

VENTILACIÓN MECÁNICA PROLONGADA POSTERIOR A CIRUGÍA DE REVASCULARIZACIÓN MIOCÁRDICA

*Prolonged Mechanical Ventilation After
Myocardial Revascularization Surgery*

Tulio Hernán Sánchez Soto

Universidad Santiago de Cali

© <https://orcid.org/0000-0003-2867-1941>

✉ tulio.sanchez00@usc.edu.co

Jorge Enrique Daza Arana

Universidad Santiago de Cali

© <https://orcid.org/0000-0002-4936-1507>

✉ jorge.daza01@usc.edu.co

Andrés David Romero Serna

Universidad Santiago de Cali

© <https://orcid.org/0000-0003-3502-227X>

✉ andres.romero02@usc.edu.co

Heiler Lozada Ramos

Universidad Santiago de Cali

Universidad de Santander UDES

© <https://orcid.org/0000-0003-1661-9564>

✉ heiler.lozada00@usc.edu.co

Resumen

La ventilación mecánica en un paciente sometido a bypass coronario generalmente es necesaria durante 1-2 días posteriores a la cirugía. Por definición la VM prolongada en pacientes con bypass coronario se define como el soporte ventilatorio mayor a 48 horas. Cuando esta

Cita este capítulo

Sánchez Soto, T. H; Romero Serna, A. D; Daza Arana, J. E; Lozada Ramos, H. (2024). Ventilación mecánica prolongada posterior a cirugía de revascularización miocárdica. En: Revascularización miocárdica: tópicos selectos para profesionales de la salud, Tomo I: fundamentos teóricos y fisiopatológicos. Lozada Ramos, H; Daza Arana, J, E. (Editores científicos) (pp. 169-205). Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2024.

se prolonga, directamente se incrementa la estancia hospitalaria, el costo del tratamiento, el riesgo de discapacidad y la disminución en la calidad de vida. Los factores asociados a VM prolongada en este grupo de pacientes incluyen: la enfermedad renal crónica, la edad avanzada, el tiempo quirúrgico, la cirugía de emergencia, puntuaciones del NYHA elevadas y la EPOC. Algunos factores de riesgo documentados con menor frecuencia son: el género femenino, la diabetes mellitus, la baja presión arterial de oxígeno previa a la cirugía, antecedentes de enfermedad cerebrovascular. El entrenamiento muscular del paciente antes del bypass coronario mejora la función respiratoria posterior a la cirugía. Igualmente, la movilización temprana es de gran utilidad al disminuir el riesgo de desacondicionamiento físico. Con ello se logra minimizar el tiempo de sedación, mantener los rangos de movilidad articular, disminuir el tiempo de ventilación mecánica y de estancia en UCI.

Palabras clave: ventilación mecánica, factores de riesgo, cirugía cardíaca (**Fuente:** MeSH).

Abstract

Mechanical ventilation in a patient undergoing coronary bypass is generally necessary for 1-2 days after surgery. Prolonged MV in patients with coronary bypass is defined as ventilatory support greater than 48 hours. When this is prolonged, the hospital stay, the cost of treatment, the risk of disability and the decrease in the quality of life are directly increased. Factors associated with prolonged MV in this group of patients include chronic kidney disease, advanced age, surgical time, emergency surgery. Elevated NYHA scores and COPD. Some less frequently documented risk factors are: female gender, diabetes mellitus, low blood pressure of oxygen prior to surgery and history of cerebrovascular disease. Muscle training of the patient prior to coronary artery bypass surgery improves respiratory function after surgery. Likewise, early mobilization is very useful as

it reduces the risk of physical deconditioning. With this, it is possible to minimize the sedation time, maintain the ranges of joint mobility, reduce the time of mechanical ventilation and stay in the ICU.

Keywords: mechanical ventilation, risk factors, cardiac surgical procedures (**Source:** MeSH).

Introducción

La ventilación mecánica (VM) constituye una opción terapéutica para diferentes condiciones respiratorias, así como un soporte vital ante el requerimiento de mantener o sustituir la función ventilatoria en un periodo posquirúrgico, como es el caso de la revascularización miocárdica (RVM). La VM en este tipo de condición presenta un tiempo promedio alrededor de 24-48 horas, lo que enmarca un punto de corte para considerar prolongado el soporte ventilatorio invasivo [1].

En este sentido, la VM prolongada (VMP) es una importante complicación en las cirugías cardíacas, la que se asocia considerablemente a mayor morbilidad y mortalidad, sin olvidar que una proporción importante de este grupo de pacientes podrían terminar requiriendo traqueostomía [1]. La necesidad de recibir VMP posterior a cirugía de RVM o bypass coronario representa para el paciente un aumento de tiempo en su estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), al igual que de estancia hospitalaria; con el consiguiente incremento en el costo del tratamiento, alta carga de discapacidad y disminución de la calidad de la vida [2].

Para la realización de este capítulo se llevó a cabo una revisión bibliográfica en el marco de un estudio monográfico, el cual desarrolló una búsqueda de evidencia científica en bases de datos relacionadas con salud como Oxford University Pres, Science Direct, PubMed, Scopus, Scielo, Access Medicine y Proquest. Para tal fin se tomaron como referencia estudios del año 2000 al 2018, los cuales incluyeron:

revisiones sistemáticas, casos y controles, estudios descriptivos y estudios de cohorte; en idiomas español, portugués e inglés. Se excluyeron investigaciones realizadas en pacientes pediátricos, en mujeres en estado de gestación y artículos no publicados en revistas científicas.

Los términos MeSH utilizados fueron: “Myocardial Revascularization”, “Prolonged Mechanical Ventilation”, “Postoperative Complications”, “Risk Factors” y “Coronary Artery Bypass”, con los operadores booleanos de AND, OR y NOT.

Definición de ventilación mecánica prolongada

La VMP se define como aquel periodo en el cual el paciente requiere un soporte ventilatorio mayor o igual a 21 días desde el inicio [3], no obstante, en pacientes sometidos a RVM la VMP se considera después de las 48 horas de suministro de soporte ventilatorio (Tabla 6.1) [1]. Aunque otros estudios definen la VMP después de 24 horas de VM en pacientes que han sido revascularizados.

En múltiples estudios los autores plantean diferentes criterios para considerar el retiro de la VM de los pacientes llevados a cirugía cardíaca [4], dentro de los cuales se encuentran:

1. Estabilidad hemodinámica.
2. No sangrado excesivo: drenaje de sangrado < 50 ml/h.
3. Paciente completamente despierto y que cumpla órdenes.
4. $PaO_2 > 70$ mmHg y $PCO_2 < 40$ mmHg con $FIO_2 < 40$ %.
5. Temperatura mayor de 36 °C.
6. pH >7.35, sin acidosis metabólica y déficit de base <3.
7. Frecuencia respiratoria >10 rpm y ≤ 25 rpm

8. Soportar tubo en T al menos 30 minutos con $\text{FiO}_2 < 40\%$
9. Volumen Tidal de 6 ml/kg
10. Presión pico $< 20 \text{ cmH}_2\text{O}$

Se han identificado algunos factores de riesgos que están relacionados con la VMP en los pacientes llevados a RVM, como son:

1. Disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) [2,5,6].
2. Enfermedad renal crónica (ERC) [7].
3. Edad avanzada [8].
4. Puntuaciones altas en la clasificación de funcionalidad New York Heart Association (NYHA) [9,10].
5. Duración del procedimiento quirúrgico [8,11].
6. La realización de una cirugía de emergencia [2,12,13].
7. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) [6,12,14].

De igual forma, otros factores se han relacionado en la evidencia científica, pero con menor frecuencia que los anteriores, tales son: el sexo femenino, la diabetes mellitus, la presión arterial de oxígeno (PaO_2) baja previo a la cirugía y personas con antecedentes de enfermedades cerebrovasculares [9,13-15].

La revisión documental reveló que la adición de otras cirugías y la disfunción muscular no tienen una significancia estadística para estar asociadas a VMP luego de una cirugía de RVM.

Tabla 6. 1. Frecuencia de VMP en pacientes sometidos a RVM

VMP en pacientes revascularizados	Población	Año / Autor
6.1 %	743	2014 / Ziae Totonchi, Farah Baazm [2].
4.0 %	2933	2011 / Kevin Christian, Amy M. Engel [9].
3.0 %	1320	2007 / Sotirios N. Prapas, Ioannis A. Panagiotopoulos [16].
6.2 %	2620	2009 / Jean-Louis Trouillet, Alain Combes [17].
3.0 %	2952	2012 / Raquel Ferrari Piotto, Fabricio Beltrame Ferreira [1].
4.5 %	4863	2001 / Paul Branca, Patricia McGaw [18].

Fuente: Elaboración propia.

Disminución de la eyección ventricular izquierda

En reposo normalmente el ventrículo izquierdo bombea 5 litros de sangre en promedio por minuto, la FEVI se considera normal cuando su valor es mayor o igual al 60 % (3 litros), niveles por debajo de este valor representan una disminución en la fracción de eyección. Una FEVI <30 % (1.5 litros) se relaciona con la necesidad de VMP debido al bajo aporte de oxígeno a los tejidos, puesto que la baja perfusión sanguínea que reciben estos no son suficientes para el correcto funcionamiento de los órganos [19].

Esta deficiencia funcional que sufre el corazón, en la que es incapaz de bombear suficiente volumen de sangre para que el ser humano pueda funcionar de forma adecuada, puede ser producida por diferentes patologías que llevan a una deficiencia en la contractibilidad del miocardio como consecuencia de disminución del flujo sanguíneo coronario, aunque también puede ser ocasionada por daño de las válvulas cardíacas, enfermedad del músculo miocárdico o cualquier

otra anomalía que repercuta de manera negativa en la función de bomba [20].

En este sentido, cuando el corazón es incapaz de bombear sangre en niveles normales, el organismo intenta mantener su funcionamiento con tres mecanismos de compensación:

1. Se activa una respuesta simpática que hará que el corazón se contraiga con más fuerza y a mayor velocidad. Se genera un aumento del tono de la mayoría de los vasos sanguíneos con el objetivo de que la sangre circulante por el organismo pueda transportarse más fácil por este e igualmente retornar al corazón [12,20].
2. Como consecuencia, el bajo flujo de sangre circulante es detectado por el riñón, activándose así el Sistema Renina Angiotensina Aldosterona (SRAA), lo que provoca aumento de la presión arterial para que el corazón pueda realizar mayor bombeo sanguíneo. Al mismo tiempo se distienden las venas, reduciéndose la resistencia venosa y permitiendo un flujo de sangre aún mayor hacia el corazón [13, 19].
3. Debido a la ley de Frank Starling, por aumento en el llenado de los ventrículos durante la fase de la diástole, el corazón puede contraerse aún con más fuerza en la sístole, aumentando así el volumen expulsado durante la fase de contracción sistólica [4].

En un estudio con una población total de 5497 mujeres sometidas a cirugía de RVM, el 6 % de las pacientes intervenidas requirieron de VMP y por tal razón la mitad necesitaron traqueostomía, identificando que todas cursaban con FEVI <30 % (OR= 4.4; IC_{95 %}=1.6-12.1; p=0.006). Además, se identificaron seis factores, que unidos a una FEVI <30 % se relacionaron con la necesidad de suministrar VMP: edad ≥ 70 años (OR=2.3; IC_{95 %}= 0.85-6.7, p=0.017), enfermedades respiratorias preexistentes (OR= 4.6; IC_{95 %}= 1.4-15.3, p=0.028), enferme-

dad renal preexistente (OR = 9.9; IC_{95 %} = 3.5-28.4, p=0.0001), cirugía de emergencia (OR= 8.3; IC_{95 %} = 3.2-21.9, p= 0.0001), reintervenciones (OR= 3.9; IC_{95 %} = 1.8-8.5, p= 0.0001) y el uso de agentes inotrópicos (OR= 83.5; IC_{95 %} = 9.7-72.3; p=0.0001). Se encontró que una FEVI <30 % acompañada de una edad >70 años eran factores que estaban estrechamente relacionados con la VMP después de una cirugía de RVM (Tabla 6.2) [14].

Al lado de ello, otro manuscrito con una muestra de 588 pacientes intervenidos con RVM encontró que 81 sujetos (13.8 %) requirieron VMP, evidenciando que la disminución en la FEVI (OR=2.95, IC_{95 %} = 1.41-5.84) sumada a otros factores, se asociaron estadísticamente con este evento. Dichos eventos relacionados fueron: la edad >65 años (OR= 6.6; p= 0.04), la disfunción renal (OR= 8.6; p= 0.04) y la baja presión parcial de oxígeno (OR= 8.3; p= 0.0001) [21].

Tabla 6.2. Frecuencia de VMP en pacientes con disminución de la FEVI

VMP en pacientes con reducción de FEVI	Población	Año / Autor
5.9 %	5497	2011 / Faritous ZS, Aghdaie N. [14]
6.9 %	2056	2011 / Ji Q, Mei Y, Wang X. [8]
13.7 %	588	2013 / Ji Q, Mei Y, Wang X. [21]

Fuente: Elaboración propia

Enfermedad Renal Crónica (ERC)

La ERC se define como la disminución de la función renal expresada por una filtración glomerular menor de 60 mililitros por minuto (ml/min) en una superficie corporal de 1.73 metros cuadrados por minuto (m²/min), la que se manifiesta en forma directa por alteraciones histológicas en la biopsia renal o en forma indirecta por marcadores

de daño renal como la creatinina, BUN, aumento de albúmina en la orina, etc. La enfermedad renal se define como crónica cuando el daño renal persiste por más de 3 meses. De forma normal la sangre entra al riñón a través de la arteria renal, la cual se va ramificando hasta llegar al glomérulo renal por medio de la arteriola aferente que se encuentra dentro de la cápsula de Bowman, hasta formar un ovillo capilar, dar paso a la filtración y salir de nuevo por vía sanguínea a través de la arteriola eferente. Cuando se produce la filtración se obtiene la orina, la que a su vez pasa por el túbulo renal, uréteres y vejiga [7,19].

Todo esto se puede medir en la denominada tasa de filtrado glomerular, la cual es normal en una persona que realice una filtración de 100-200 ml/min/1.73 m² (valores por debajo de 90 ml/min/1.73 m² se consideran anormales). Una alteración de la función renal provoca acumulación de metabolitos y agua, afectando las funciones metabólicas del organismo, ya que el riñón participa en la depuración, equilibrio sanguíneo y producción de hormonas. Estas alteraciones junto a otras comorbilidades como la hipertensión arterial, diabetes, edad avanzada y antecedentes de enfermedades cardiovasculares conducen al paciente en VM a una incapacidad para mantener la homeostasis del organismo y, por tanto, facilitar un mayor tiempo en requerimiento de soporte ventilatorio después de una cirugía de RVM (Tabla 6.3) [7,19].

Un estudio realizado con 830 pacientes intervenidos por cirugía de RVM encontró una incidencia del 5.6 % de VMP, después de un análisis multivariado se identificaron tres factores de riesgo con una alta asociación estadística: la ERC (OR 7.7, IC_{95%}, 1.3-47.6, p=0.0001), alta puntuación de escala NYHA (OR 8.2, IC_{95%}, 1.5-43.5, p=0.001) y tiempo prolongado de circulación extracorpórea (OR 3.5, IC_{95%}, (1.8-6.4, p=0.0001). El estudio recomienda a los profesionales hacer un análisis en profundidad del estado general del paciente previo a la

cirugía de RVM, con el fin de regular estas condiciones de salud y poder brindar el mayor grado de protección frente a esta complicación de la cirugía [12].

En una investigación realizada con 1315 sujetos llevados a RVM, la incidencia de VMP en los pacientes intervenidos fue de 8.5 %. En este subgrupo de pacientes se identificó que existían dos factores estadísticamente significantes como predictores de esta complicación: la ERC (OR 2.56, IC_{95%}, 2.11–3.27, p=0.001) y la disminución en la FEVI (OR 3.20, IC_{95%}, 1.80–3.26, p=0.001) [16].

En otro estudio conducido con una población total de 1056 pacientes sometidos a cirugía de válvula cardíaca con bypass coronario, 6.6 % de los pacientes requirió VMP (Tabla 6.3); los autores identificaron como su mayor factor predictor la ERC (OR 5.65, IC_{95%}, 1.42-22.48, p<0.014), junto al cual también se encontraron otros factores asociados como el accidente cerebrovascular (ACV) (OR 12.16, IC_{95%}, 5.50-18.83, p<0.001), ser intervenido de emergencia (OR 15.9, IC_{95%}, 2.68-21.20, p<0.002) y mayor tiempo de bomba (OR 3.45, IC_{95%}, 1.11-12.15, p<0.012) [22].

Tabla 6.3. Frecuencia de VMP en pacientes con enfermedad renal crónica

VMP en pacientes con ERC	Población	Año / Autor
5.6 %	830	2015 / Gumus F, Polat A, Yektas A [12].
8.5 %	1315	2009 / Trouillet J-L, Combes A [17].
6.6 %	1056	2010/ Shirzad M, Karimi A [2].

Fuente: Elaboración propia.

Edad avanzada

La protección miocárdica, el desarrollo de las técnicas quirúrgicas, la circulación extracorpórea (CEC) y el manejo anestésico han llevado

a una reducción de la morbilidad y mortalidad de los pacientes de cirugía cardíaca durante las últimas dos décadas, de igual forma en este tiempo la edad media de los adultos en países desarrollados ha aumentado. Según el último informe de la OMS (2016) murieron 17.9 millones de personas a causa de enfermedades cardiovasculares registradas, lo que corresponde al 31 % de las muertes mundiales en ese año. El riesgo de sufrir enfermedades cardíacas aumenta en paciente adultos mayores, pero es en el grupo de pacientes mayores de 65 años en el que se ha evidenciado mayor grado de complicaciones al ser intervenido quirúrgicamente del corazón [17].

Los cambios fisiológicos en las personas de edad avanzada ocurren tanto en el corazón como en los pequeños y grandes vasos sanguíneos, y se traducen en una disminución de la reserva fisiológica de los individuos. Aunque esta se pueda ver conservada en un estado de reposo, al ser sometida la persona a un aumento de los requerimientos cardíacos, como es el caso de una situación de tensión quirúrgica y anestesiológica, la limitación en la reserva cardíaca puede llegar a evidenciarse [17].

La disminución en la reserva fisiológica en pacientes revascularizados mayores de 65 años da como resultado un factor de riesgo para VMP, debido a cambios fisiológicos en los sistemas corporales principalmente del sistema cardiovascular. Dichos cambios afectan la recuperación del paciente posterior a la cirugía, lo que los lleva a requerir de soporte ventilatorio por más tiempo. Los factores más relevantes relacionados con el envejecimiento en el sistema cardiopulmonar son:

1. Sistema musculoesquelético. Debido a la sarcopenia que ocurre en el adulto mayor, la disminución de las fibras musculares se acompaña de una reducción de la fuerza de hasta un 3 % por año después de los 60 años. Se ha evidenciado que la fuerza de los músculos respiratorios no es ajena a esta condición, y que la presión transdiafragmática disminuye hasta en un 25 %, como lo demuestran los estudios [23].

2. Corazón. Al ser un órgano compuesto por fibras musculares, el envejecimiento provoca una pérdida del número de miocitos, lo que ocasiona una disminución de la fuerza contráctil del corazón, generando un descenso de la eficacia mecánica, esclerosis de las células miocárdicas, del tejido conectivo mural y de las válvulas [24].

3. Sistema respiratorio. Los cambios anatómicos y fisiológicos que sufre este sistema generan una disminución en sus capacidades funcionales al paso de los años, provocando en el adulto mayor una condición demandante ante situaciones de estrés como la cirugía de RVM. Esto se evidencia en la reducción de las capacidades y volúmenes pulmonares, lo que potencia la necesidad de mayor soporte ventilatorio para mantener un correcto funcionamiento del organismo [23].

Una investigación desarrollada por el Colegio Universitario de Londres y la Sociedad Europea de Anestesiología muestra que el 43.5 % de 5123 pacientes llevados a cirugía de RVM requirió VMP (Tabla 7.4). Los autores describen una mayor relación entre los pacientes mayores de 65 años con la VMP (OR= 1.29; p= 0.015); también describen que junto a la mayor edad se asocian la ERC (OR= 1.5; p= 0.010), EPOC (OR= 1.455; p= 0.005), cirugía de emergencia (OR= 1.628; p= 0.017), FEVI <30 % y clasificación alta de la escala NYHA (OR= 2.12; p= 0.0001) (Tabla 6.4) [25].

Un proyecto basado en la revisión de 167 historias clínicas de pacientes expuestos a RVM con una misma técnica anestésica, dividió la población en un grupo de extubación temprana (ETe) versus un grupo de extubación tardía (ETa). Luego de un análisis univariado, donde se compararon los dos grupos, se identificó la edad > 70 años como el único factor predictor para VMP {Media (M) 55.54, desviación estándar (DE) ±9.6; M 62.56, DE ±9.4; p<0.001}. Otra variable que tuvo asociación, pero de menor significancia, fue el sexo masculino/femenino (ETe 41/126; ETa 59/108; p=0.032), mientras

que otros factores sin una asociación relevante fueron: el tiempo de bomba (M 75.63, DE \pm 21.50; M 79.28, DE \pm 37.36; $p=0.27$), nivel de hematocrito (M 25.72, DE \pm 3.31; M 25.21, DE \pm 3.35, $p=0.16$) y el uso de agentes inotrópicos (ETe 104; ETa 86; $p=0.07$) [26].

Tabla 6.4. Frecuencia de pacientes ≥ 65 años en VMP

VMP en pacientes con edad ≥ 65 años	Población	Año / Autor
43.4%	5123	2009 / Cislighi F, Condemi AM. [25].
50.0%	334	2012 / Shahbazi S, Kazerooni M. [26].
58.7%	114	2011/ Giakoumidakis K., Eltheni R. [27].

Fuente: Elaboración propia.

Puntuaciones altas en la clasificación de funcionalidad New York Heart Association (NYHA)

La escala NYHA es una clasificación funcional simple para la falla cardíaca, esta clasifica los pacientes ubicándolos en categorías que van desde la I a la IV, basándose en sus limitaciones frente a la actividad física. Ella contempla la relación entre la dificultad para respirar y la angina de pecho, tal como se muestra en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Clasificación funcional de disnea New York Heart Association (NYHA)

Clase	Definición
Clase I	Sin síntomas y sin limitación en la actividad física ordinaria, por ejemplo dificultad para respirar al caminar, subir escaleras, etc.

Clase	Definición
Clase II	Síntomas leves (dificultad leve para respirar y/o angina) y ligera limitación durante la actividad ordinaria.
Clase III	Limitación marcada en la actividad debido a los síntomas, incluso durante una actividad inferior a la normal, por ejemplo caminar distancias cortas (20–100 m). Cómodo solo en reposo.
Clase IV	Limitaciones severas. Experimenta síntomas, incluso mientras está en reposo. Principalmente pacientes encamados.

Fuente: Zapolanski, A., Mak, A. W., Ferrari, G., Johnson, C., Shaw, R. E., Brizzio, M. E., & Grau, J. B. *Impact of New York Heart Association classification, advanced age and patient-prosthesis mismatch on outcomes in aortic valve replacement surgery. Interactive cardiovascular and thoracic surgery*, 2012; 15(3), 371-376.

Una alta clasificación de la escala NYHA es identificada por varios autores como un factor de riesgo asociado a la VMP en pacientes llevados a RVM, gran parte de ellos establece que una clasificación > II constituye un predictor de soporte ventilatorio prolongado en esta población [10,12,28].

Un estudio con una población total de 2933 pacientes de RVM aislada encontró como elementos de riesgo en el análisis univariado tres factores contribuyentes: los sujetos que requirieron VMP tenían una clasificación de escala NYHA entre III y IV (OR 7.01, IC_{95%} 3.05-16.13, p<0.001), sexo femenino (OR 3.5, IC_{95%} 1.77-7.04, p<0.001) y tiempo de perfusión prolongada (OR 0.99, IC_{95%} 0.99-0.99, p<0.021). Los otros dos factores no evidenciaron significancia estadística: diabetes mellitus (OR 1.7, IC_{95%} 0.92-3.44, p<0.088) e IMC alto (OR 0.98, IC_{95%} 0.94-1.04, p<0.645) [9].

Por otro lado, en una investigación que incluyó 5123 individuos sujetos a cirugía de RVM, 2211 (43.5 %) requirieron VMP, y se identificaron las siguientes condiciones como un factor de riesgo: escala NYHA > II

(OR=1.494; p<0.001), FEVI<30 % (OR=2.118; p<0.0001), ERC (OR=1.571; p<0.010), edad >65 años (OR=1.298; p<0.015) y enfermedad arterial coronaria (OR=1.581; p<0.010) [25].

En otro estudio de un total de 4357 historias clínicas de pacientes llevados a cirugía cardíaca con bypass coronario, 175 requirieron VMP (Tabla 6.6), en los cuales la escala NYHA mayor de II se identificó como factor de riesgo para VMP luego de la cirugía de RVM {68 pacientes (39 %); p<0.01}. De igual forma, se relacionaron otros 3 factores que tuvieron asociación con la VMP, como fueron: edad >65 años {94 pacientes (54 %); p<0.01}, FEVI<40 % {33 pacientes (19 %); p<0.01} y diabetes mellitus {56 pacientes (32 %); p<0.01}. El autor argumenta que estos factores y la clasificación de escala NYHA mayor a II fueron los más asociados a VMP; sin embargo, destaca que la edad mayor a 65 años y la clasificación de la escala fueron los más estrechamente relacionados en el estudio [10].

Tabla 6.6. Número de pacientes con escala NYHA Clase III-IV que requirieron VMP

VMP en pacientes con NYHA Clase III-IV	Población	Año / Autor
15.4 %	2933	2011 / Christian K, Engel AM, Smith JM [9].
43.1 %	5123	2009 / Cislighi F, Condemi A [25].
4.0 %	4357	2011 / Knapik P, Ciesla D, Borowik D [10].

Fuente: Elaboración propia.

Cirugía RVM de emergencia

La necesidad de ser intervenido de emergencia representa para el paciente coronario un estado de salud deteriorado, debido a que su bomba cardíaca no está funcionando correctamente. A lo anterior

se asocia la injuria que sufre el corazón por agudización de su enfermedad, dando como resultado una disminución de la función de bomba del corazón secundario a un proceso isquémico. Al mismo tiempo, debido a la interacción entre los sistemas principalmente pulmonar y renal, los pacientes pueden sufrir complicaciones como el edema pulmonar y la injuria renal aguda; lo que afecta el funcionamiento de otros sistemas corporales, ocasionando un deterioro en el estado hemodinámico del individuo [25, 29].

En una investigación realizada con 1617 personas sometidas a cirugía cardíaca con RVM aislada o combinada, el 4.76 % requirió VMP. Los autores reportan, en el análisis de los riesgos, una relación significativa con los pacientes que necesitaron una cirugía de emergencia (OR 8.16, IC_{95%} 2.83-23.50, $p < 0.0001$) y que presentaron falla cardíaca congestiva (OR 5.14, IC_{95%} 2.29-11.51, $p < 0.0001$), al igual que el tiempo de bypass cardiopulmonar > 80 minutos (OR 2.33, IC_{95%} 1.35-4.02, $p = 0.002$) y cursar con enfisema pulmonar (OR 20.25, IC_{95%} 1.26-326.85, $p = 0.003$) [29].

Al lado de ello, en un estudio con 1829 pacientes llevados a RVM, 157 (8.6 %) requirieron de VMP (Tabla 6.7). Los autores informan como factores de riesgo la cirugía de emergencia (OR 11.0, IC_{95%} 6.8-17.7, $p < 0.001$), acompañado de la angina de pecho inestable (OR 6.0, IC_{95%} 4.2-8.8, $p < 0.001$), FEVI < 50 % (OR 6.0, IC_{95%} 4.2-8.8, $p < 0.001$) y reintervenciones (OR 1.7, IC_{95%} 1.0-2.9, $p = 0.030$) [30]. Así mismo, un proyecto que incluyó 325 129 sujetos revascularizados encontró una frecuencia de 32 041 pacientes con VMP (9.9 %), asociando a dicha condición las personas llevadas a una cirugía de manera urgente (OR 1.05, IC_{95%} 1.03-1.06, $p < 0.0001$) y una puntuación de escala NYHA alta (OR 1.04, IC_{95%} 1.01-1.06, $p = 0.0019$) [31].

Tabla 6.7. Frecuencia de pacientes llevados a cirugía de emergencia que requirieron VMP

VMP en pacientes con Cirugía de Emergencia	Población	Año / Autor
4.7 %	1617	2012 / Siddiqui M-MA, Paras [29].
8.5 %	1829	2001 / Légaré J [30].
9.8 %	325 129	2013 / Jacobs JP, He X [31].

Fuente: Elaboración propia.

Duración del procedimiento quirúrgico

El desarrollo de métodos para proporcionar una óptima protección al corazón y los órganos han significado un gran avance para la cirugía cardíaca, con el fin de mantener su funcionalidad y que estos no sufran daños durante el tiempo en el que el organismo se encuentra en circulación extracorpórea (CEC). Se ha demostrado que un mayor tiempo de bomba o tiempo de bypass cardiopulmonar (TBCP) puede ser responsable de estimular una respuesta inflamatoria en el paciente [31]. Minimizar el TBCP es un reto importante al que se enfrenta el equipo quirúrgico al momento de una cirugía cardíaca, ya que está relacionado con una mayor morbilidad de los pacientes durante la cirugía. Los autores plantean un TBCP entre 56 minutos y 180 minutos para minimizar la incidencia de efectos adversos, este tiempo estipulado por los autores contrasta con el tiempo de aparición de isquemia definido a los 90 minutos [33]. Una de las complicaciones que se ha identificado en los pacientes que reciben un mayor TBCP es la VMP posterior a cirugía coronaria [32,34].

En un estudio de 1960 pacientes de RVM con un TBCP medio de 180 minutos se identificaron complicaciones derivadas de un mayor

tiempo como la VMP (OR 3.94; IC_{95 %}: 2.17 – 7.18, p<0.05), estaba en UCI >2 semanas (OR 1.98; IC_{95 %}: 1.05 – 3.81, p<0.01) y complicaciones postoperatorias (OR: 2.24; IC_{95 %}: 1.18 – 4.41, p<0.05). Se reportaron como complicaciones: la disfunción renal, infecciones pulmonares y gastrointestinales, complicaciones neurológicas y vasculares, y una mayor mortalidad (alrededor del 9.5%). Existe evidencia de la necesidad de incorporar el tiempo proyectado de bypass cardiopulmonar como parte de la planificación preoperatoria para pacientes que ya tienen un mayor riesgo de VPM en una cirugía de RVM. Con los avances tecnológicos hay mucho por lo que trabajar para acortar el TBCP, considerando que cada minuto bajo CEC cuenta [32].

Por su parte, una investigación con 3588 pacientes llevados a cirugías cardíacas mixtas, en la que se incluían la RVM, el 11.56 % (415) requirieron VMP. En un análisis univariado los autores encontraron una incidencia de 72.7 % de injuria renal y 62.4 % de mayor tiempo de bomba en el grupo de pacientes intervenidos que necesitaron de VMP. Posteriormente, el análisis multivariado reportó como determinantes de VMP el tiempo de bomba >120 minutos (OR 2.01, IC_{95 %}: 1.30–3.11, p <0.001), la injuria renal (OR 2.14, IC_{95 %}: 1.1–4.07, p <0.001), la sepsis (OR 2.11, IC_{95 %}: 1.1–4.07, p <0.001), la cirugía de emergencia (OR 2.29, IC_{95 %}: 1.23–3.11, p <0.001) y la falla multiorgánica (OR 16.99, IC_{95 %}: 9.33–30.94, p <0.001) [11].

En una población de 5123 pacientes expuestos a RVM se encontró que el 43.5 % (2221) requirieron de VMP (Tabla 6.8). Los autores en un análisis multivariado identificaron como factores de riesgo un TBCP >77 minutos (OR 2.03, IC_{95 %}: 1.24–2.17, p=0.002), NYHA con calificación > II (OR=1.494; p<0.001), FEVI <30 % (OR=2.12; IC_{95 %}: 1.3–7.5; p<0.0001), ERC (OR=1.58; IC_{95 %}: 1.5–6.5; p<0.010), edad >65 años (OR=1.29; IC_{95 %}: 1.0–1.8; p<0.015) y enfermedad arterial coronaria (OR=1.581; IC_{95 %}: 1.5–6.5; p<0.010) [25].

Tabla 6.8. Frecuencia de pacientes con TBCP prolongado que requirieron VMP

VMP en pacientes con TBCP prolongado	Población	Año / Autor
10.2 %	1960	2018 / Sudharsan Madhavan, Siew-Pang Chan [32].
11.5 %	3588	2018 / Fernández-Zamora MD, Gordillo-Brenes A [11].
43.5 %	5123	2009 / Cislighi F, Condemi AM [25].

Fuente: Elaboración propia.

Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)

La EPOC es una condición que si no se trata tiene un desarrollo progresivo que afecta las vías respiratorias centrales y periféricas, el parénquima y la vasculatura pulmonar. La EPOC se caracteriza por una limitación del flujo de aire espiratorio debido a una combinación de inflamación de las vías respiratorias y destrucción parenquimatosa [35,36]. La inflamación en las vías aéreas pequeñas causa obstrucción y atrapamiento de aire, lo que lleva a una hiperinsuflación dinámica, que afecta negativamente tanto la ventilación como la perfusión (V/Q) y la mecánica de los músculos respiratorios. En el enfisema la pérdida de la integridad alveolar conduce a la disminución de la movilización del aire, reducción en el capilar pulmonar y empeoramiento de la relación V/Q [35,37].

En el paciente con EPOC que ha sido sometido a una cirugía de RVM las estrategias en ventilación mecánica (VM) convencionales no suplen las necesidades basales del individuo, se debe garantizar una adecuada oxigenación que proteja al pulmón, el correcto equilibrio ácido base y una apropiada ventilación en áreas con riesgo de colapso alveolar; ya que una afectación en cualquiera de estas funciones

conllevaría a consecuencias como daño pulmonar, desequilibrio del pH, atelectasias, inestabilidad alveolar, neumonía, neumotórax y edema pulmonar, entre otras condiciones que pueden aumentar la necesidad del paciente de requerir VM [38,39].

En una investigación realizada con 800 pacientes de RVM, los autores concluyeron que el tiempo de extubación prolongado (medido en horas) se relacionó significativamente dependiendo de algunos factores: ERC (Media 17.54, DE \pm 6.29, $p=0.001$), edad <65 años (Media 59.26, DE \pm 11.60, $p=0.001$) y uso de agentes inotrópicos después de la intervención (Media 10.61, DE \pm 4.71, $p=0.003$) [40].

Otro estudio de cohorte con 2952 sujetos sometidos a cirugía de RVM mostró una frecuencia de 77 pacientes que requirieron VM mayor a 48 horas. Se determinaron como factores asociados a esta condición la EPOC (OR 3.09, IC_{95%} 1.70-5.61, $p < 0.001$), la edad >65 años (OR 1.07, IC_{95%} 1.04-1.09, $p < 0.001$), falla cardíaca (OR 3.84, IC_{95%} 1.71-8.64, $p=0.001$), duración del tiempo de bomba (OR 1.02, IC_{95%} 1.01-1.03, $p < 0.001$) y ECV preexistentes (OR 3.16, IC_{95%} 1.11-8.99, $p < 0.031$) [1].

En otra investigación realizada con 3881 pacientes llevados a cirugía de RVM, el 33.2 % reportó VMP (Tabla 6.9); encontraron principalmente cuatro factores de riesgo relacionados, como fueron la EPOC (No VMP 501/2616, 19.2 %; VMP 337/1265, 26.6 %; $p=0.001$), la diabetes mellitus (No VMP 283/2616, 10.8 %; VMP 218/1265, 17.2 %; $p < 0.0001$), historia de tabaquismo (No VMI 676/2616, 25,8 % ; VMP 427/1265, 33.8 %; $p < 0.0001$) e infarto de miocardio previo (No VMI 706/2616, 27.0 %; VMP 464/1265, 36.7 %; $p < 0.0001$) [41].

Tabla 6.9. Frecuencia de pacientes con EPOC que requirieron VMP

VMP en pacientes con EPOC	Población	Año / Autor
16.0 %	800	2015 / Rezaianzadeh A, Maghsoudi B [40].

VMP en pacientes con EPOC	Población	Año / Autor
2.6 %	2952	2012 / Piotto F, Ferreira FB A [1].
33.2 %	3881	2015/ Bartz RR, Ferreira RG [41].

Fuente: Elaboración propia.

Otros factores de riesgo relacionados con la VMP posterior a cirugía de RVM

De acuerdo con lo expuesto anteriormente podemos observar cómo los factores previos a una cirugía de RVM pueden repercutir en la incidencia de VMP. Al realizar la revisión bibliográfica también se encontraron otras variables predictoras como el sexo femenino [10,13], la diabetes mellitus [39,40], la disminución en la presión arterial de oxígeno (PaO₂) previo a la cirugía [5,19] y antecedentes de ECV [10,22]. Algunos estudios han mostrado relación con el género, como la investigación donde 1265 pacientes requirieron VMP, en la cual además de los factores estrechamente relacionados, EPOC y falla cardíaca, también se encontró relación con el sexo femenino (758 (59.9 %); p=0.0441). Así mismo, en una investigación con 588 sujetos revascularizados, donde 81 requirieron VMP, se planteó la disminución en la FEVI como el factor con mayor asociación a VMP; con evidencia de otros factores, pero sin asociación estadística [21].

Estrategias o actividades que facilitan el destete ventilatorio

El destete de la VM es una parte esencial del tratamiento y el cuidado del paciente en estado crítico, al punto que todo el proceso de liberar al paciente del ventilador desde el tubo endotraqueal hasta la programación debe ir encaminado en destetar al paciente lo más pronto posible, con el menor índice de complicaciones. Existen

numerosas estrategias que facilitan el destete del paciente, las más utilizadas hoy en día para llevar a cabo dicha desvinculación ventilatoria, en pacientes llevados a RVM, son la presión soporte, la ventilación espontánea con tubo en T, el entrenamiento de músculos respiratorios, la traqueostomía y la movilización temprana del paciente.

Entrenamiento de músculos respiratorios (EMR). A los pacientes críticamente enfermos que han requerido VMP el reposo por varios días los lleva rápidamente a sufrir de desacondicionamiento físico; dicho suceso ocurre con mayor velocidad en los músculos respiratorios debido a que la debilidad muscular tiene una progresión mayor desde la musculatura proximal hacia la distal. El diafragma, por ejemplo, responde a la VM con rápida atrofia muscular y reducción de la longitud de las fibras musculares [42]. El entrenamiento muscular respiratorio se ha establecido como una adecuada propuesta para el paciente con VMP, con el fin de mantener los volúmenes pulmonares, la higiene bronquial, la fuerza inspiratoria y espiratoria máxima, como también de prevenir la fatiga muscular respiratoria [43-45].

El entrenamiento muscular respiratorio, previo a la cirugía de bypass coronario y a todas las cirugías cardíacas en general, reporta grandes beneficios en la función respiratoria luego de la intervención quirúrgica, llevando a un adecuado destete de la VM y a una mejoría en la recuperación y en la calidad de vida [46,47].

Un estudio realizado con 276 individuos, a quienes se les realizó bypass coronario, divididos en 139 pacientes en el grupo de casos y 137 pacientes en el grupo control, se ingresaron a un programa de fortalecimiento de músculos respiratorios previo a la cirugía. La intervención fisioterapéutica consistía en un plan de entrenamiento de 7 días a la semana durante dos semanas; cada entrenamiento tuvo una duración de 20 minutos, entrenando a los pacientes al 30 % de su presión inspiratoria máxima (PIM) e incrementando la resistencia

gradualmente, basados en la percepción de la escala Borg modificada; si la percepción a esfuerzo era de 5 o menor se aumentaba 5 % la resistencia. La información estadística que presentaron los autores muestra una significancia estadística importante para considerar el entrenamiento de músculos respiratorios, previo a cirugía de bypass coronario, como un factor protector para complicaciones respiratorias (OR 1.90, IC_{95%} 1.09-3.38, $p < 0.02$), mostrando además que también hubo una reducción de un día en promedio de VM, entre los casos y controles. Los autores concluyeron que el entrenamiento de músculos respiratorios redujo la incidencia de complicaciones, el tiempo de VM y la estadía de los pacientes llevados a cirugía de RVM [46].

En otro estudio de 694 pacientes sometidos a bypass coronario, los individuos se dividieron en dos grupos de 347 pacientes, un grupo caso y uno control. El grupo control se intervino durante 15 a 30 minutos por día, durante 6 días a la semana, en un total de 2 semanas. Este grupo de pacientes se entrenó para usar un dispositivo de carga de umbral inspiratorio con una carga de 10 a 60 % de la PIM. Los resultados expuestos por los autores señalan que el grupo de entrenamiento muscular respiratorio tuvo un aumento en la PIM significativo (OR 0.55, IC_{95%} 0.03-9.20, $p < 0.001$). Este grupo de pacientes se destetó de la VM en promedio 2 días antes, en comparación con el grupo control. Los autores concluyeron que son extensos los beneficios del entrenamiento muscular respiratorio previo a la cirugía de bypass coronario, evidenciando que el tiempo de VM es menor en el grupo de personas que ingresó a un programa de fortalecimiento muscular respiratorio previo a la cirugía, frente al grupo que no recibió tal intervención [47].

Estudios con pacientes demuestran la efectividad del EMR luego de que se les realice cirugía de bypass coronario. Una investigación, donde después de 24 horas de la intervención quirúrgica los pacientes se llevaron a 2 secciones diarias de entrenamiento respiratorio,

demostró que los niveles de volumen corriente, volumen pico, fuerza inspiratoria máxima y fuerza espiratoria máxima eran mayores en los pacientes a quienes se les había realizado entrenamiento muscular respiratorio, en comparación con los individuos que iniciaron más tarde dicha intervención. Los autores concluyeron que este tipo de investigaciones refuerzan la necesidad de la asistencia del personal rehabilitador en este grupo de pacientes [48]. Otro estudio determinó que la realización de un protocolo de entrenamiento de músculos respiratorios aumenta la fuerza inspiratoria máxima de los músculos, evidenciándose cambios estadísticamente significativos al evaluar a los pacientes con la prueba de caminata de 6 minutos (Tabla 6.10) [43].

Tabla 6.10. Prescripción del EMR en pacientes de RVM

Tiempo	Intensidad	Valoración	Duración del protocolo
Pacientes previos a la intervención quirúrgica			
30 minutos.	10 % hasta el 60 % de la PIM 5 series de 10 repeticiones.	Escala de Borg. Espirómetro. Saturación de Oxígeno. Frecuencia cardíaca.	6 veces por semana durante 2 semanas previo a la cirugía.
Pacientes en ventilación mecánica posterior a las 48 horas de la cirugía			
5 minutos aumentar 5 minutos por sección hasta llegar a 30 minutos 3 veces al día.	2 a 6 series de 10 repeticiones. Del 15 al 20 % de la PIM.	Valoración parámetros ventilatorios. Valoración estado hemodinámico del paciente.	

Tiempo	Intensidad	Valoración	Duración del protocolo
Pacientes en UCI sin soporte de ventilación mecánica			
30 minutos 2 veces al día.	6 series de 10 repeticiones. Del 20 al 25 % de la PIM.	Escala de Borg. Frecuencia cardíaca. Tensión arterial. Saturación de oxígeno.	
Pacientes después de alta de la UCI y egreso del hospital.			
30 minutos.	5 a 6 series de 10 a 12 repeticiones, al 50 % de la PIM, aumentar 5 % cada semana hasta el 80 %.	Escala de Borg modificada. Espirometría.	6 veces a la semana durante 12 semanas.

Fuente: Elaboración propia.

Movilización Temprana (MT). Una de las complicaciones más incidente dentro de los pacientes que permanecen con una estancia prolongada en la UCI es el desacondicionamiento físico, el cual se encuentra presente en alrededor del 25.6 % de los pacientes que se encuentran en la unidad [49]. Dicho fenómeno lleva a los pacientes a reducción del retorno venoso, reducción de los volúmenes pulmonares, atrofia muscular, contracturas articulares y reducción en general del estado de salud del individuo. Estas alteraciones pueden generar una mayor duración de la VM, de la estancia hospitalaria y, por lo tanto, reducción del potencial rehabilitador del paciente; lo que ha llevado a algunos autores a afirmar que después de siete días de estadía en la

UCI, del 25 % al 33 % de los pacientes aumentan la debilidad muscular clínicamente evidente, con el consiguiente requerimiento de VM [50].

Diferentes estudios describen los beneficios de la movilización temprana en pacientes en la UCI, con la cual se logra la prevención de la atrofia muscular [51,52], minimizar el tiempo de sedación, mantener los rangos de movilidad articular, entre otros; pero en el paciente que ha sido sometido a cirugía de RVM, además de los beneficios ya descritos, se debe tener en cuenta cómo la movilización temprana repercute en el tiempo que el paciente se ventila. Los estudios demuestran que los pacientes revascularizados después de haber sido llevados a un proceso de rehabilitación de manera temprana (luego de veinticuatro horas de la intervención quirúrgica) mostraron una reducción no solo en el tiempo que se ventilan sino también en su tiempo de estancia en la UCI y a nivel hospitalario (entre 2-3 días) [53].

Estrategias ventilatorias para el destete ventilatorio

1. Tubo en T. Esta consiste en una prueba de destete ventilatorio con pieza en tubo en “T”, el cual aumenta la resistencia al flujo. Esta prueba se realiza con aumento progresivo del tiempo, iniciando con quince minutos cada cuatro horas hasta treinta minutos cada dos horas [54].

2. Presión soporte. Permite controlar la profundidad y frecuencia de las respiraciones del paciente al generar presiones negativas que contrarrestan la resistencia de los circuitos del ventilador y el tubo en T [54]. Generalmente el destete comienza con una presión de soporte igual a la presión meseta durante la VM. Luego se rotula la presión a la baja, de dos en dos cada treinta minutos por cada dos horas, según como lo tolere el paciente. Al alcanzar un nivel de presión de ocho cmH₂O se pasa al tubo en T, con posibilidad de extubar el paciente después, si este se mantiene estable [55].

En un estudio realizado con 28 pacientes llevados a cirugía de RVM se dividieron los pacientes en dos grupos, pacientes con presión soporte y pacientes con prueba de tubo en T. Los autores esperaban que los pacientes fueran extubados en un tiempo menor a 72 horas; tanto para la presión soporte como para el tubo en T los tiempos fueron apropiados. Los autores establecieron que los dos métodos son adecuados y estadísticamente relevantes para realizar el destete de la VM en pacientes sometidos a RVM [55].

Indicaciones de traqueotomía en pacientes sometidos a cirugía de RVM

El tiempo considerado para realizar una traqueotomía a un paciente que es dependiente del ventilador es un tiempo mayor a veinte días [56]. En el paciente coronario se ha definido que este procedimiento se debe realizar a un tiempo de dos semanas, con el fin de generar cambios que faciliten el destete de la VM, debido a que la traqueotomía reduce el tiempo de dependencia de este soporte vital y la estadía en la UCI [57].

Múltiples estudios han determinado que al realizar una traqueotomía de manera precoz se facilita el destete y se acorta el tiempo de dependencia a la VM. Un estudio estableció que un punto de corte de 10 días es el tiempo ideal para que el paciente que requiera VMP sea traqueostomizado, comparado con los pacientes a quienes se les realizó el procedimiento siguiendo el manejo convencional de 14-28 días para la cirugía cardíaca. Aquellos individuos que se intervinieron de manera temprana presentaron mejores resultados, con recuperación más rápida y menores comorbilidades, al mismo tiempo que su estadía en la UCI se redujo en un promedio de una semana [46]. Al igual que en la investigación anterior, otro estudio determinó que los pacientes traqueostomizados dentro de los primeros 14 días de su estadía en UCI tuvieron una menor tasa

de mortalidad que aquellos traqueostomizados luego de 15 días, reduciéndose la mortalidad de estos individuos entre 66–68 %, el primer y segundo año respectivamente [58].

Conclusiones

Después de realizar una extensa revisión documental y analizar los diferentes factores asociados a ventilación mecánica prolongada en pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica; la evidencia muestra que la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, la enfermedad renal crónica y una mayor duración en el tiempo de bomba, son las circunstancias más relacionadas con el requerimiento de ventilación mecánica mayor a 48 horas; de igual forma, la edad avanzada, necesitar una cirugía de emergencia, la EPOC y una puntuación alta en la escala NYHA son factores de riesgo importantes para que esta complicación se presente en los pacientes llevados a bypass coronario. Identificar cuáles son las causas de VMP en pacientes revascularizados es fundamental para el personal asistencial, ello con el fin de generar estrategias que disminuyan el tiempo de este soporte ventilatorio, reducir la morbilidad y mortalidad en dicha población.

Referencias Bibliograficas

1. Piotto R. F., Ferreira F. B., Colósimo F. C., Silva G. S. D., Sousa A. G. D., & Braile D. M. Independent predictors of prolonged mechanical ventilation after coronary artery bypass surgery. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*, 2012; 27(4), 520-528. DOI: 10.5935/1678-9741.20120093
2. Totonchi Z, Baazm F, Chitsazan M, Seifi S, Chitsazan M. Predictors of prolonged mechanical ventilation after open heart surgery. *J Cardiovasc Thorac Res*. 2014;6(4):211-6. DOI: 10.15171/jcvtr.2014.014.

3. Lone N.I., Walsh T.S. Prolonged mechanical ventilation in critically ill patients: epidemiology, outcomes and modelling the potential cost consequences of establishing a regional weaning unit. *Critical Care* 15.2 (2011): 1-10. DOI: 10.1186/cc10117.
4. Melander S, Miller S. Heart Failure: Overcoming the Physiologic Dilemma Through Evidence-Based Practice. *Nurs Clin North Am.* 2016; 51(1):13-27. DOI: 10.1016/j.cnur.2015.11.004.
5. Reddy SL, Grayson AD, Griffiths EM, Pullan DM, Rashid A. Logistic risk model for prolonged ventilation after adult cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2007; 84(2):528-36. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2007.04.002.
6. Bolzan DW, Gomes WJ, Rocco IS, Viceconte M, Nasralla MLS, Pauletti HO, et al. Early Open-Lung Ventilation Improves Clinical Outcomes in Patients with Left Cardiac Dysfunction Undergoing Off-Pump Coronary Artery Bypass: a Randomized Controlled Trial. *Brazilian journal of cardiovascular surgery.* 2016; 31(5):358-64. DOI: 10.5935/1678-9741.20160057.
7. Koyner JL, Murray PT. Mechanical ventilation and the kidney. *Blood purification.* 2010; 29(1):52-68. DOI: 10.1159/000259585.
8. Ji Q, Mei Y, Wang X, Feng J, Cai J, Ding W. Risk factors for pulmonary complications following cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *International Journal of Medical Sciences.* 2013; 10(11):1578-83. DOI: 10.7150/ijms.6904.
9. Christian K, Engel AM, Smith JM. Predictors and outcomes of prolonged ventilation after coronary artery bypass graft surgery. *Am Surg.* 2011; 77(7):942-7. DOI: 10.1177/000313481107700736.
10. Knapik P, Ciesla D, Borowik D, Czempik P, Knapik T. Prolonged ventilation post cardiac surgery--tips and pitfalls of the

- prediction game. *Journal of cardiothoracic surgery*. 2011; 6:158. DOI: 10.1186/1749-8090-6-158.
11. Fernández-Zamora MD, Gordillo-Brenes A, Banderas-Bravo E, Arboleda-Sánchez JA, Hinojosa-Pérez R, Aguilar-Alonso E, et al. Prolonged Mechanical Ventilation as a Predictor of Mortality After Cardiac Surgery. *Respiratory care*. 2018; 63(5):550-7. DOI: 10.4187/respcare.04915.
 12. Gumus F, Polat A, Yektas A, Totoz T, Bagci M, Erentug V, et al. Prolonged mechanical ventilation after CABG: risk factor analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015; 29(1):52-8. DOI: 10.1053/j.jvca.2014.09.002.
 13. Mendes RG, de Souza CR, Machado MN, Correa PR, Di Thommazo-Luporini L, Arena R, et al. Predicting reintubation, prolonged mechanical ventilation and death in post-coronary artery bypass graft surgery: a comparison between artificial neural networks and logistic regression models. *Arch Med Sci*. 2015; 11(4):756-63. DOI: 10.5114/aoms.2015.48145.
 14. Faritous ZS, Aghdaie N, Yazdanian F, Azarfarin R, Dabbagh A. Perioperative risk factors for prolonged mechanical ventilation and tracheostomy in women undergoing coronary artery bypass graft with cardiopulmonary bypass. *Saudi J Anaesth*. 2011; 5(2):167-9. DOI: 10.4103/1658-354X.82786.
 15. Ghauri SK, Javaeed A, Mustafa KJ, Khan AS. Predictors of prolonged mechanical ventilation in patients admitted to intensive care units: A systematic review. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2019;13(6):31-38. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6852505/pdf/IJHS-13-31.pdf>
 16. Prapas SN, Panagiotopoulos IA, Hamed Abdelsalam A, Kotsis VN, Protogeris DA, Linardakis IN, et al. Predictors of prolonged

- mechanical ventilation following aorta no-touch off-pump coronary artery bypass surgery. *European Journal of Cardio- Thoracic Surgery*. 2007; 32(3): 488-92. DOI: 10.1016/j.ejcts.2007.05.025.
17. Trouillet J-L, Combes A, Vaissier E, Luyt C-E, Ouattara A, Pavie A, et al. Prolonged mechanical ventilation after cardiac surgery: Outcome and predictors. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009; 138(4):948-53. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.05.034.
 18. Branca P, McGaw P, Light R. Factors associated with prolonged mechanical ventilation following coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2001;119(2):537-46. DOI: 10.1378/chest.119.2.537.
 19. Domenech, R. J., & Parra, V. M. Contractilidad ventricular: Fisiología y proyección clínica. *Revista médica de Chile* 2016; 144(6), 767-771. DOI: 10.4067/S0034-98872016000600012.
 20. Guyton A. Hall J. *Tratado de fisiología médica*. 14ª Edición. Estados Unidos: Elsevier; 2021.
 21. Ji Q, Duan Q, Wang X, Cai J, Zhou Y, Feng J, et al. Risk factors for ventilator dependency following coronary artery bypass grafting. *International Journal of Medical Sciences*. 2012; 9(4):306-10. DOI: 10.7150/ijms.4340.
 22. Shirzad M, Karimi A, Ahmadi SH, Marzban M, Tazik M, Aramin H. Predictors and early outcome of prolonged mechanical ventilation in contemporary heart valve surgery. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2010; 74(1):22-7. DOI: 10.4081/monaldi.2010.276.
 23. Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical interventions in aging*. 2006; 1(3):253-60. DOI: 10.2147/ciia.2006.1.3.253.
 24. Nicolini F, Agostinelli A, Vezzani A, Manca T, Benassi F, Molardi A,

- et al. The evolution of cardiovascular surgery in elderly patient: a review of current options and outcomes. *BioMed research international*. 2014; (2014): 736298. DOI: 10.1155/2014/736298.
25. Cislighi F, Condemi AM, Corona A. Predictors of prolonged mechanical ventilation in a cohort of 5123 cardiac surgical patients. *Eur J Anaesthesiol*. 2009; 26(5): 396-403. DOI: 10.1097/EJA.0b013e3283232c69.
 26. Shahbazi S, Kazerooni M. Predictive factors for delayed extubation in the intensive care unit after coronary artery bypass grafting; a southern Iranian experience. *Iran J Med Sci*. 2012; 37(4):238-241. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3565196/pdf/IJMS-37-238.pdf>
 27. Giakoumidakis, K., Eltheni, R., Brokalaki, H., Galanis, P., Nenekidis, I., & Fildissis, G. Preoperative and intraoperative risk factors for prolonged mechanical ventilation among cardiac surgery patients. *Health science journal*, 2011; 5(4), 297-305. Disponible en: <http://hypatia.teiath.gr/xmlui/handle/11400/1319>
 28. Saleh HZ, Shaw M, Al-Rawi O, Yates J, Pullan DM, Chalmers JAC, et al. Outcomes and predictors of prolonged ventilation in patients undergoing elective coronary surgery†. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2012; 15(1):51-6. DOI: 10.1093/icvts/ivs076
 29. Siddiqui M-MA, Paras I, Jalal A. Risk factors of prolonged mechanical ventilation following open heart surgery: what has changed over the last decade? *Cardiovascular diagnosis and therapy*. 2012; 2(3): 192-9. DOI: 10.3978/j.issn.2223-3652.2012.06.05.
 30. Légaré, J. F., Hirsch, G. M., Buth, K. J., MacDougall, C., & Sullivan, J. A. Preoperative prediction of prolonged

- mechanical ventilation following coronary artery bypass grafting. *European journal of cardio-thoracic surgery*, 2001; 20(5): 930-936. DOI: 10.1016/S1010-7940(01)00940-X.
31. Jacobs J. P., He, X., O'Brien S. M., Welke, K. F., Filardo, G., Han J. M., Shahian, D. M, et al. Variation in ventilation time after coronary artery bypass grafting: an analysis from the society of thoracic surgeons adult cardiac surgery database. *The Annals of thoracic surgery*, 2013; 96(3), 757-762. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2013.03.059.
32. Madhavan, S., Chan, S. P., Tan, W. C., Eng, J., Li, B., Luo, H. D., & Teoh, L. K. Cardiopulmonary bypass time: every minute counts. *The Journal of cardiovascular surgery*, 2017; 59(2), 274-281. DOI: 10.23736/s0021-9509.17.09864-0.
33. Shultz, B., Timek, T., Davis, A. T., Heiser, J., Murphy, E., Willekes, C., & Hooker, R. Outcomes in patients undergoing complex cardiac repairs with cross clamp times over 300 minutes. *Journal of cardiothoracic surgery*, 2016; 11(1), 1-8. DOI: 10.1186/s13019-016-0501-4.
34. Salis, S., Mazzanti, V. V., Merli, G., Salvi, L., Tedesco, C. C., Veglia, F., Sisillo, E. Cardiopulmonary bypass duration is an independent predictor of morbidity and mortality after cardiac surgery. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 2008; 22(6), 814-822. DOI: 10.1053/j.jvca.2008.08.004.
35. Lumb A, Biercamp C. Chronic obstructive pulmonary disease and anaesthesia. *BJA Education*. 2013; 14(1):1-5. DOI: 10.1093/bjaceaccp/mkt023.
36. Mowery NT. Ventilator Strategies for Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Acute Respiratory Distress Syndrome. *Surg Clin North Am*. 2017; 97(6):1381-97. DOI: 10.1016/j.suc.2017.07.006.

37. Ho CH, Chen YC, Chu CC, Wang JJ, Liao KM. Postoperative Complications After Coronary Artery Bypass Grafting in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Medicine (Baltimore)*. 2016; 95(8):e2926. DOI: 10.1097/MD.0000000000002926.
38. García Vicente E, Sandoval Almengor JC, Diaz Caballero LA, Salgado Campo JC. Invasive mechanical ventilation in COPD and asthma. *Med Intensiva*. 2011; 35(5):288-98. DOI: 10.1016/j.medin.2010.11.004.
39. Cruz, V. E. R., Palacios, L. P. T., Adriano, M. P. C., Lozada, E. M. V., Quingatuña, D. E. E., Reyes, E. P. B., Ruiz, G. B. F., et al. Explorando la fisiopatología de la lesión pulmonar inducida por ventilación mecánica. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 2020; 39(1): 5-8. DOI: 10.5281/zenodo.4064922.
40. Rezaianzadeh A, Maghsoudi B, Tabatabaee H, Keshavarzi S, Bagheri Z, Sajedianfard J, et al. Factors associated with extubation time in coronary artery bypass grafting patients. *PeerJ*. 2015; 3(2015):e1414. DOI: 10.7717/peerj.1414.
41. Bartz RR, Ferreira RG, Schroder JN, Davies J, Liu W-W, Camara A, et al. Prolonged pulmonary support after cardiac surgery: incidence, risk factors and outcomes: a retrospective cohort study. *Journal of Critical Care*. 2015; 30(5):940-4. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.04.125.
42. Elkins M, Dentice R. Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*. 2015; 61(3):125-34. DOI: 10.1016/j.jphys.2015.05.016.
43. Cordeiro, A. L. L., Melo, T. A. D., Neves, D., Luna, J., Esquivel, M. S., Guimarães, A. R. F., Petto, J., et al. Inspiratory muscle

- training and functional capacity in patients undergoing cardiac surgery. *Brazilian journal of cardiovascular surgery*, 2016; 31(2016): 140-144. DOI: 10.5935/1678-9741.20160035.
44. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. *Thorax*. 2016; 71(9):812–819. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-208279.
45. Ahmed S, Martin AAD, Smith BK. Inspiratory Muscle Training in Patients with Prolonged Mechanical Ventilation. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2019; 30(1):44–50. DOI: 10.1097/CPT.0000000000000092.
46. Hulzebos EHJ, Helders PJM, Favié NJ, De Bie RA, Brutel de la Riviere A, Van Meeteren NLU. Preoperative Intensive Inspiratory Muscle Training to Prevent Postoperative Pulmonary Complications in High-Risk Patients Undergoing CABG Surgery. *JAMA* 2006; 296(15): 1851-1857. DOI: 10.1001/jama.296.15.1851.
47. Katsura, M., Kuriyama, A., Takeshima, T., Fukuhara, S., & Furukawa, T. A. Preoperative inspiratory muscle training for postoperative pulmonary complications in adults undergoing cardiac and major abdominal surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015; (10). DOI: 10.1002/14651858.CD010356.pub2.
48. Barros GF, Santos C da S, Granado FB, Costa PT, Límaco RP, Gardenghi G. Treinamento muscular respiratório na revascularização do miocárdio. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2010; 25(4):483–490. DOI: 10.1590/S0102-76382010000400011.
49. Wilches-Luna EC, Muñoz Arcos VE, Girón E, Ortega D, Arias M,

- Peláez G, et al. Implementación de un programa de movilización temprana en pacientes críticos. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2015; 15(4):287–292. DOI: 10.1016/j.acti.2015.08.003.
50. Charry-Segura, D., Lozano-Martínez, V., Rodríguez-Herrera, Y., Rodríguez-Medina, C., & Mogollón, P. Early mobilization, duration of mechanical ventilation and stay in intensive care. *Revista de la Facultad de Medicina*, 2016; 61(4), 373-379. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v61n4/v61n4a6.pdf>
51. Mendez-Tellez PA, Needham DM. Early Physical Rehabilitation in the ICU and Ventilator Liberation. *Respiratory Care*. 2012; 57(10):1663–1669. DOI: 10.4187/respcare.01931.
52. Clarissa C, Salisbury L, Rodgers S, Kean S. Early mobilisation in mechanically ventilated patients: a systematic integrative review of definitions and activities. *Journal of Intensive Care*. 2019; 7(1): 1-19. DOI: 10.1186/s40560-018-0355-z.
53. Dong Z, Yu B, Zhang Q, Pei H, Xing J, Fang W, et al. Early Rehabilitation Therapy Is Beneficial for Patients With Prolonged Mechanical Ventilation After Coronary Artery Bypass Surgery. *International Heart Journal*. 2016; 57(2):241–246. DOI: 10.1536/ihj.15-316.
54. Fot EV, Izotova NN, Yudina AS, Smetkin AA, Kuzkov VV, Kirov MY. Automated Weaning from Mechanical Ventilation after Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *Frontiers in Medicine*. 2017; (4): 31. DOI: 10.3389/fmed.2017.00031.
55. Lourenço, I. S., Franco, A. M., Bassetto, S., Rodrigues, A. J. Pressure support-ventilation versus spontaneous breathing with "T-Tube" for interrupting the ventilation after cardiac operations. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*,

2013; 28(2013), 455-461. DOI: 10.5935/1678-9741.20130075.

56. Egea-Santaolalla, C. J., Vives, E. C., Lobato, S. D., Mangado, N. G., Tomé, M. L., San Andrés, O. M. Ventilación mecánica a domicilio. *Open Respiratory Archives*, 2020; 2(2), 67-88. DOI: 10.1016/j.opresp.2020.02.007.
57. Devarajan J, Vydyanathan A, Xu M, Murthy SM, McCurry KR, Sessler DI, et al. Early Tracheostomy Is Associated with Improved Outcomes in Patients Who Require Prolonged Mechanical Ventilation after Cardiac Surgery. *Journal of the American College of Surgeons*. 2012; 214(6):1008–1016. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2012.03.005.
58. Ben-Avi R, Ben-Nun A, Levin S, Simansky D, Zeitlin N, Sternik L, et al. Tracheostomy After Cardiac Surgery: Timing of Tracheostomy as a Risk Factor for Mortality. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2014; 28(3):493– 496. DOI: 10.1053/j.jvca.2013.10.031.