



## Ventilación mecánica artificial en el paciente cardioquirúrgico Artificial mechanical ventilation in cardiac surgery patients

Arian Jesús Cuba Naranjo<sup>1</sup>. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5913-313X>.

Ariel Sosa Remón <sup>\*2</sup>. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5128-4600>.

Ana Esperanza Jeréz Álvarez <sup>3</sup> ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4741-6236>.

<sup>1</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario de Maracaibo. República Bolivariana de Venezuela. e-mail: [cubajesus86@gmail.com](mailto:cubajesus86@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas de la Habana. Unidad de Cuidados Intensivos Oncológicos, Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. Cuba. e-mail: [asosa@infomed.sld.cu](mailto:asosa@infomed.sld.cu)

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias Médicas de Granma. Servicio de Medicina Interna, Hospital Provincial Clínico-Quirúrgico Docente "Celia Sánchez Manduley". Granma, Cuba.

\*Autor presentador y correspondencia, e-mail: [asosa@infomed.sld.cu](mailto:asosa@infomed.sld.cu)

Conflicto de intereses: los autores declaran que No existen conflictos de intereses

Financiación: No recibió

### Resumen

Introducción: Muchos pacientes que reciben cirugía cardíaca desarrollan alteraciones respiratorias posquirúrgicas. La ventilación mecánica artificial es una intervención frecuente y necesaria en el escenario quirúrgico, encaminada a definir cuál estrategia ofrece al paciente la mejor aproximación a su fisiología y mejor perfil de seguridad, teniendo en cuenta que la anestesia general provoca reducción de los volúmenes pulmonares, induciendo deterioro del intercambio gaseoso.

Objetivo: Actualizar aspectos de interés relacionados con las complicaciones respiratorias y el manejo ventilatorio en el paciente cardioquirúrgico.

Métodos: se realizó una revisión narrativa de la literatura basados en una búsqueda en Google Scholar, Pumed/Medline, SciELO regional, y Google académico. Bajo los términos: ventilación mecánica durante la cirugía cardiaca/modalidades,



complicaciones pulmonares post cirugía cardiovascular, ventilación mecánica durante la circulación extracorpórea.

Resultados: en los pacientes sometidos a cirugía cardíaca y con soporte ventilatorio se generan daños pulmonares con repercusión hemodinámicas si no se utiliza una estrategia ventilatoria adecuada. El verdadero desafío consiste en la detección precoz de dichas complicaciones y la implementación de estrategias terapéuticas con el objetivo de minimizar su impacto clínico.

Conclusiones: durante la última década se han producidos cambios en la práctica de la ventilación pulmonar durante la cirugía cardiorácica, 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 expiración.

Palabras claves: ventilación mecánica artificial; cirugía cardíaca; circulación extracorpórea; síndrome de dificultad respiratoria aguda

### **Abstract**

Introduction: Many patients undergoing cardiac surgery develop post-surgical respiratory alterations. Artificial mechanical ventilation is a frequent and necessary intervention in the surgical setting, aimed at defining which strategy offers the patient the best approximation to his physiology and the best safety profile, taking into account that general anesthesia causes reduction of pulmonary volumes, inducing deterioration of gas exchange.

Objective: To update aspects of interest related to respiratory complications and ventilatory management in the cardiac surgical patient.

Methods: A narrative review of the literature was performed based on a search in Google Scholar, Pumed/Medline, regional SciELO, and academic Google. Under the 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 is generated with hemodynamic repercussions if an adequate ventilatory strategy is not used. The real challenge lies in the early detection of these



complications and the implementation of therapeutic strategies with the aim of minimizing their clinical impact.

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

Keywords: mechanical ventilation; cardiac surgery; extracorporeal circulation; SDRA

### **Introducción**

La VMA es uno de los aspectos más importantes para un anestesiólogo moderno. Asegurar la vía aérea y proporcionar una VMA controlada o asistida son requisitos fundamentales para brindar una anestesia segura. Actualmente, se preconiza una estrategia pulmonar protectora durante la cirugía, que incluye volumen corriente (VC) bajo, baja presión meseta (Pm), presión de distensión alveolar (DP), y adecuada presión positiva al final de la espiración (PEEP). <sup>(1, 2)</sup>

Si bien, son varias las guías publicadas sobre ventilación mecánica protectora (VP) en 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>(3)</sup>

Esto es especialmente esencial en cirugía cardíaca (CC) ya que diversos factores pueden contribuir a la lesión pulmonar, incluidos la anestesia general, bypass cardiopulmonar (BPCP), transfusiones de sangre, insuficiencia cardíaca y disfunción diafragmática, lo cual aumenta el riesgo de complicaciones pulmonares postoperatorias. De hecho, la ventilación mecánica controlada aumenta la presión pleural y, por lo tanto, la presión sobre estructuras cardíacas adyacentes, es decir, el nervio frénico y/o la región objetivo para la colocación del cable de terapia de re-



sincronización del ventrículo izquierdo (VI). La anestesia general, por sí sola, reduce la función del ventrículo derecho (VD) y el volumen sistólico izquierdo. <sup>(3, 4)</sup>

El presente artículo tiene como objetivo actualizar aspectos de interés relacionados con las complicaciones respiratorias y el manejo ventilatorio en el paciente cardioquirúrgico.

### **Métodos**

Se realizó una revisión narrativa de la literatura mediante una búsqueda en idiomas español e inglés bases de datos y repositorios de artículos científicos ubicados en Scielo, Pubmed/Medline, Google académico. Bajo los términos: ventilación mecánica durante la cirugía cardiaca/modalidades, complicaciones pulmonares post cirugía cardiovascular, ventilación mecánica durante la circulación extracorpórea, síndrome de dificultad respiratoria aguda y sus traducciones al inglés.

Se incluyeron artículos de acceso libre, originales, revisiones narrativas y sistemáticas (con/sin meta-análisis), ensayos clínicos, editoriales, casos clínicos, cartas al editor/director y documentos de consenso. Se excluyeron artículos resúmenes y aquellos que describen el tema en la población pediátrica.

El período de búsqueda incluyó los últimos 10 años. Se seleccionaron 42 referencias que cumplieron con los criterios de selección.

### **Modos de ventilación mecánica y su impacto en las cavidades cardiacas**

El efecto de la VMA en el corazón y la hemodinámica 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 transmite a todas las estructuras intratorácicas, aumentándola sobre las estructuras vasculares. Además, la PEEP, eleva la PIT en ambas fases de la ventilación influyendo en la precarga y postcarga de ambos ventrículos (Tabla 1). <sup>(5)</sup>

Tabla 1. Ventilación a presión positiva e interacciones cardiopulmonares.



Ventrículo	Disminución de la precarga	Aumento de la postcarga
<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

**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

A pesar de existir alguna evidencia de que los VC bajos y la utilización de PEEP podrían proteger la función ventilatoria postoperatoria y disminuir la respuesta inflamatoria sistémica, hasta ahora ninguna estrategia ha demostrado tener un impacto importante como para ser tomada como conducta estándar, especialmente, en los pacientes llevados a CC con circulación extracorpórea (CEC).<sup>(3)</sup>

### Ventilación mecánica intra-operatoria

La VMA prologada es una complicación importante luego de cirugía cardiovascular, con una incidencia entre 3 % y 9,9 %. Las estrategias ventilatorias intra-quirúrgicas deben reducir las complicaciones pulmonares postoperatorias, una estrategia aceptada actualmente es la VP basada en los siguientes parámetros: <sup>(1, 2, 6)</sup>

1. VC: 6 ml/kg de peso predicho (Pp).
2. PEEP: 5-10 cmH<sub>2</sub>O.
3. Relación inspiración/expiración (I:E): 1:1,5 ó 1:1.
4. Presión inspiratoria pico (PIP) ≤20 cmH<sub>2</sub>O.
5. Fracción inspiratoria de O<sub>2</sub> (FiO<sub>2</sub>): 45-60 % (para mantener normoxemia sin daño miocárdico, sin embargo, FiO<sub>2</sub> ≤80 % con hiperoxia, ha mostrado beneficio en reducir la incidencia de infecciones de sitio quirúrgico y ausencia de reingresos hospitalarios).
6. Fracción de excreción de CO<sub>2</sub> (EtCO<sub>2</sub>): 35-42 mmHg.

Se reconocen dos momentos en CC: <sup>(6-9)</sup>

1. Período de tiempo que precede y sigue al BPCP, en cuyo caso la ventilación puede administrarse de la siguiente manera:



- a. VC: 6-8 ml/kg de 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 ó PIP: 40 cmH<sub>2</sub>O durante 15 segundos. (No existe superioridad de una maniobra sobre otra).
- c. Frecuencia respiratoria (Fr): 20 respiraciones por minuto resultan aceptable para un adecuado intercambio gaseoso.
- d. Hiperoxia moderada: FiO<sub>2</sub>  $\leq$  80 %. La hiperoxia con PaO<sub>2</sub> > 120 mmHg tiene un mínimo impacto en disfunción orgánica, estadía hospitalaria y mortalidad en adultos sometidos a CC.
- e. Estrategia de pulmón abierto con VC: 3 ml/kg, Fr: 12 rpm, FiO<sub>2</sub>: 40 % y PEEP: 8 cmH<sub>2</sub>O.

**2.** Período de tiempo durante BPCP, cuya estrategia ventilatoria considera las siguientes alternativas:

- a. Presión positiva continua en la vía aérea (CPAP): presiones entre 5-15 cmH<sub>2</sub>O.
- b. VMA de baja frecuencia y VC ha mostrado un efecto positivo sobre la oxigenación postoperatoria.
- c. Pulmón en reposo: opción más cómoda para el cirujano, aunque sin diferencias en los tiempos quirúrgicos.

Los parámetros ventilatorios que se han asociado con una menor disfunción pulmonar y CPP está dada por un VC: 5 ml/kg, PEEP: 5 cmH<sub>2</sub>O y modo VCV.

### **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, el tiempo de isquemia y a la conservación en las mejores condiciones del órgano extraído. <sup>(10)</sup>

El objetivo principal del manejo ventilatorio es minimizar cualquier aumento en las RVP y prevenir efectos sobre el VD. Se debe iniciar en modalidad VCV, con VC moderados (6-8 mL/kg de Pp, PEEP: 2-5 cmH<sub>2</sub>O y FiO<sub>2</sub>: 50-60 %). La hipoxia, hipercapnia, acidosis, hipotermia y descarga simpática aumentan la RVP y, por lo tanto, la poscarga del VD, comprometen el volumen de eyección del VI y por consiguiente el GC. <sup>(11)</sup>

### **VMA prolongada**



Durante la CC los pacientes requieren VMA invasiva, la cual es retirada de manera precoz en la mayoría de los casos. Sin embargo, entre un 4 % y un 11 % de los sujetos requieren ventilación mecánica prolongada (VMAp), definida como la necesidad de VMA invasiva al menos 24 horas luego del procedimiento quirúrgico. Se ha reportado que aquellos que cursan con VMAp presentan mayor mortalidad y menor calidad de vida a largo plazo, así como mayor cantidad de días de internación, consumo de recursos hospitalarios y necesidad de traqueotomía. Han sido identificados numerosos factores relacionados con la necesidad de VMAp, como la edad y el sexo, comorbilidades previas, falla multiorgánica y sepsis, entre otras. <sup>(12, 13)</sup>

### 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) o el modo de asistencia/control (A/C). El paciente permanece anestesiado por los efectos residuales de narcóticos, medicamentos ansiolíticos y 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 de respiración. Esto puede ser muy importante durante las primeras horas del posoperatorio, cuando la hipotermia, los trastornos electrolíticos, ácido-básicos y la inestabilidad hemodinámica son más pronunciados. (Tabla 2). <sup>(19)</sup>

Tabla 2. Ajustes del ventilador y medidas a evaluar.

Ajustes iniciales	Medidas a evaluar
Modo A/C	Muestra la oximetría de pulso en el monitor de cabecera
VC 6–8 mL/kg	Radiografía de tórax a la llegada a la UCI
Fr: 10–12/min	Verifique los gases sanguíneos entre 15 y 30 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 ≥ 95 %



---

PEEP: 5 cmH <sub>2</sub> O	Ajuste la configuración del ventilador para mantener la PaCO <sub>2</sub> >30
PIP: 25 cmH <sub>2</sub> O	torr con pH 7,30–7,50
I:E: 1:2–1:3	

---

**A/C**: asisto-controlado. **VC**: volumen corriente. **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

---

Un nivel bajo de PEEP (5 cmH<sub>2</sub>O) se agrega rutinariamente al circuito respiratorio para prevenir la atelectasia. Se requiere precaución cuando el paciente está hipovolémico por vasodilatación periférica o cuando la función del VD está alterada. (19)

Una vez establecidos los parámetros ventilatorios y reajustado de forma regular, bajo estricta monitorización, se disminuirá los valores prefijados, evaluando la función espontánea pulmonar, y elementos clínicos para progresar en el desacople efectivo del paciente.

### **Insuficiencia respiratoria**

Una PaO<sub>2</sub> <60 mmHg, relación PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> <300 mmHg o SpO<sub>2</sub> <90 % y requerimiento de oxígeno para la estabilización, descartando situaciones crónicas, son valores que caracterizan a la insuficiencia respiratoria aguda (IRA). Los pacientes operados tienen un cierto grado de IRA que en la mayoría de los casos es autolimitada a pocas horas en el posoperatorio. Algunos mantendrán disfunción respiratoria más prolongada de causa multifactorial y requerirán soporte ventilatorio, generalmente no invasivo. El BPCP, especialmente si es prolongado, la transfusión de sangre intra operatorio y el aporte excesivo de soluciones contribuyen en forma importante a la disfunción respiratorio. (15)

Durante el posoperatorio pueden aparecer e interactuar cuadros con diversa intensidad que inician y mantienen la IRA, como broncoespasmo, traqueobronquitis, derrame pleural, atelectasia, dolor pleurítico, restricción torácica por la esternotomía, depresión y angustia, entre otros. Las estrategias terapéuticas fundamentales incluyen: El diagnóstico y corrección del factor desencadenante,





manejo adecuado del BPCP, uso de PEEP, VP durante la cirugía, fisioterapia respiratoria, movilización pasiva-activa y soporte con oxígeno de alto flujo, o ventilación no invasiva (VNI) con diferentes niveles de presión soporte, PEEP o ambos. <sup>(15, 16)</sup>

### **Síndrome de dificultad respiratoria aguda**

Es la principal causa de IRA grave posoperatoria, con mortalidad de hasta 80 %. Aumenta la estadía hospitalaria y la morbilidad a largo plazo. Se asocia al BPCP, transfusión de hemoderivados, cambios bruscos en el volumen intravascular e injuria pulmonar vinculada a la VMA. La incidencia es variable, se estima entre 0,4 y 20 %. Su frecuencia es mayor en síndromes aórticos agudos graves (50 %), cirugía valvular (8,1 %), cirugía tricuspídea (OR: 5,2) y cirugía de emergencia. <sup>(15)</sup>

Es probable que el SDRA después de la CC tenga potencialmente un peor pronóstico en comparación con el SDRA por otras causas puesto que los pacientes cardíacos están, por definición, afectados por una carga significativa de comorbilidades cardiovasculares. Además, la aparición de SDRA después de la CCV es relativamente común y su manejo presenta un desafío ya que las opciones terapéuticas utilizadas para pacientes con SDRA convencional como es la posición prono, pueden no ser fácilmente aplicables después de la CC (Contraindicación absoluta). <sup>(16, 17)</sup>

### **Maniobras de reclutamiento alveolar (MRA)**

En CC, tradicionalmente se han evitado las MRA y los niveles elevados de PEEP. 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>(18, 19)</sup>

Las estrategias de reclutamiento pulmonar continúan siendo controvertidas. Esto se debe a preocupaciones quirúrgicas relacionadas con la visualización y el acceso limitados 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 resultados clínicos sólidos en pacientes sometidos a CC con bomba. <sup>(5, 20)</sup>

Un estudio centrado en el período posoperatorio <sup>(21)</sup> investigó si una estrategia intensiva de reclutamiento alveolar produce mejores resultados en comparación con una estrategia moderada. Todos los pacientes fueron ventilados con VC: 6-8 mlKg de Pp. La estrategia intensiva, basada en 3 ciclos de insuflación pulmonar, 60 segundos cada uno, con una PEEP de 30 cmH<sub>2</sub>O, en modalidad VCP, DP: 15 cmH<sub>2</sub>O, Fr: 15 L/min, tiempo inspiratorio: 1,5 segundos y FiO<sub>2</sub>: 40 %, fue capaz de reducir la incidencia de complicaciones pulmonares graves.

El meta-análisis de Chi D et al <sup>(22)</sup> mostró que el reclutamiento pulmonar 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>(23)</sup>

Costa Leme A et al <sup>(24)</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 peri-operatorio 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.

Sin embargo, el número de MRA y los niveles de PEEP se han diseñado empíricamente y no está definido si la eficacia de reclutamiento depende de un efecto cuantitativo. Por el contrario, la estrategia de ventilación convencional minimiza la interferencia con el campo quirúrgico y previene eventos hipotensivos.

<sup>(24)</sup>

## Conclusiones



Durante la última década se han producidos cambios en la práctica de la ventilación pulmonar durante la cirugía cardíaca, como la reducción del VC alto, el mantenimiento de la ventilación durante la CEC en asociación con maniobras de reclutamiento perioperatorias y niveles altos de PEEP.

Se necesita más investigación en el entorno al manejo ventilatorio durante y después de la cirugía cardíaca en múltiples niveles.

### Referencias bibliográficas

1. Bignami E, Saglietti F, Di Lullo A. Mechanical ventilation management during cardiothoracic surgery: an open challenge. *Ann Transl Med* [Internet]. 2018 [consultado 25/09/2022];6(19):380. Disponible en: [doi: 10.21037/atm.2018.06.08](https://doi.org/10.21037/atm.2018.06.08)
2. 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* [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];11(4):1571-1579. Disponible en: [doi:10.21037/jtd.2019.03.04](https://doi.org/10.21037/jtd.2019.03.04)
3. Arango-Granados MC, Ariza F. Ventilación protectora y maniobras de reclutamiento pulmonar en cirugía mayor. *Rev Argent Anestesiología* [Internet]. 2016 [consultado 25/09/2022];74(1):1-9. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentinaanestesiologia-268-articulo-ventilacion-protectora-maniobras-reclutamiento-pulmonarS0370779216300023>
4. 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* [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];17(1):16. Disponible en: [doi: 10.1186/s12947-019-0165-z](https://doi.org/10.1186/s12947-019-0165-z).
5. Mahmood SS, Pinsky MR. Heart-lung interactions during mechanical ventilation: the basics. *Ann Transl Med* [Internet]. 2018 [consultado 25/09/2022];6(18):349. Disponible en: [doi: 10.21037/atm.2018.04.29](https://doi.org/10.21037/atm.2018.04.29)



6. Pshenichniy TA, Akselrod BA, Titova IV, Trekova NA, Khrustaleva MV. Use of protective lung ventilation regimen in cardiac surgery patients. *Anesteziol Reanimatol.* 2017 [consultado 25/09/2022];61:189-195.
7. Nieves Ravord C. Terapia con bicarbonato de sodio en acidosis metabólica desencadenada por la circulación extracorpórea. *REB* [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];1(1):08-9. Disponible en: <https://revistaenbombaalap.org/index.php/bomba/article/view/29>
8. Santos-Cerquera R, Ariza-Cadena F. Estrategias de protección pulmonar en cirugía cardiovascular. *Rev CES Med* [Internet]. 2012 [consultado 25/09/2022];26(1):85-98. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-87052012000100008&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052012000100008&lng=en)
9. Bojar RM. *Manual of Perioperative Care in Adult Cardiac Surgery* 6th Ed. Wiley-Blackwell. 2021
10. PROVECS Study Group, Lagier D, Fischer F, Fornier W, Huynh TM, Cholley 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* [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];45(10):1401 -1412. Disponible en: [doi: 10.1007/s00134-019-05741-8](https://doi.org/10.1007/s00134-019-05741-8)
11. Arboleda-Salazar R, Heggie J, Wolski P, Horlick E, Osten M, Meineri M. Anesthesia for percutaneous pulmonary valve implantation: A Case Series. *Anesthesia & Analgesia* [Internet]. 2018 [consultado 25/09/2022];127(1):39-45. Disponible en: [doi: 10.1213/ANE.0000000000002904](https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002904)
12. 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* [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];34(1):44-51. Disponible en: [doi: 10.1007/s00380-018-1221-6](https://doi.org/10.1007/s00380-018-1221-6)
13. Zhang C, Yue J, Li M, Jiang W, Pan Y, Song Z, et al. Bronchial blocker versus doublelumen endobronchial tube in minimally invasive cardiac surgery. *BMC*



- Pulm Med [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];19(1):207. Disponible en: [doi: 10.1186/s12890-019-0956-x](https://doi.org/10.1186/s12890-019-0956-x)
14. Gartner-Salcedo JH. Cuidados de enfermería en el postoperatorio inmediato del paciente con trasplante cardiaco. Revisión bibliográfica [Tesis de Grado en Enfermería]. Universidad de Valladolid, España. 2017. Disponible en: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/28120>
  15. Kanzariya H, Pujara J, Keswani S, Kaushik K, Kaul V, Ronakh R, et al. Role of central venous - Arterial pCO<sub>2</sub> difference in determining microcirculatory hypoperfusion in offpump coronary artery bypass grafting surgery. Ann Card Anaesth [Internet]. 2020 [consultado 25/09/2022];23(1):20-26. Disponible en: [doi: 10.4103/aca.ACA\\_48\\_19](https://doi.org/10.4103/aca.ACA_48_19).
  16. Engelman D, Ben Ali W, Williams J, Perrault L, Reddy V, Arora R et al. Guidelines for perioperative care in cardiac surgery: enhanced recovery after surgery society recommendations. JAMA Surg [Internet]. 2019 [consultado 25/09/2022];154(8):755-66. Disponible en: [doi: 10.1001/jamasurg.2019.1153](https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.1153)
  17. Cuba-Naranjo AJ, Sosa-Remón A, Pérez-Yero Y, Lorient-Romero D. Ventilación en decúbito prono en el síndrome de dificultad respiratoria aguda del adulto por el virus SARS CoV-2. Multimed [internet]. 2021 [consultado 20/09/2022];25(5):e2454. Disponible en: <http://www.revmultimed.sld.cu/index.php/mtm/article/view/2454>
  18. Puis L, Milojevic M, Boer C, De Somer F, Gudbjartsson T, van den Goor J et al. 2019 EACTS/EACTA/EBCP guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. Interact Cardiovasc Thorac Surg [internet]. 2020 [consultado 20/09/2022];30(2):161-202. Disponible en: [doi:10.1093/icvts/ivz251](https://doi.org/10.1093/icvts/ivz251)
  19. 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 [internet]. 2016 [consultado 20/09/2022];315(8):788-800. Disponible en: [doi: 10.1001/jama.2016.0291](https://doi.org/10.1001/jama.2016.0291).



20. 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* [internet]. 2022 [consultado 20/09/2022];36(4):1169-1179. Disponible en: [doi: 10.1053/j.ivca.2021.04.024](https://doi.org/10.1053/j.ivca.2021.04.024)
21. Fischer MO, Courteille B, Guinot PG, Dupont H, Gerard JL, Hanouz JL, Lorne E, Arcothova CG. Perioperative ventilatory management in cardiac surgery: a french nationwide survey. *Medicine (Baltimore)* [internet]. 2016 [consultado 20/09/2022];95(9):e2655. Disponible en: [doi: 10.1097/MD0000000000002655](https://doi.org/10.1097/MD0000000000002655)
22. Chi D, Chen C, Shi Y, Wang W, Ma Y, Zhou R et al. Ventilation during cardiopulmonary bypass for prevention of respiratorz insuficiency: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)* [internet]. 2017 [consultado 20/09/2022];(12):e6454. Disponible en: [doi: 10.1097/MD.00000000000006454](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006454)
23. Bignami E, Guarnieri M, Saglietti F, Belletti A, Trumello C, Giambuzzi I, Monaco F, Alferi O. Different strategies for mechanical VENTilation during cardiopulmonary bypass (CPBVENT 2014). Estudy protocol for a randimized contolled trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth* [internet]. 2017 [consultado 20/09/2022];7(18):264. Disponible en: [doi: 10.1186/s13063-017-2008-2](https://doi.org/10.1186/s13063-017-2008-2).
24. Costa-Leme A, Hajjar LA, Volpe MS, Fukushima JT, de-Santis-Santiago RR et al. Effect of intensive vs moderate alveolar recruitment strategies added to lung-protective ventilation on postoperative pulmonary complications: a randomized clinical trial. *JAMA* [internet]. 2017 [consultado 20/09/2022];317(14):1422-1432. Disponible en: [doi: 10.1001/jama.2017.2297](https://doi.org/10.1001/jama.2017.2297).