar la información propuesta (metaanálisis), a pesar de haberse realizado una búsqueda organizada y profunda sobre el tema. Queda disponible al ámbito de las revisiones narrativas de la literatura.

### Conclusiones

El manejo de la VMA durante la CC es un desafío. Sin embargo, cada vez más estudios parecen favorecer el uso de

la VP.

Durante la última década se han producido cambios en la práctica de la ventilación pulmonar durante la CC, como la reducción del VC alto, el mantenimiento de la ventilación durante la CEC en asociación con MRA perioperatorias y niveles altos de PEEP.

Es necesario realizar nuevas investigaciones en el entorno ventilatorio durante y después de la CC en múltiples niveles, en virtud de la evidencia disponible.

## Referencias bibliográficas

- Bignami E, Saglietti F, Di Lullo A. Mechanical ventilation management during cardiothoracic surgery: an open challenge. *Ann Transl Med.* 2018;6(19):380. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm.2018.06.08>
- Young CC, Harris EM, Vacchiano C, Bodnar S, Bukowy B, Elliott RRD, *et al.* Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. *Br J Anaesth.* 2019 [acceso 25/09/2022];123(6):898-913. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0007091219306476>
- Bignami E, Di Lullo A, Saglietti F, Guarnieri M, Pota V, Scolletta S, *et al.* Routine practice in mechanical ventilation in cardiac surgery in Italy. *J Thorac Dis.* 2019;11(4):1571-9. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.03.04>
- Arango-Granados MC, Ariza F. Ventilación protectora y maniobras de reclutamiento pulmonar en cirugía mayor. *Rev Argent Anestesiología.* 2016 [acceso 25/09/2022];74(1):1-9. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-vesta-argentinaanestesiologia-268-articulo-ventilacion-protectora-maniobras-reclutamiento-pulmonarSo370779216300023>
- Dalla K, Bech-Hanssen O, Ricksten S-E. General anesthesia and positive pressure ventilation suppress left and right ventricular myocardial shortening in patients without myocardial disease a strain echocardiography study. *Cardiovasc Ultrasound.* 2019;17(1):16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12947-019-0165-z>
- Zochios V, Klein AA, Gao F. Protective invasive ventilation in cardiac surgery: a systematic review with a focus on acute lung injury in adult cardiac surgical patients. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* 2018;32(4):1922-36. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.vca.2017.10.031>
- Mahmood SS, Pinsky MR. Heart-lung interactions during mechanical ventilation: the basics. *Ann Transl Med.* 2018;6(18):349. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm.2018.04.29>
- Kornecki A, Otulakowski G, Yoshida T, Kuebler WM, McNamara PJ, Connelly KA, *et al.* Adverse Heart-Lung Interactions in Ventilator-induced Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;196(11):1411-21. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.201611-2268OC>. PMID: 28795839
- Sanfilippo F, Messina A, Ceconi M, Astuto M. Ten answers to key questions for fluid management in intensive care. *Med Intensiva (Engl Ed).* 2020;So210-5691(20)30338-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medin.2020.10.005>
- Pshenichniy TA, Akselrod BA, Titova IV, Trekova NA, Khrustaleva MV. Use of protective lung ventilation regimen in cardiac surgery patients. *Anesteziol Reanimatol.* 2017 [acceso 25/09/2022];61:189-95. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29465203/>
- Santos-Cerquera R, Ariza-Cadena F. Estrategias de protección pulmonar en cirugía cardiovascular. *Rev CES Med.* 2012 [acceso 25/09/2022];26(1):85-98. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=So120-87052012000100008&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So120-87052012000100008&lng=en)
- Bojar RM. *Manual of Perioperative Care in Adult Cardiac Surgery* 6th Ed. Wiley-Blackwell. 2021. DOI: [https://doi.org/10.1002/9781119582540\\_fmatter](https://doi.org/10.1002/9781119582540_fmatter)
- Heinrichs J, Lodewyckx C, Neilson C, Abou-Setta A, Grocott HP. The impact of hyperoxia on outcomes after cardiac surgery: a systematic review and narrative synthesis. *Can J Anesth.* 2018;65(8):923-35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12630-018-1143-x>
- Zhang C, Yue J, Li M, Jiang W, Pan Y, Song Z, *et al.* Bronchial blocker versus double lumen endobronchial tube in minimally invasive cardiac surgery. *BMC Pulm Med.* 2019;19(1):207. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12890-019-0956-x>
- Hsu H, Lai H-C, Liu T-J. Factors causing prolonged mechanical ventilation and perioperative morbidity after robot-assisted coronary artery bypass graft surgery. *Heart Vessels.* 2019;34(1):44-51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00380-018-1221-6>
- Arboleda-Salazar R, Heggie J, Wolski P, Horlick E, Osten M, Meineri M. Anesthesia for Percutaneous Pulmonary Valve Implantation: A Case Series. *Anesthesia & Analgesia.* 2018 Jul;127(1):39-45. DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002904>
- Zhang C, Yue J, Li M, Jiang W, Pan Y, Song Z, *et al.* Bronchial blocker versus double lumen endobronchial tube in minimally invasive cardiac surgery. *BMC Pulm Med.* 2019;19(1):207. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12890-019-0956-x>
- Borys M, Żurek S, Kurowicki A, Horeczy B, Bielina B, Sejbth J, *et al.* Implementation of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocol in off-pump coronary artery bypass graft surgery. A prospective cohort feasibility study. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2020;52(1):10-4. DOI: <https://doi.org/10.5114/ait.2020.93160>
- Borys M, Gawęda B, Horeczy B, Kolowca M, Olszówka P, Czuczwar M, *et al.* Erector spinae-plane block as an analgesic alternative in patients undergoing mitral and/or tricuspid valve repair through a right mini-thoracotomy-an observational cohort study. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.* 2020 Mar;15(1):208-14. DOI: <https://doi.org/10.5114/wiitm.2019.85396>
- Elgebaly AS, Sabry M. Sedation effects by dexmedetomidine versus propofol in decreasing duration of mechanical ventilation after open heart surgery. *Ann Card Anaesth.* 2018 Jul-Sep;21(3):235-242. DOI: [https://doi.org/10.4103/aca.ACA\\_168\\_17](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_168_17)
- Russell MD, Pinkerton C, Sherman KA, Ebert TJ, Pagel PS. Predisposing and precipitating factors associated with postoperative delirium in patients undergoing cardiac surgery at a veteran's affairs medical center: a pilot retrospective analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020;34(8):2103-10. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2020.02.004>
- Kanzariya H, Pujara J, Keswani S, Kaushik K, Kaul V, Ronakh R, *et al.* Role of central venous-Arterial pCO2 difference in determining microcirculatory hypoperfusion in off pump coronary artery bypass grafting surgery. *Ann Card Anaesth.* 2020 Jan-Mar;23(1):20-6. DOI: [https://doi.org/10.4103/aca.ACA\\_48\\_19](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_48_19)
- Fathy S, Hasanin AM, Raafat M, Mostafa MMA, Fetouh AM, Elsayed M, *et al.* Thoracic fluid content: a novel parameter for predicting failed weaning from mechanical ventilation. *J intensive care.* 2020;8:20. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40560-020-00439-2>
- Agüero-Martínez MO. Extubación orotraqueal inmediata en procedimientos quirúrgicos cardíacos. *Rev Cuba Anestesiología Reanimación.* 2022 [acceso 25/09/2022];21(2):e819. Disponible en: <http://revanestesia.sld.cu/index.php/anestRean/article/view/819>
- Fuentes-Herrera L, Bermúdez-Yera GJ. Estado posoperatorio en la cirugía cardiovascular. En: Caballero-López A, Domínguez

- Perera MA, Pardo-Núñez AB, Abdo-Cuza AA. Terapia Intensiva. Urgencias posoperatorias. Tomo XIII, 4ta ed. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2020 [acceso 25/09/2022]:38-110. Disponible en:  
<https://instituciones.sld.cu/socuenfhabana/files/2021/02/Terapia-intensiva.-Tomo-11.-Urgencias-posoperatorias.pdf>
26. Gartner-Salcedo JH. Cuidados de enfermería en el postoperatorio inmediato del paciente con trasplante cardíaco. Revisión bibliográfica [Tesis de Grado en Enfermería]. España: Universidad de Valladolid; 2017. Disponible en:  
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/28120>
27. Dogliotti A, Bonaccorsi H. El posoperatorio de cirugía cardiovascular. En: Lovesio C autor. Medicina Intensiva Tomo I, 7ma ed. Ciudad autónoma de Buenos Aires: Corpus Libros Médicos y Científicos; 2017 [acceso 25/09/2022]:875-912
28. Dabbagh A, Esmailian F, Aranki S (editores). Postoperative critical care for adult cardiac surgical patients. 2th ed., Springer Nature. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75747-6>
29. Fernández-Zamora MD, Gordillo-Brenes A, Banderas-Bravo E, Arboleda-Sánchez JA, Hinojosa-Pérez R, Aguilar-Alonso E, et al; ARIAM Andalucía Group. Prolonged Mechanical Ventilation as a Predictor of Mortality After Cardiac Surgery. *Respir Care*. 2018 May;63(5):550-7. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.04915>
30. STS Adult Cardiac Surgery Database Data Specifications Version 4.20.2. 2020 [acceso 21/02/2021]. Disponible en:  
<https://www.sts.org/sites/default/files/ACSD>
31. Daza-Arana JE, Lozada-Ramos H, Ávila-Hernández DF, Ordoñez-Mora LT, Sánchez DP. Prolonged mechanical ventilation following coronary artery bypass graft in Santiago de Cali, Colombia. *Vasc Health Risk Manag*. 2022;18:766-81. DOI: <https://doi.org/10.2147/VHRM.S367108>
32. Alonso-Herrera A, Ceballos-Álvarez A, Fuentes-Herrera L, Pérez-Bravet K. Factores asociados a la mortalidad intrahospitalaria en pacientes con hipertensión pulmonar en el postoperatorio de la cirugía cardíaca. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*. 2020 [acceso 25/09/2022];27(1). Disponible en:  
<https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/articulo/view/1026>
33. Neethling E, Moreno-Garijo J, Mangalam TK, Badiwala MV, Billia P, Wasowicz M, et al. Intraoperative and early postoperative management of heart transplantation: anesthetic implications. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020;34(8):2189-206. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2019.09.037>
34. Valchanov K, Jones N, Hogue CH. Core topics in cardiothoracic critical care. 2th ed. 2018. Cambridge University Press, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316443415>
35. Westerdahl DE, Kobashigawa JA. Heart transplantation for advance heart failure. En: Brown DL. *Cardiac intensive care*. 3th ed. Elsevier Inc; 2019:504-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-52993-8.00048-5>
36. Turker M, Zeyneloglu P, Pirat A, Sezgin A, Arslan G. Predictors of prolonged mechanical ventilation after heart transplantation *Critical Care*. 2012;16(1):472. DOI: <https://doi.org/10.1186/cc11079>
37. Puis L, Milojevic M, Boer C, De-Somer F, Gudbjartsson T, vanden-Goor J, et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2020;30(2):161-202. DOI: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz251>
38. Bellani G, Laffey JG, Pham T, Fan E, Brochard L, Esteban A, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *JAMA*. 2016;315(8):788-800. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0291>
39. Sanfilippo F, Palumbo GJ, Bignami E, Pavesi M, Ranucci M, Scolletta S. Acute Respiratory distress syndrome in the perioperative period of cardiac surgery: predictors, diagnosis, prognosis, management options, and future directions. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2022;36(4):1169-79. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2021.04.024>
40. Fischer MO, Courteille B, Guinot PG, Dupont H, Gerard JL, Hanouz JL, et al. Perioperative ventilatory management in cardiac surgery: a french nationwide survey. *Medicine (Baltimore)*. 2016 [acceso 20/09/2022];95(9):e2655. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD0000000000002655>
41. Chi D, Chen C, Shi Y, Wang W, Ma Y, Zhou R, et al. Ventilation during cardiopulmonary bypass for prevention of respiratory insufficiency: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)*. 2017;(12):e6454. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006454>
42. Bignami E, Guarnieri M, Saglietti F, Belletti A, Trumello C, Giambuzzi I, et al. Different strategies for mechanical ventilation during cardiopulmonary bypass (CPBVENT 2014). Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2017;7(18):264. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2008-2>
43. Costa Leme A, Hajjar LA, Volpe MS, Fukushima JT, De Santis Santiago RR, Osawa EA, et al. Effect of Intensive vs. Moderate Alveolar Recruitment Strategies Added to Lung-Protective Ventilation on Postoperative Pulmonary Complications: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2017;317(14):1422-32. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.2297>
44. Lagier D, Fischer F, Fornier W, Huynh TM, Cholley B, Guinard B et al. Effect of open-lung vs. conventional perioperative ventilation strategies on postoperative pulmonary complications after on-pump cardiac surgery: the PROVECS randomized clinical trial. *Intensive Care Med*. 2019;45(10):1401-12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05741-8>
45. Ball L, Serpa Neto A, Trifiletti V, Mandelli M, Firpo I, Robba C, et al. Effects of higher PEEP and recruitment manoeuvres on mortality in patients with ARDS: A systematic review, meta-analysis, meta-regression and trial sequential analysis of randomized controlled trials. *Intensive Care Med Exp*. 2020;8(1):39. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40635-020-00322-2>
46. Santa-Cruz R, Villarejo F, Irrazabal C, Ciapponi A. High versus low positive end expiratory pressure (PEEP) levels for mechanically ventilated adult patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2021;3(3):CD009098. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009098.pub3>
47. Zochios V, Collier T, Blandszun G, Butchrt A, Earwaker M, Jones N, et al. The effect of high-flow nasal oxygen on hospital length of stay in cardiac surgical patients at high risk for respiratory complications: A randomised controlled trial. *Anaesthesia*. 2018;73(12):1478-88. DOI: <https://doi.org/10.1111/anae.14345>
48. Wu Q, Xiang G, Song J, Xie L, Wu X, Hao S, et al. Effects of non-invasive ventilation in subjects undergoing cardiac surgery on length of hospital stay and cardiac-pulmonary complications: A systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis*. 2020;12(4):1507-19. DOI: <https://doi.org/10.21037/jtd.2020.02.30>
49. Olper L, Bignami E, Di Prima AL, Albini S, Nascimbene S, Cabrini L. Continuous positive airway pressure versus oxygen therapy in the cardiac surgical ward: A randomized trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017;31(1):115-21. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2016.08.007>

---

DIRECCION PARA CORRESPONDENCIA: Ariel Sosa Remón,  
Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. La Habana,  
Cuba. E-mail: [asosa@infomed.sld.cu](mailto:asosa@infomed.sld.cu)



**Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).**