

# ESTADO DEL ARTE SOBRE VENTILACION MECANICA (VM) PROLONGADA POSTERIOR CIRUGIA DE REVASCULARIZACION CORONARIA 2015-2019

*Tulio Hernán Sánchez Soto*

*Estudiante de Fisioterapia*

*Decimo Semestre*

## **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 tiempo posquirúrgico como es el caso de la revascularización miocárdica. La VM en este tipo de condición presenta un promedio alrededor de 2 días que corresponde a un tiempo de 48 horas lo que enmarca un punto de corte menor para considerar prolongado el soporte ventilatorio<sup>14</sup>.

En este sentido, la ventilación mecánica prolongada (VMP) es una importante complicación en las cirugías cardíacas, que está considerablemente asociada a morbilidad y mortalidad, un número importante de pacientes que requieren VMP son sometidos a traqueotomía <sup>1</sup>. La necesidad de recibir ventilación mecánica posterior a cirugía de revascularización coronario miocárdica (RVM) o bypass coronario representa para el paciente un aumento del tiempo de su estadía en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), y hospitalaria, al igual que incremento en el costo de tratamiento, alta carga de discapacidad y disminución de la calidad de la vida <sup>2</sup>.

Para la realización de este capítulo se llevó a cabo una revisión bibliográfica en bases de datos relacionadas con salud como Oxford University Press, Science Direct, PubMed, Access Medicine y Proquest donde se tomó como referencia estudios con 18 años desde su realización, revisiones sistemáticas, estudio casos y controles, estudios de cohortes, estudios observacionales, en diferentes idiomas al español. Se excluyeron estudios

realizados en pacientes pediátricos, en mujeres en estado de gestación y artículos no publicados en revistas científicas.

## DEFINICIÓN DE VENTILACIÓN MECÁNICA PROLONGADA

La ventilación mecánica prolongada se define como aquel periodo en el cual el paciente requiere un soporte ventilatorio mayor o igual a 21 días, desde el inicio de soporte ventilatorio <sup>3</sup>; mientras en pacientes sometidos a RVM la ventilación mecánica prolongada es considera después de las 48 horas de suministro de soporte ventilatorio <sup>1</sup>.

En múltiples estudios los autores plantean diferentes criterios para considerar el retiro de la ventilación mecánica de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca <sup>17, 28</sup>.

**Tabla 1.** Criterios para el retiro de la ventilación mecánica.

Criterios para retiro de la ventilación mecánica en pacientes des pues de una revascularización miocárdica.	
Parámetros n° 1.	Parámetros n° 2.
Estabilidad hemodinámica	Estabilidad hemodinámica
Drenaje de sangrado < 50ml/hr	No sangrado excesivo
Completamente despierto y que cumpla ordenes	Paciente completamente alerta
Presión parcial de O <sub>2</sub> > 12 Kpa (90 mmHg)con FiO <sub>2</sub> de 0,5%	PaO <sub>2</sub> > 70mmHg-PCO <sub>2</sub> < 40mmHg con FiO <sub>2</sub> < 40%
Temperatura mayor de 36°C	pH > 7,35, No acidosis metabólica
Déficit de base menor de 3	Frecuencia respiratoria ≤25/min
Frecuencia respiratoria mayor de 10/min	Soportar tubo en T al menos 30 minutos con FiO <sub>2</sub> menor de 40%
	Volumen Tidal de 6ml/Kg
	Presión pico < de -20cmH <sub>2</sub> O

Fuente: 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

Se han identificado algunos factores de riesgos que están relacionados con la ventilación mecánica prolongada como son:

- **Disminución de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI)** <sup>2, 4, 5</sup>.
- **Enfermedad renal crónica** <sup>6</sup>.
- **Edad avanzada** <sup>7</sup>.

- **Puntuaciones altas en la clasificación de funcionalidad New York Heart Association (NYHA)** <sup>8,9</sup>.
- **Duración de procedimiento** <sup>7,10</sup>.
- **La realización de una cirugía de bypass coronario de emergencia** <sup>2,11,12</sup>.
- **Enfermedad pulmonar obstructiva crónica** <sup>5, 11, 13</sup>.

De igual manera otros factores se han relacionado en la evidencia científica, pero con menor frecuencia que los anteriores como el sexo femenino, la diabetes mellitus, presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) bajo previo a la cirugía y personas con antecedentes de enfermedades cerebrovasculares <sup>8,12, 13</sup>.

La revisión documental revela que la adicción de otras cirugías y la disfunción muscular no tienen una significancia estadística para estar asociada a ventilación mecánica prolongada posterior a cirugía de revascularización miocárdica.

**Tabla 2.** Frecuencia de ventilación mecánica prolongada en pacientes sometidos a revascularización miocárdica.

VMP en pacientes revascularizados	Población	Tipo de estudio	Año / Autor
6.1%	743	Estudio observacional	2014 / Ziae Totonchi, Farah Baazm <sup>2</sup> .
4%	2933	Estudio de cohorte	2011 / Kevin Christian, Amy M. Engel <sup>8</sup> .
3%	1320	Estudio observacional	2007 / Sotirios N. Prapas, Ioannis A. Panagiotopoulos <sup>18</sup> .
6.2%	2620	Estudio observacional	2009 / Jean-Louis Trouillet, Alain Combes <sup>19</sup> .
3%	2952	Estudio de cohorte	2012 / Raquel Ferrari Piotto, Fabricio Beltrame Ferreira <sup>1</sup> .
4.52%	4863	Estudio de análisis retrospectivo	2001 / Paul Branca, Patricia McGaw <sup>20</sup> .

Fuente: *Elaboración propia.*

## DISMINUCIÓN DE EYECCIÓN VENTRICULAR

Normalmente el ventrículo izquierdo bombea 5 litros de sangre en promedio por minuto en reposo, la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) se considera normal cuando su valor es mayor o igual al 60% (3 litros), niveles por debajo de este valor representa una disminución en la fracción de eyección. Una FEVI < 30% (1.5 litros) se relaciona con la necesidad de los pacientes de recibir VMP debido al bajo aporte de oxígeno a los tejidos, ya que la baja perfusión sanguínea que reciben estos no son suficientes para el correcto funcionamiento de los órganos <sup>16</sup>.

Esta deficiencia funcional que sufre el corazón en la que es incapaz de bombear suficiente volumen de sangre como para que el organismo del ser humano pueda funcionar de forma adecuada, puede ser producida por diferentes patologías en las que se encuentran deficiente de la contractibilidad del miocardio como consecuencia de disminución del flujo sanguíneo coronario, puede ocurrir también por daño de las válvulas cardiacas, enfermedad del músculo miocárdico o cualquier otra anomalía que repercute de manera negativa en el funcionamiento de bombeo del corazón <sup>15</sup>.

Cuando el corazón es incapaz de bombear sangre en niveles normales que son 5 l/min, el organismo intenta mantener su funcionamiento con tres mecanismos de compensación:

- ✓ **Primero:** 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 fin que la sangre circundante por el organismo pueda transportarse más fácil por este y retornar al corazón <sup>11, 15</sup>.
- ✓ **Segundo:** Como consecuencia al bajo flujo de sangre circulante en el cuerpo el cual es detectado por el riñón se activa el Sistema Renina Angiotensina Aldosterona (SRAA), provocando aumenta la presión arterial para que el corazón pueda bombear más sangre <sup>16</sup>, al mismo tiempo se distienden las venas, lo que reduce la resistencia venosa y permite un flujo de sangre aún mayor hacia el corazón <sup>12, 16</sup>.
- ✓ **Tercero:** Debido a la ley de Frank Starling el corazón por un aumento de llenado de los ventrículos en la fase de la diástole puede contraerse con aún más fuerza en la

sístole aumentando así el volumen expulsado durante la fase de contracción sistólica  
27.

Un estudio con una población total de 5497 mujeres sometidas a cirugía de revascularización miocárdica, el 6% de las pacientes intervenidas requirieron de VMP adicional a esto la mitad de estas pacientes necesitaron ser traqueostomizadas, se identificó que todas cursaban con FEVI <30% OR= 4.4; IC<sub>95%</sub>=1.6-12.1; p=0.006; y OR = 2.2; p=0.041 respectivamente. Inicialmente se compara las características del grupo que requirió de VMP versus quienes no requirieron de VMP el estudio demostró que el peso no significó una diferencia considerable entre el grupo de mujeres que requirió VMP y las que no lo requirieron (66.5 ± 11.4 kg en el grupo de VMP vs. 70 ± 10.7 kg en el grupo control; p=0.218), al igual que la altura mostró no una diferencia significativa (158 ± 4.5 cm en el grupo de VMP vs. 152 ± 6.1 cm en el grupo control; p=0.182); de igual forma el índice de masa corporal (IMC) no reveló una diferencia significativa (IMC; 30.3 ± 4.5 en el grupo de VMP vs. 28.7 ± 4.2 en el grupo control ; p = 0.13). En este estudio se identificaron 6 factores que juntos a una FEVI <30 fueron relacionados con la necesidad de suministrar ventilación mecánica prolongada entre las pacientes de VMP y traqueostomizadas, estos factores son: Edad ≥ 70 años (OR = 2.3; IC<sub>95%</sub>=0.85-6.7, 0.85-6.7; P = 0.017; y OR = 3.6; p= 0.05), enfermedades respiratorias preexistentes (OR = 4.6; IC<sub>95%</sub>=1.4-15.3, 1.4-15.3; p=0.028; y OR = 6.3; p=0.032), enfermedad renal preexistente (OR = 9.9; IC<sub>95%</sub>=3.5-28.4, 3.5-28.4; p=0.0001; y OR = 9.2; p=0.003), cirugía de emergencia (OR = 8.3; IC<sub>95%</sub>=3.2-21.9, 3.2-21.9; p= 0.0001; y OR = 4.7; p= 0.032), re-intervenciones (OR = 3.9; IC<sub>95%</sub>=1.8-8.5, 1.8-8.5; p= 0.0001; y OR = 3.8; p=0.016) y por último el uso de agentes inotrópicos (OR = 83.5; IC<sub>95%</sub>=9.7-72.3, 9.7-72.3; p=0.0001; y OR = 53.1; p=0.0001) . Este estudio demuestra que una FEVI <30% acompañada de una edad > 70 años de edad son factores que están estrechamente relacionados con la ventilación mecánica prolongada posterior a una cirugía de RVM <sup>13</sup>.

En otro artículo los autores muestran que de 588 pacientes intervenidos 81 pacientes requirieron VMP (OR= 5.1; p= 0.002), demostraron en este estudio que hubieron factores que sumados con una disminución en la FEVI se asocian a ventilación mecánica prolongada; como la edad por encima de 65 años (OR= 6.6; p= 0.04), la disfunción renal

(OR= 8.6; p= 0.04) y baja presión parcial de oxígeno (OR= 8.3; p= 0.0001), en este estudio estos cuatro fueron los principales factores de riesgo relacionados ventilación mecánica prolongada (ventilación mecánica mayor a 48 horas) después de la RVM <sup>17</sup>.

En un estudio en una población de 588 pacientes sometidos a cirugía de RVM el 13.77% requirió de ventilación mecánica prolongada, un análisis detallado de las variables tenidas en cuenta como factores de riesgos asociados a VMP y con un valor p<0.01 se identificaron que la disminución de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo fue la principal razón de esta complicación (OR=2.95, IC<sub>95%</sub>=1.41-5.84), de igual manera identificaron otros factores íntimamente relacionados que fueron; Personas mayores de 65 años de edad (OR=3.31, IC<sub>95%</sub>=1.71-7.13), disminución de la PaO<sub>2</sub> de forma preoperatoria (OR=0.67, IC<sub>95%</sub>=0.33-0.85), duración prolongada del procedimiento de derivación cardio pulmonar o bypass cardiopulmonar (BCP) (OR=3.15, IC<sub>95%</sub>=1.55-6.21) y falla renal de forma postoperatoria (OR=3.21, IC<sub>95%</sub>=1.91-6.67). Este estudio se determinó que estos factores de riesgos que están relacionados con la VMP en pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica, de igual forma demuestra relación de estos factores de riesgo con complicaciones que aumentan la morbilidad y mortalidad en los pacientes <sup>7</sup>.

**Tabla 3. Número de pacientes con disminución de la FEVI que requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
5497	327 (5.9%)	Estudio observacional	2011 / Faritous ZS, Aghdaie N <sup>13</sup> .
2056	143 (6.9%)	Estudio observacional	2011 / Ji Q, Mei Y, Wang X <sup>7</sup> .
588	81 (13.7%)	Estudio observacional	2013 / Ji Q, Mei Y, Wang X <sup>17</sup> .

Fuente: Elaboración propia

## ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA.

La enfermedad renal crónica (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 ( $m^2/min$ ) y es manifestada 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 albumina al nivel de la orina y se define que es crónica la enfermedad renal cuando se hace referencia a que el daño renal es mayor a 3 meses. La sangre entra al riñón a través de la arteria renal y esta se va dividiendo hasta llegar al glomérulo renal por la arteriola aferente que está adentro de la capsula de Bowman hasta formar un ovillo capilar y da paso a la filtración, hasta salir de nuevo por vía sanguínea a través de la arteriola eferente, cuando se da la filtración lo que es expulsado en forma de orina pasa por el túbulo renal, que posteriormente va dar paso a hacia los uréteres para ser expulsada del sistema urinario<sup>6,16</sup>.

Todo esto es lo que podemos definir como tasa de filtrado glomerular y es normal en una persona que realice una filtración de 100-200 ml /min /1,73m<sup>2</sup> y se habla cuando hay un filtrado glomerular anormal o daño renal cuando los valores están por debajo de 90ml/min/1,73m<sup>2</sup>. Una alteración en la función renal provoca una acumulación de metabolitos y agua lo que afecta las funciones metabólicas del organismo ya que el riñón es el encargado de la limpieza, equilibrio de la sangre y producción de hormonas en el organismo, estas alteraciones junto a otras comorbilidades hipertensión arterial, diabetes, edad avanzada y antecedentes de enfermedades cardiovasculares, conducen al paciente en ventilación mecánica a una incapacidad de mantener la homeostasis del organismo debido a estas diversas alteraciones lo que lleva al paciente a una mayor tiempo en requerimiento de VMP después de una cirugía de revascularización miocárdica<sup>6,16</sup>.

Un estudio realizado con 830 pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica, los autores encontraron una incidencia del 5.6% de VMP, después de un análisis multivariado los autores identificaron tres factores de riesgo con una alta asociación estadística significativa; enfermedad renal crónica (OR 7.7, IC<sub>95%</sub>, 1.3-47.6, p 0.0001), alta puntuación de escala NYHA (OR 5 8.2, IC<sub>95%</sub>, 1.5-43.5, p 0.001) y tiempo

prolongado de circulación extracorpórea (OR 5 3.5, IC<sub>95%</sub>, (1.8-6.4, p 0.0001), los autores descartaron por no tener estadísticamente significancia factores como haber sufrido de un evento cerebro vascular previo, cursar por un proceso infeccioso y enfermedades gastrointestinales. El estudio concluye definiendo que la VMP posterior a RVM está asociada a enfermedad renal crónica como mayor predisponente, seguido de una alta puntuación de escala NYHA y un mayor tiempo de bomba, también sugiere a los profesionales hacer un análisis a profundidad del estado general del paciente previo a la cirugía de RVM con el fin de regular estas condiciones de salud para brindarle al paciente el mayor grado de protección frente a esta complicación de la cirugía<sup>11</sup>.

En un estudio realizado con 1.315 sujetos sometidos a RVM, la incidencia de VMP fue de 8.5% de los pacientes intervenidos, en estos pacientes los cuales requirieron un tiempo mayor de ventilación mecánica se identificó que existían dos factores estadísticamente significantes como predictores de esta complicación; La enfermedad renal crónica (OR 2.56, IC<sub>95%</sub>, 2.11–3.27, p 0.001) y la disminución en la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (OR 3.20, IC<sub>95%</sub>, 1.80–3.26, p 0.001), no identificaron una significancia estadística entre la ventilación mecánica prolongada y factores como la altura y el índice de masa corporal, los autores definen en que la necesidad de identificar y controlar los factores que pueden llevar a los paciente de cirugía de bypass coronario a complicaciones como la VMP es la clave del éxito de la cirugía en el paciente y su recuperación<sup>19</sup>.

En otro estudio conducido con una población total de 1.056 pacientes sometidos a cirugía de válvula cardiaca con bypass coronario, 6.6% de los pacientes requirió de ventilación mecánica de forma prolongada, los autores identificaron como mayor factor predictor de VMP la falla renal crónica (OR 5.65, IC<sub>95%</sub>, 1.42-22.48, p 0.014), junto a este también encontraron otros factores asociados como accidente cerebro vascular (OR 12.16, IC<sub>95%</sub>, 5.50-18.83, p<0.001), ser intervenido de emergencia (OR 15.9, IC<sub>95%</sub>, 2.68-21.20, p<0.002), mayor tiempo de bomba (OR 3.45, IC<sub>95%</sub>, 1.11-12.15, p<0.012), los autores no encontraron estadísticamente significativo el IMC alto y tampoco la realización de cirugías cardiacas mixtas, los autores concluyen asociando todas las comorbilidades

estadísticamente significantes con un aumento de la morbilidad de los pacientes llevándolos a ventilación mecánica de forma prolongada<sup>39</sup>.

**Tabla 4. Número de pacientes con enfermedad renal crónica que requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
830	46 (5.6%)	Estudio de cohorte	2015 / Gumus F, Polat A, Yektas A, <sup>11</sup> .
1315	112 (8.5%)	Estudio de cohorte	2009 / Trouillet J-L, Combes A <sup>19</sup> .
1056	70 (6.6%)	Estudio análisis retrospectivo	2010/ Shirzad M, Karimi A <sup>39</sup> .

*Fuente: Elaboración propia.*

## **EDAD AVANZADA**

La protección miocárdica, el desarrollo de las técnicas quirúrgicas, la circulación extracorpórea y el manejo anestésico han llevado a una reducción de la morbilidad y mortalidad de los pacientes de cirugía cardíaca en 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 en 2016 murieron 17.9 millones de personas a causa de enfermedades cardiovasculares registradas, lo que corresponde al 31% de las muertes mundo en ese año, el riesgo de sufrir enfermedades cardíaca aumentan en paciente adultos mayores pero es en pacientes mayores de 65 años que se ha evidenciado mayor grado de complicaciones al ser intervenido quirúrgicamente del corazón <sup>21</sup>.

Los cambios fisiológicos en las personas de edad avanzada ocurren en el corazón como en los pequeños y grandes vasos sanguíneos, se traducen en una disminución de la reserva fisiológicas 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 del corazón, situación de tensión quirúrgica y anestesiológica la limitación en la reserva cardíaca puede evidenciarse <sup>21</sup>.

La disminución en la reserva fisiológica en pacientes mayores de 65 años de edad resulta en un factor de riesgo para ventilación mecánica prolongada en pacientes revascularizados, 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 lleva a los pacientes a requerir de VMP, los factores relacionados con el envejecimiento en el sistema cardiopulmonar más relevantes son:

- ✓ **Sistema músculo esquelético:** Debido a la sarcopenia que ocurre en el adulto mayor la disminución de las fibras musculares se acompaña de una disminución de la fuerza de hasta en 3% por año después de los 60 años <sup>23</sup>, 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 <sup>22</sup>.
- ✓ **Corazón:** Al ser un órgano compuesto por fibras musculares el envejecimiento provoca en este pérdida de número de miocitos que resulta en una disminución de la fuerza contráctil del corazón, lo que resulta en un descenso de la eficacia mecánica y contráctil, el endurecimiento de las células miocárdicas, tejido conectivo mural y de las válvulas <sup>21</sup>.
- ✓ **Sistema respiratorio:** Los cambios tanto anatómicos y fisiológicos que sufre el sistema respiratorio generan una disminución en sus capacidades funcionales al paso de los años, provocando que para el adulto mayor una situación demandante como después de una cirugía de revascularización miocárdica, las necesidades metabólicas no sean suplidas por el propio individuo requiriendo de ventilación mecánica de manera prolongada para mantener un correcto funcionamiento de organismo <sup>22</sup>.

Un estudio realizado en el Colegio Universitario de Londres y publicado en el 2009 por la Sociedad Europea de Anestesiología, muestra que de 5123 pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica el 43.5% requirió de ventilación mecánica prolongada, los autores describen una mayor relación entre los pacientes mayores de 65 años de edad con el requerimiento de VMP (OR= 1.298; IC<sub>95%</sub>=1.018; p= 0.015), también describen que junto a la mayoría de edad se asocian la falla renal crónica (OR= 1.581; IC<sub>95%</sub>=1.565 ; p= 0.010), enfermedad pulmonar obstructiva crónica (OR= 1.455; IC<sub>95%</sub>=1.693; p= 0.005), cirugía de emergencia (OR= 1.628; IC<sub>95%</sub>=1.515 ; p= 0.017), disminución de la fracción de eyección <30% (OR= 2.128; IC<sub>95%</sub>=1.375; p= 0.0001) y clasificación alta de la escala NYHA (OR= 2.128; IC<sub>95%</sub>=1.375 ; p= 0.0001). Los autores en este estudio expresan que la edad es un predictor para ventilación mecánica prolongada en pacientes sometidos a RVM, pero se convierte en un factor de riesgo más ligado a esta complicación cuando el paciente tiene alguna de estas comorbilidades enfermedad renal crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, realización de cirugía de bypass coronario de emergencia, disminución en la FEVI <30%, puntuación de escala NYHA mayor o igual a II <sup>24</sup>.

Un estudio donde se revisaron historias clínicas de 334 paciente que fueron sometidos a cirugía de revascularización miocárdica y donde se les realizó la misma técnica anestésica para la cirugía, se incluyó la población total de pacientes para el estudio 167, se dividió en extubación temprana (ETe) versus extubación tardía (ETa). los autores luego de un análisis univariado donde se compararon los dos grupos ETe versus ETa, identificaron como el único factor predictor para ventilación mecánica prolongada la Edad >70 años (Media (M) 55.54, desviación estándar (DE) ±9.6; M 62.56, DE ±9.4; p<0.001), las otras variables las cuales tuvieron una asociación pero de menor significancia fueron sexo Masculino/Femenino (ETe 41/126; ETa 59/108; p=0.032 ) y Disminución de la fracción de eyección <30% (M 52.45, DE ±9.36; M 51.14, DE ±10.05; p=0.21 ), también se analizaron otros factores como tiempo de bomba (M 75.63, DE ±21.50; M 79.28, DE ±37.36; p=0.27), nivel de hematocritos en sangre (M 25.72, DE ±3.31; M 25.21, DE ±3.35, p=0.16), no uso de agentes inotrópicos administrados (ETe 104; ETa 86; p=0.07) sin una

asociación relevante, este estudio concluye con que la Edad >70 años puede ser un predictor para identificar pacientes que pueden requerir VMP posterior a una cirugía de Bypass coronario <sup>25</sup>.

En otro estudio con una población total de 114 pacientes sometidos a cirugía de Bypass coronario se escogieron 67 que cumplían con los criterios de inclusión, se le aplicó previamente a la cirugía un cuestionario en donde extrajeron información demográfica del paciente y de su historia clínica, posterior a la cirugía recolectaron información acerca procedimiento quirúrgico realizado al paciente. En el análisis de las variables preoperatorias hallaron que los factores asociados a aumentar el tiempo en que los pacientes requerían de ventilación mecánica fueron que la edad mayor a 64 años de edad (Desviación Estándar=0.36, p=0.001), duración de la cirugía (Desviación Estándar=0.27, p=0.06), FEVI <30% (Desviación Estándar=0.20, p=0.014), transfusiones de unidades de glóbulos rojos (Desviación Estándar=0.26, p=0.08), no encontraron asociación significativa en variables como el IMC (Índice de masa corporal), enfermedad pulmonar de origen obstructivo crónico y niveles de creatina en suero sanguíneo, este estudio demuestra que el aumento de la edad está estrechamente relacionados con el retraso en la extubación traqueal siendo un predictor para identificar el alto riesgo que tiene un paciente para requerir de ventilación mecánica de manera prolongada posterior a una cirugía de Bypass coronario, finalmente los autores concluyen que la identificación de factores de riesgos no modificables como la edad es muy importante para poder intentar controlar aquellos otros factores que pueden contribuir al requerimiento del paciente de ventilación mecánica prolongada disminuyendo así la incidencia de esta después de una cirugía de revascularización miocárdica <sup>26</sup>.

**Tabla 5. Número de pacientes ≥65 años de edad que requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
5123	2228 (43.4%)	Estudio observacional	2009 / Cislighi F, Condemi AM <sup>24</sup> .
334	167 (50%)	Estudio de casos y control	2012 / Shahbazi S, Kazerooni M <sup>25</sup> .
114	67 (58.7%)	Estudio cohorte	201/ Giakoumidakis K., Eltheni R <sup>26</sup> .

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 cardiaca, esta clasifica los pacientes ubicándolos en categorías que van desde la 1 a 4, basándose en sus limitaciones frente a la actividad física; esta contempla para ellos la relación entre la dificultad para respirar y la angina de pecho. A continuación, se presenta la clasificación funcional NYHA.

**Tabla 6. Clasificación funcional de disnea New York Heart Association (NYHA) funcional para falla cardiaca.**

New York Heart Association (NYHA) Clasificación funcional de disnea (por falla cardiaca)	
Clase I	Sin síntomas y sin limitación en la actividad física ordinaria, p. dificultad para respirar al caminar, subir escaleras, etc.
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, p. 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 AWC. 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 Jun 4.*

Una alta clasificación de la escala NYHA es identificada por varios autores en numerosos artículos como un factor de riesgo asociado a ventilación mecánica prolongada en pacientes revascularizados, gran parte de los autores establece que una clasificación por encima de 2 constituye a que el paciente que se somete a una cirugía de RVM requerirá de VMP<sup>9, 11,28</sup>.

Un estudio con una población total de 2933 historias de pacientes que fueron sometidos a cirugía aislada de bypass coronario y que hubiesen requerido de ventilación mecánica de manera prolongada, fueron divididos en dos grupos aquellos pacientes con VMP vs no VMP, la información recolectada fue analizada con una relación 1:3, analizaron información postquirúrgica de los pacientes como presencia de enfermedad pulmonar de origen obstructivo crónico, historial de accidente cerebrovascular, disminución en FEVI, clasificación de escala NYHA, índice de masa corporal y tiempo de la operación, el análisis univariado de factores de riesgo entre los dos grupos encontrando una diferencia significativa en donde hallaron 5 factores contribuyentes, los pacientes que requirieron VMP fueron más en personas con clasificación de escala NYHA entre III y IV (OR 7.01, IC<sub>95%</sub> 3.05-16.13, p<0.001), Mujeres (OR 3.5, IC<sub>95%</sub> 1.77-7.04, p<0.001), con diabetes (OR 1.7, IC<sub>95%</sub> 0.92-3.44, p<0.088), IMC alto (OR 0.98, IC<sub>95%</sub> 0.94-1.04, p<0.645), tiempo de perfusión prolongada (OR 0.99, IC<sub>95%</sub> 0.99-0.99, p<0.021), no se encontró significancia en pacientes con FEVI menor a 49%, historial de accidente cerebro vascular, hipertensión arterial, haber sido sometido de forma urgente y oclusión aórtica <sup>8</sup>.

En un estudio con 5123 pacientes admitidos en total, sometidos a cirugía cardíaca con bypass coronario los quienes requirieron ventilación mecánica prolongada fueron 2211 (43.5%), identificaron las siguientes condiciones como un factor de riesgo con asociación significativa puntuación en escala NYHA con calificación mayor a 2 (OR=1.494; IC<sub>95%</sub>=1.704; p<0.001), FEVI<30% (OR=2.128; IC<sub>95%</sub>=1.375; p<0.0001 ), enfermedad renal crónica (OR=1.581 ; IC<sub>95%</sub>= 1.565; p<0.010), edad mayor de <65 años (OR=1.298; IC<sub>95%</sub>= 1.018; p<0.015), diabetes (OR=.989; IC<sub>95%</sub>=0.785; p<0.914); enfermedad arterial coronaria (OR=1.581; IC<sub>95%</sub>=1.565; p<0.010), no encontraron una relación que asocia a la ventilación mecánica con uso de agentes inotrópicos, enfermedad de la válvula tricúspide, enfermedad de la válvula mitral, estancia en UCI previa, enfermedad pulmonar de origen obstructivo ni arteriopatías. Los autores expresan que los pacientes con una puntuación alta en la escala NYHA normalmente cursan con enfermedades valvulares crónicas (por largos periodos de tiempo), pero lo que encontraron en el estudio fue que esta alta puntuación para constituir un factor de riesgo de VMP en pacientes

revascularizados tuvo más asociación con otros factores como disminución de la FEVI, diabetes, enfermedad renal entre otras <sup>24</sup>.

Otro estudio con un total de 4357 historias clínicas de pacientes sometidos a cirugía cardiaca con bypass coronario, de estos el total de pacientes que requirieron de ventilación mecánica prolongada fueron 175, la calificación de escala NYHA mayor de 2 fue identificada como factor de riesgo a VMP posterior a la cirugía de RVM (68 pacientes (39%);  $p < 0.01$ ), de igual forma se relacionaron otros 4 factores que tuvieron asociación con la VMP como fueron edad < 65 años de edad (94 pacientes (54%);  $p < 0.01$ ), FEVI < 40% (33 pacientes (19%);  $p < 0.01$ ), diabetes (56 pacientes (32%);  $p < 0.01$ ) y cirugía no electiva (41 pacientes (23%);  $p < 0.67$ ), el autor expresa que estos fueron los factores que junto a la clasificación de escala NYHA mayor a 2 fueron los factores más asociados a VMP, sin embargo destaca que la edad mayor a 65 años y la clasificación de la escala fueron las más estrechamente relacionadas en el estudio <sup>9</sup>.

**Tabla 7. Número de pacientes con calificación de escala NYHA < 2 que requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
2933	454 (15.4%)	Estudio de casos y control	2011 / Christian K, Engel AM, Smith JM <sup>8</sup> .
5123	2211 (43.1%)	Estudio de cohorte	2009 / Cislighi F, Condemi A <sup>24</sup> .
4357	175 (4.0%)	Estudio de cohorte	2011 / Knapik P, Ciesla D, Borowik D <sup>9</sup> .

Fuente: Elaboración propia.

## LA REALIZACIÓN DE UNA CIRUGÍA DE BYPASS CORONARIO DE EMERGENCIA

La necesidad de ser intervenido de emergencia para el paciente coronario representa un estado de salud deteriorado, debido a que su bomba cardiaca no esta funcionando correctamente, esto por la injuria que sufre el corazón por agudización de su enfermedad, resultando en una disminución en la función de bomba del corazón y esto en un proceso isquémico. Al mismo tiempo los pacientes debido a la interacción entre los sistemas principalmente el pulmonar y el renal sufren complicaciones como el edema pulmonar y

la falla renal aguda respectivamente, que afectan el funcionamiento de otros sistemas corporales llevando a un deterioro en el estado hemodinámico del individuo<sup>24,41</sup>.

Un estudio realizado con 1.617 personas sometidos a cirugía cardíaca de corazón abierto a los cuales se le había realizado bypass coronario aislado o combinado, el 4.76% (77) de los pacientes de la población total requirió ventilación mecánica prolongada, los autores encontraron en el análisis de los riesgos significativa relación para la VMP en pacientes que necesitaron una cirugía de emergencia (OR 8.16, IC<sub>95%</sub> 2.83-23.50, p<0.0001) y falla cardíaca congestiva (OR 5.14, IC<sub>95%</sub> 2.29-11.51, p<0.0001), al igual que estos factores también se determinó los siguientes factores con correlacionado directamente con la permanencia prolongada del paciente en ventilación mecánica tiempo de bypass cardiopulmonar mayor a 80 minutos (OR 2.33, IC<sub>95%</sub> 1.35-4.02, p 0.002) y cursar con enfisema pulmonar (OR 20.25, IC<sub>95%</sub> 1.26-326.85, p 0.003), también describen que no se encuentra con relevancia estadística con un alto índice de masa corporal ni con disfunción muscular. Los autores definen que requerir una cirugía de forma urgente, el tiempo de bypass cardiopulmonar y estado hemodinámico en el que paciente llega a la intervención quirúrgica son factores de riesgo determinantes para la ventilación mecánica prolongada y el desenlace de la enfermedad<sup>41</sup>.

En un estudio con 1829 pacientes sometidos a bypass coronario, de los cuales 157 requirieron de ventilación mecánica de manera prolongada, los autores hallaron como factores de riesgo ser sometido de emergencia (OR 11, IC<sub>95%</sub> 6.8–17.7, p <0.001), también resaltan que una gran cantidad de pacientes cursaban con angina de pecho inestable (OR 6.0, IC<sub>95%</sub> 4.2–8.8, p <0.001), FEVI <50% (OR 6.0, IC<sub>95%</sub> 4.2–8.8, p <0.001) y re intervenciones (OR 1.7, IC<sub>95%</sub> 1.0–2.9, p 0.03). Los autores concluyen que estos factores que predisponen a los pacientes para permanecer en ventilación mecánica de forma prolongada, también descartan como factores significantes número de vasos coronarios enfermos y la diabetes, finalizan estableciendo que la capacidad de identificar pacientes con aumento en el riesgo de ventilación prolongada puede permitir el desarrollo de estrategias preventivas<sup>42</sup>.

En otro estudio donde se revisaron 325.129 historias clínicas de personas sometidos a cirugía de bypass coronario, encontraron que 32.041 de estos pacientes se mantuvieron en ventilación mecánica de manera prolongada, los autores determinan que los pacientes tenían mayor predisposición a requerir ventilación mecánica por mayor tiempo si que eran llevados a una cirugía de manera urgente (OR 1.05, IC<sub>95%</sub> 1.03-1.06, p <0.0001), también encontraron asociación estadística significantes en pacientes con puntuación alta de escala NYHA (OR 1.04, IC<sub>95%</sub> 1.01-1.06, p 0.0019) y pacientes con angina de pecho inestable (OR 1.27, IC<sub>95%</sub> 0.99 1.02, p 0.9712), los autores describen que hay una diferencia entre los pacientes que fueron llevados de urgencia a cirugía entre los que fueron resucitados y los que no fueron resucitados, describiendo que los resucitados tienen mayor dependencia al ventilador y la magnitud de la dependencia varia en el tiempo que duro la resucitación<sup>43</sup>.

**Tabla 8. Número de pacientes llevados a cirugía de bypass coronario de emergencia requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
1.617	77 (4.7%)	Estudio observacional retrospectivo	2012 /Siddiqui M-MA, Paras I <sup>41</sup> .
1829	157 (8.5%)	Estudio de revisión retrospectiva	2001 / Légaré J <sup>42</sup> .
325.129	32.041 (9.8%)	Estudio de cohorte	2013 / Jacobs JP, He X <sup>43</sup> .

Fuente: *Elaboración propia.*

## DURACIÓN DE PROCEDIMIENTO

El desarrollo de métodos para proporcionar una óptima protección al corazón y los órganos han significado un gran avance para la cirugía cardiaca, esto con el fin de mantener su funcionalidad, y estos no sufran daños durante el tiempo en que el organismo es sometido a la circulación extra corpórea. Se ha demostrado que un mayor tiempo de bomba o tiempo de bypass cardiopulmonar (TBPC) puede ser responsable de estimular una respuesta inflamatoria en el paciente<sup>30</sup>. Minimizar el TBPC es un reto importante a los que se enfrentan el equipo quirúrgico en el momento de una cirugía cardiaca ya que está relacionado a una mayor morbilidad y mortalidad de los pacientes

durante la cirugía. Los autores plantean un tiempo de bomba 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<sup>40</sup>. Una de las complicaciones que se ha identificado en los pacientes que reciben un mayor tiempo de bypass cardiopulmonar es la ventilación mecánica prolongada posterior a cirugía coronaria<sup>30, 31</sup>.

En un estudio de 1960 pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica con un tiempo medio de 180 minutos de TBCP, se identificaron complicaciones derivadas de un mayor tiempo de bypass cardiopulmonar: VMP (OR 3.94; IC<sub>95%</sub>: 2.17 – 7.18, p<0.05), estadía en UCI >2 semanas (OR 1.98; IC<sub>95%</sub>: 1.05 – 3.81, p<0.01) y complicaciones postoperatorias (OR: 2.24; IC<sub>95%</sub>: 1.18 – 4.41, p<0.05). Se identificaron como complicaciones disfunción renal, infecciones pulmonares, gastrointestinales, neurológicas y vasculares, la mortalidad de los pacientes sometidos a RMV con un mayor TBCP fue de 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 en una cirugía de RVM de requerir ventilación mecánica prolongada, y considerar los tiempos reales de cirugía cuando se trata a pacientes en la UCI. Con avances tecnológicos nuevos hay mucho por lo que trabajar para acortar el TBCP, teniendo en cuenta que cada minuto bajo bypass cardiopulmonar cuenta<sup>30</sup>.

Un estudio realizado con una población total de 3.588 pacientes sometidos a cirugías cardíacas mixtas en la que se incluían el bypass coronario, de esta población el 11.56% (415) pacientes requirieron VMP. En un análisis univariado los autores encontraron una incidencia de 72.77% de falla renal y 62.4% de mayor tiempo de bomba en el grupo de pacientes intervenidos que necesitaron de VMP, en el análisis multivariado los autores encuentran como determinantes de ventilación mecánica prolongada el tiempo de bomba mayor a 120 minutos (OR 2.01, IC<sub>95%</sub> 1.30–3.11, p <0.001) y falla renal (OR 2.14, IC<sub>95%</sub> 1.1–4.07, p <0.001), también los autores establecen asociación con ventilación mecánica prolongada pero con menor asociación factores como la sepsis (OR 2.11, IC<sub>95%</sub> 1.1–4.07, p <0.001), ser intervenido de emergencia (OR 2.29, IC<sub>95%</sub> 1.23–3.11, p <0.001) y la

falla multiorgánica (OR 16.99, IC<sub>95%</sub> 9.33–30.94, p <0.001). Los autores concluyen en que la ventilación mecánica prolongada representa un grupo específico entre los pacientes que son sometidos a cirugía cardíaca en el que se concentra la mayor mortalidad posquirúrgica, y establecen que se deben incluir aspectos importantes relacionados con la ventilación mecánica en las guías de práctica clínica de cirugía cardíaca para ayudar a los médicos en el tratamiento de estos pacientes<sup>10</sup>.

En otro estudio realizado con una población de 5.123 pacientes de los cuales el 43.5% (2.221) requirieron de ventilación mecánica prolongada, los autores en un análisis multivariado identificaron como factor de riesgo en los pacientes un TBCP mayor a 77 minutos (OR 2.03, IC<sub>95%</sub> 1.24-2.17, p 0.002), NYHA con calificación mayor a 2 (OR=1.494; IC<sub>95%</sub>=1.704; p<0.001), FEV1<30% (OR=2.128; IC<sub>95%</sub>=1.375; p<0.0001 ), enfermedad renal crónica (OR=1.581 ; IC<sub>95%</sub>= 1.565; p<0.010), edad mayor de <65 años (OR=1.298; IC<sub>95%</sub>= 1.018; p<0.015), diabetes (OR=.989; IC<sub>95%</sub>=0.785; p<0.914); enfermedad arterial coronaria (OR=1.581; IC<sub>95%</sub>=1.565; p<0.010). Los autores concluyen con que los predictores identificados por su estudio deben ayudar a optimizar el manejo preoperatorio de los pacientes de cirugía cardíaca para lograr una mayor calidad de la asistencia dada por el personal de salud<sup>24</sup>.

**Tabla 9. Número de pacientes con TBCP prolongado que requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
1960	200 (10.2%)	Estudio de cohorte	2018 / Sudharsan Madhavan, Siew-Pang Chan <sup>30</sup> .
3588	415 (11.5%)	Estudio observacional	2018 / Fernandez-Zamora MD, Gordillo-Brenes A, <sup>10</sup> .
5123	2.221 (43.5%)	Estudio de cohorte	2009 / Cislighi F, Condemi AM <sup>24</sup> .

Fuente: *Elaboración propia.*

## ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es una condición que si no es tratada, tiene un desarrollo progresivo de la enfermedad en la que afecta las vías respiratorias central y periféricas, parénquima pulmonar y vasculatura pulmonar. El EPOC se caracteriza por una limitación del flujo de aire espiratorio debido a una combinación de inflamación de las vías respiratorias (bronquiolitis obstructiva) y destrucción parenquimatosa (enfisema)<sup>32,34</sup>. 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, pérdida de la integridad alveolar que conduce a la disminución de la movilización del aire, reducción en el capilar pulmonar, y un mayor empeoramiento de la correspondencia  $V / Q$  <sup>32,33</sup>.

En el paciente con EPOC que ha sido sometido a una cirugía de revascularización miocárdica las estrategias en ventilación mecánica convencionales no suplen las necesidades de base del individuo, Se deben garantizar una adecuado oxigenación que proteja al pulmón, correcto equilibrio acido base y apropiada ventilación en áreas con riesgo de colapso alveolar, ya que una afectación en cualquiera de estas funciones conllevara a consecuencias como daño pulmonar, desequilibrio del Ph, atelectasias, inestabilidad alveolar, neumonía, neumotórax, edema pulmonar entre otras condiciones que pueden aumentar la necesidad del paciente en requerir ventilación mecánica <sup>35, 36</sup>.

En un estudio realizado con 800 pacientes quienes habían sido sometidos a cirugía de revascularización miocárdica, después de un análisis univariado los autores concluyeron en que el EPOC ( $M 10.43 \pm DE 5.03$ ,  $p= 0.831$ ) que estaba presente en 128 paciente está íntimamente asociado a los pacientes que requerían de VMP después de haber sido sometidos a cirugía de bypass coronario, de igual manera también se identificaron que la enfermedad renal ( $M 17.54$ ,  $DE \pm 6.29$ ,  $p=0.001$ ), la edad  $< 65$  ( $M 59.26$ ,  $DE \pm 11.60$ ,  $p=0.001$ ), la hipertensión ( $M 10.48$ ,  $DE \pm 4.33$ ,  $p=0.076$ ), el sexo ( $M 10.1$ ,  $DE \pm 4.18$ ,  $p=0.186$ ) y el uso de agentes inotrópicos después de ser intervenido ( $M 10.61$ ,  $DE \pm 4.71$ ,  $p=0.003$ ) influían negativamente en el tiempo en que el paciente podía durar en

ventilación mecánica, los autores afirman que el grado de complejidad de estos factores influirán como determinantes para directos de VMP y el desenlace que esta tenga <sup>37</sup>.

Un estudio realizado con una cohorte de 2952 sometidos a cirugía de bypass coronario, se extrajo una muestra de 77 pacientes que había requerido de ventilación mecánica prolongada mayor a 48 horas, se detectó luego de un análisis univariado como factor asociado a VMP la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (OR 3.09, IC<sub>95%</sub> 1.70-5.61,  $p < 0.001$ ), en este mismo estudio los autores también plantean una relación en incidencia de la edad  $< 65$  años (OR 1.07, IC<sub>95%</sub> 1.04-1.09,  $p < 0.001$ ), falla cardíaca (OR 3.84, IC<sub>95%</sub> 1.71-8.64,  $p < 0.001$ ), duración del tiempo de bomba (OR 1.02, IC<sub>95%</sub> 1.01-1.03,  $p < 0.001$ ), enfermedades cerebro vasculares preexistentes (OR 3.16, IC<sub>95%</sub> 1.11-8.99,  $p < 0.031$ ), los autores de este estudio establecen como un fuerte predictor de ventilación mecánica prolongada y potencial muerte a los pacientes con EPOC sometidos a revascularización miocárdica<sup>1</sup>.

Otro estudio llevado a cabo con 3881 pacientes sometidos a cirugía de bypass coronario el 33.2% de estos pacientes requirieron soporte ventilatorio mayor a 48 horas posterior a ser intervenidos quirúrgicamente, después de un análisis multivariado los investigadores detectaron que en los pacientes que requirieron VMP versus los que no requirieron de soporte ventilatorio mayor a 48 horas, se encontraron principalmente dos factores de riesgos relacionados EPOC (No VMP 501 19.2%- VMP 337 26.6%;  $p < 0.001$ ) y falla cardíaca (No VMP 1257 48.1%-VMP 647 51.1%;  $p < 0.0706$ ), de igual forma encontraron otros factores de riesgo con una menor asociación que conducirían a los pacientes a necesitar de ventilación mecánica prolongada como aumento de nivel de creatinina previo a la cirugía (1.5 vs 1.2;  $p < 0.0001$ ) e historial diagnóstico de diabetes (17.2% vs 10.8%;  $p < 0.0001$ ). Los autores asumen que la necesidad de mantener un soporte ventilatorio pulmonar mayor a 48 horas puede determinarse con la revisión de hallazgos clínicos pre-existentes en el paciente como enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cursar con falla cardíaca con disminución de la FEVI  $< 45\%$ , aumento de niveles de creatinina con niveles mayores a  $> 1.2$  y diagnóstico previo de diabetes mellitus<sup>38</sup>.

**Tabla 10. Número de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica que requirieron ventilación mecánica prolongada.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
800	128 (16%)	Estudio longitudinal retrospectivo	2015 / Rezaianzadeh A, Maghsoudi B <sup>37</sup> .
2952	77 (2.60%)	Estudio de cohorte	2012 / Piotto F, Ferreira FB A <sup>1</sup>
3881	1265 (33.2%)	Estudio de casos y control	2015/ Bartz RR, Ferreira RG <sup>38</sup> .

*Fuente: Elaboración propia.*

## **OTROS FACTORES DE RIESGO RELACIONADOS CON VENTILACIÓN MECÁNICA PROLONGADA POSTERIOR A CIRUGÍA DE REVASCULARIZACIÓN MIOCÁRDICA**

De acuerdo a lo expuesto anteriormente podemos observar como factores previos a una cirugía de revascularización miocárdica pueden repercutir en la incidencia de ventilación mecánica prolongada. Al realizar la revisión bibliográfica también se encontraron otros factores de riesgos como predictores de VMP que, aunque tengan una menor incidencia pueden ser determinantes para conducir al paciente a esta complicación. Los factores hallados fueron sexo femenino<sup>10,13</sup>, la diabetes mellitus <sup>38,39</sup>, disminución en la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) bajo previo a la cirugía<sup>5,18</sup> y personas con antecedentes de enfermedades cerebrovasculares <sup>9,39</sup>.

Un estudio en el cual 1265 pacientes requirieron ventilación mecánica de forma prolongada, además de los factores estrechamente relacionados EPOC y falla cardiaca, también se encontró relación en pacientes femeninas (507 (40.1%); p 0.0441), diabetes

(218 (17.2%); p 0.0001) y enfermedades cardiacas preexistentes (647 (51.1%); p 0.0706)<sup>38</sup>.

En otro artículo muestra que de 588 pacientes intervenidos 81 pacientes requirieron VMP posterior a revascularización, los autores plantean una disminución en la FEVI como factor con mayor asociación a ventilación mecánica prolongada, posterior a esto encontraron una gran incidencia en pacientes diabéticos (20 (24.7%); p 0.67), enfermedad cardiaca previa (78 (96.3%); p 0.61) y disminución en la PaO<sub>2</sub> (77 (95.0%); p <0.0001)<sup>17</sup>.

### **Estrategias o actividades que faciliten el destete ventilatorio.**

El destete de la ventilación mecánica es una parte esencial del tratamiento y el cuidado del paciente en estado critico, todo el proceso de liberar al paciente de la ventilación mecánica desde el tubo endotraqueal hasta la programación del ventilador debe ir encaminadas en destetar a el paciente lo mas pronto posible, con el menor índice de complicaciones posibles, existen numerosas estrategias que facilitan el destete del paciente. Las estrategias mas utilizadas hoy en día para llevar acabo el destete ventilatorio en pacientes sometidos a RVM son la presión soporte, la ventilación espontanea con tubo en t, entrenamiento de músculos respiratorios, la traqueotomía y la movilización temprana del paciente.

### **Entrenamiento de músculos respiratorios.**

Para los pacientes críticamente enfermos quienes son sometidos a VMP el reposo prolongado los lleva rápidamente a sufrir de desacondicionamiento físico, este suceso ocurre con mayor velocidad en los músculos respiratorios debido a que la debilidad muscular tiene una progresión mayor desde la musculatura proximal hacia lo distal, el diafragma, por ejemplo, responde a la ventilación mecánica con rápida atrofia muscular y reducción de la longitud de las fibras musculares<sup>52</sup>. El entrenamiento muscular respiratorio se ha establecido con una adecuada propuesta para el paciente con

ventilación mecánica prolongada con el fin de mantener los volúmenes pulmonares, la higiene bronquial, la fuerza inspiratoria y espiratoria máxima como también a prevenir la fatiga muscular respiratoria<sup>53</sup>.

El entrenamiento muscular respiratorio previo a la cirugía de bypass coronario y a todas las cirugías cardíacas en general, reporta grandes beneficios para los pacientes intervenidos para la función respiratorio posterior a la cirugía, el destete de la ventilación mecánica, recuperación y la calidad de vida<sup>58, 59</sup>.

Un estudio realizado con 276 pacientes divididos en dos grupos 139 pacientes en grupo de casos y 137 pacientes grupo control, ambos sometidos a cirugía de bypass coronario fueron ingresados 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, entrenaron a los pacientes al 30% de su presión inspiratoria máxima (PiMax), incrementaron la resistencia gradualmente basados en la percepción de la escala Borg modificada, si la percepción a esfuerzo era de 5 o menor aumentaban 5% la resistencia. La información estadística que presentan 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<sub>95%</sub> 1.09-3.38, p <0.02), demuestran que también hubo una reducción en promedio de un día de ventilación mecánica entre los casos y control. Concluyen que el entrenamiento de músculos respiratorios redujo la incidencia de complicaciones, el tiempo de ventilación mecánica y la estadía de los pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica<sup>58</sup>.

En otro estudio de 694 pacientes sometidos a bypass coronario, fueron divididos en dos grupos de 347 pacientes un grupo caso y uno control, el grupo control fue intervenido durante dos semanas, durante 6 días a la semana, durante 15 a 30 minutos por día, fueron entrenados para usar un dispositivo de carga de umbral inspiratoria con una carga

de 10 a 60% de la PiMax. Los resultados expuestos por los autores señalan que el grupo entrenamiento muscular respiratorio fue tuvo un aumento en la PiMax significativo (OR 0.55, IC<sub>95%</sub> 0.03, 9.20, p <0.001), este grupo de paciente fue destetado de la ventilación mecánica en promedio 2 días antes en comparación con el grupo control. Los autores concluyen expresando que los beneficios del entrenamiento muscular respiratorio previo a la cirugía de bypass coronario son extensos y entre ellos el paciente el tiempo de ventilación mecánica es menor en un grupo que ingresa a un programa de fortalecimiento muscular respiratorio previo a la cirugía frente al grupo que no recibe intervención<sup>59</sup>.

**Tabla 11. Número de pacientes sometidos a entrenamiento muscular respiratorio previo a cirugía de revascularización miocárdica.**

Población	Número de pacientes por cada estudio n (%)	Tipo de estudio	Año / Autor
276	139 (50.3%)	Estudio de casos y control	2006 / Hulzebos EHJ, Helders <sup>58</sup> .
694	347 (50%)	Estudio de casos y control	2015/ Katsura M, Kuriyama A, <sup>59</sup> .

*Fuente: Elaboración propia.*

Estudios demuestran la efectividad del entrenamiento muscular respiratorio en pacientes posterior a ser sometidos a cirugía de bypass coronario. Un estudio donde se sometieron a los pacientes intervenido luego de veinticuatro horas posteriores al procedimiento a dos secciones diarias de entrenamiento respiratorio demostró que los niveles de volumen corriente, volumen pico, fuerza inspiratoria máxima y fuerza espiratoria máxima eran mayor que los pacientes que se había realizado entrenamiento respiratorio en comparación con los pacientes que iniciaron más tarde el entrenamiento muscular respiratorio, los autores concluyen con que este tipo de estudios refuerza la necesidad de la asistencia del personal rehabilitador en este tipo de pacientes<sup>54</sup>. Otro estudio determina que la realización de un protocolo de entrenamiento de músculos respiratorio aumenta la fuerza inspiratoria máxima de los músculos y se evidencias cambios estadísticamente significativos al evaluar a los pacientes con la prueba de caminata de 6 minutos<sup>55</sup>.

**Tabla 12. Métodos de entrenamiento muscular respiratorio en pacientes revascularizados.**

Ejercicio	Tiempo	Intensidad	Valoración	Duración del protocolo de intervención
<b>Pacientes previas a ser intervenidos.</b>				
Trabajo inspiratorio con dispositivo	30 minutos.	10% hasta el 60% de la PiMax 5 series de 10 repeticiones.	Escala de Borg. Espirómetro. Saturación de Oxígeno. Frecuencia cardiaca.	6 veces por semana. Durante 2 semanas previo a la cirugía.
<b>Pacientes ventilados después de las 48 horas de ser intervenidos.</b>				
Trabajo inspiratorio con dispositivo.	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 PiMax.	Valoración parámetros ventilatorio. Valoración estado hemodinámico del paciente.	
<b>Pacientes en UCI sin soporte de ventilación mecánica.</b>				
Trabajo inspiratorio con dispositivo.	30 minutos 2 veces al día.	6 series de 10 repeticiones. Del 20 al 25% de la PiMax.	Escala de Borg. Frecuencia cardiaca. Tensión arterial. Saturación de oxígeno.	
<b>Pacientes después de alta de la UCI y egreso del hospital.</b>				
Trabajo inspiratorio con dispositivo	30 minutos.	5 a 6 series de 10 a 12 repeticiones, al 50% de la PiMax aumentar	Escala de Borg modificada. Espirometría.	6 veces a la semana durante 12 semanas.

		5% cada semana hasta el 80%.		
<b>Trabajo aeróbico</b>	30 minutos	50% de la Frecuencia cardiaca máxima.	Prueba de esfuerzo. Escala de Borg modificada.	3 veces por semana durante 12 semanas.
<b>Trabajo de fuerza de extremidades</b>	30 minutos	50% del repetición máxima.	Escala de Borg modificada.	3 veces por semana durante 12 semanas.

Fuentes: <sup>58</sup>Hulzebos EHJ, Helders PJM. *JAMA* 2006 Oct 18.

<sup>60</sup>Bissett BM, Leditschke IA. *Thorax*. 2016 Jun 2;71(9):812–9.

<sup>61</sup>Barros GF, Santos C da S. *Revista Brasileira de Cirugía Cardiovascular*. 2010 Dec;25(4):483–90.

<sup>62</sup>Ahmed S, Martin AAD, Smith BK. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2019 Jan;30(1):44–50.

## Mobilización temprana.

Una de las complicaciones más incidente dentro de los pacientes que permanecen en una estancia prolongada en la unidad de cuidados intensivos es el desacondicionamiento físico, este se encuentra presente en alrededor del 25.6% de los pacientes que se encuentran en la unidad<sup>47</sup>, este 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 ventilación mecánica, de la estancia hospitalaria y por lo tanto reducción del potencial rehabilitador del paciente, autores han llegado a afirmar que después de siete días de estadía en la unidad del 25% al 33% de los pacientes aumentan la debilidad muscular clínicamente evidente y el requerimiento de ventilación mecánica<sup>48</sup>.

Diferentes estudios describen los beneficios de la movilización temprana en pacientes en la unidad de cuidados intensivos uno de estos es que la movilización temprana previene la atrofia muscular<sup>49,51</sup>, minimiza el tiempo de sedación, mantiene los rangos de movilidad articular entre otros, pero en el paciente que ha sido sometido a cirugía de revascularización miocárdica además de los beneficios ya descritos debemos tener en

cuenta como la movilización temprana repercute en el tiempo que el paciente es ventilado. Los estudios demuestran que el paciente revascularizado después de haber sido sometido a un proceso de rehabilitación de manera temprana después de veinticuatro horas de ser intervenidos quirúrgicamente mostraron una reducción no solo en el tiempo que son ventilados sino también en su estadía en la UCI y hospitalaria de entre dos y tres días<sup>50</sup>.

### **Estrategias ventilatorias para el destete del paciente**

**Tubo en T:** Esta consiste en una prueba de destete ventilatorio con pieza en tubo en “T”, éste aumenta la resistencia al flujo, esta prueba se realiza con aumento progresivo del tiempo que dura prueba iniciando con quince minutos cada cuatro horas hasta treinta minutos cada dos horas<sup>57</sup>.

**Presion 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<sup>57</sup>. Generalmente el destete comienza con una presión de soporte igual a la presión meseta durante la ventilación mecánica. Luego se rotula a la baja la presión dos en dos cada treinta minutos por cada dos horas según como lo tolere el paciente. Al alcanzar un nivel de presión de ocho centímetros de agua se pasa al tubo en T con posibilidad de extubar al paciente después si se mantiene estable<sup>56</sup>.

En un estudio realizado con 28 pacientes sometidos a cirugía de RVM, se dividieron los pacientes en dos grupos, pacientes con presión soporte y prueba de tubo en T cada grupo con 14 pacientes, los autores esperaban que los pacientes fueran extubados en un tiempo menor a 72 horas, para la presión soporte el tiempo fue apropiado (DE  $2.1 \pm 0.36$  días,  $p=0.581$ ), mientras que para el tubo en T el tiempo también fue apropiado DE  $2.1 \pm 0.36$  días,  $p=0.581$ ), los autores establecen que los dos métodos son apropiados y estadísticamente relevantes para poder realizar el destete de la ventilación mecánica en pacientes sometidos a revascularización miocárdica<sup>56</sup>.

## **Indicaciones de traqueotomía en pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica.**

Convencionalmente el tiempo considerado para realizar una traqueotomía a un paciente que es dependiente del ventilador es un tiempo mayor a veinte días<sup>44</sup>. En el paciente coronario se ha definido que este procedimiento se debe realizar a un tiempo igual de dos semanas con el fin de generar cambios que faciliten el destete de la ventilación mecánica debido a que la traqueotomía reduce el tiempo de dependencia de este soporte vital y la estadía en la unidad de cuidados intensivos<sup>45</sup>.

Múltiples estudios determinan que realizar una traqueotomía de manera precoz al paciente facilita el destete y acorta el tiempo de dependencia a la ventilación mecánica. Un estudio establece que un punto de corte de 10 días es el tiempo ideal para que el paciente que requiera ventilación mecánica de manera prolongada sea traqueostomizado, comparado con los pacientes que se les realizó el procedimiento con un manejo convencional para la cirugía cardíaca de 14 a 28 días los que fueron intervenidos de manera temprana, presentaron mejores resultados, recuperación y menores comorbilidades al mismo tiempo que su estadía en la unidad fue reducida en un promedio de una semana<sup>45</sup>. Al igual que el anterior otro estudio determinó que los pacientes traqueostomizados dentro de los primeros 14 días de su estadía en UCI tuvieron una baja tasa de mortalidad que los pacientes traqueostomizados posterior a los 15 días, y que se redujo entre 66% a 68% la mortalidad de estos pacientes en el primer y segundo año respectivamente<sup>46</sup>.

## **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 la evidencia muestra que la disminución de fracción de eyección del ventrículo izquierdo, la enfermedad renal crónica y una mayor duración en el tiempo de bomba son los predisponentes mas asociados con el requerimiento de ventilación

mecánica mayor a 48 horas, de igual forma la edad avanzada, necesitar una cirugía de emergencia, el EPOC y puntuación alta de escala NYHA son factores de riesgo importante para poder desarrollar esta complicación en los pacientes sometidos a bypass coronario. Identificar cuales son las causas de ventilación mecánica prolongada en pacientes revascularizados es fundamental para el personal asistencial, esto con el fin de generar estrategias que disminuyan el tiempo de este soporte ventilatorio, reducir la morbilidad y mortalidad en esta población.

### **Referencias bibliográficas**

1. Piotto RF, Ferreira FB, Colosimo FC, Silva GS, Sousa AG, Braile DM. Independent predictors of prolonged mechanical ventilation after coronary artery bypass surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012;27(4):520-8.
2. Totonchi Z, Baazm F, Chitsazan M, Seifi S, Chitsazan M. Predictors of prolonged mechanical ventilation after open heart surgery. *Journal of cardiovascular and thoracic research.* 2014;6(4):211-6.
3. Lone NI, Walsh TS. Prolonged mechanical ventilation in critically ill patients: epidemiology, outcomes and modelling the potential cost consequences of establishing a regional weaning unit. *Crit Care.* 2011;15(2):R102.
4. 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.
5. 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.
6. Koyner JL, Murray PT. Mechanical ventilation and the kidney. *Blood purification.* 2010;29(1):52-68.

7. 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.
8. 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.
9. 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-.
10. Fernandez-Zamora MD, Gordillo-Brenes A, Banderas-Bravo E, Arboleda-Sanchez JA, Hinojosa-Perez R, Aguilar-Alonso E, et al. Prolonged Mechanical Ventilation as a Predictor of Mortality After Cardiac Surgery. *Respir Care*. 2018;63(5):550-7.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Yende S, Wunderink R. Causes of Prolonged Mechanical Ventilation After Coronary Artery Bypass Surgery\*2002. 245-52 p.
15. Guyton A. Hall J. *Tratado de fisiologia medica* Cap 22 Insuficiencia Cardiaca. 14 Ed. 2016.
16. Velez S. Gomez E. *Texto de Cardiología*. 1a Ed. Bogota: Rev Colombiana de Cardiologia; 2007.
17. 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.

18. 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.
19. 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.
20. Branca P, McGaw P, Light R. Factors associated with prolonged mechanical ventilation following coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2001;119(2):537-46.
21. 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-.
22. Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clinical interventions in aging*. 2006;1(3):253-60.
23. Amarya S, Singh K, Sabharwal M. Ageing Process and Physiological Changes. In: *Gerontology* . InTech; 2018.
24. 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.
25. 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):238-41.
26. Giakoumidakis K., Eltheni R. Preoperative and intraoperative risk factors for prolonged mechanical ventilation among cardiac surgery patients. *Health Science Journal* . 2011; Vol 5, Issue 4.
27. Melander S, Miller S. Heart Failure: Overcoming the Physiologic Dilemma Through Evidence-Based Practice. *Nurs Clin North Am*. 2016;51(1):13-27.
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.
29. Zapolanski A, Mak AWC, Ferrari G, Johnson C, Shaw RE, Brizzio ME, et al. 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 Jun 4;15(3):371–6.

30. Sudharsan MADHAVAN, Siew-Pang CHAN, Wei-Chuan TAN, Jolane ENG, Bowen LI, Hai-Dong LUO, et al. Cardiopulmonary bypass time: every minute counts. *J Cardiovasc Surg* . 2018 Mar;59(2).

31. Salis S, Mazzanti VV, Merli G, Salvi L, Tedesco CC, Veglia F, et al. Cardiopulmonary Bypass Duration Is an Independent Predictor of Morbidity and Mortality After Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2008 Dec;22(6):814–22

32. Lumb A, Biercamp C. Chronic obstructive pulmonary disease and anaesthesia. *BJA Education*. 2013;14(1):1-5.

33. 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.

34. Mowery NT. Ventilator Strategies for Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Acute Respiratory Distress Syndrome. *Surg Clin North Am*. 2017;97(6):1381-97

35. Garcia 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.

36. Gordo Vidal F, Delgado Arnaiz C, Calvo Herranz E. Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. *Medicina Intensiva*. 2007;31(1):18-26.

37. 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:e1414.

38. 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 Oct;30(5):940–4.

39. 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.

40. Shultz B, Timek T, Davis AT, Heiser J, Murphy E, Willekes C, et al. Outcomes in patients undergoing complex cardiac repairs with cross clamp times over 300 minutes. *Journal of Cardiothoracic Surgery* . 2016 Jul 12;11(1).
41. 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.
42. Légaré J. Preoperative prediction of prolonged mechanical ventilation following coronary artery bypass grafting. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2001 Nov;20(5):930–6.
43. Jacobs JP, He X, O'Brien SM, Welke KF, Filardo G, Han JM, 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 Sep;96(3):757–62.
44. Prado F, Salinas P, Astudillo P, Mancilla P, Méndez M. Ventilación mecánica invasiva domiciliaria (VMI): Una propuesta para un nuevo Programa. *Sociedad Chilena de Neumología Pediátrica* ISSN 0718-3321. 2010.
45. 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 Jun;214(6):1008–1016.e4.
46. 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 Jun;28(3):493–6.
47. Wilches-Luna EC, Muñoz Arcos VE, Girón E, Ortega D, Arias M, Pelaez G, et al. Implementación de un programa de movilización temprana en pacientes críticos. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. 2015 Oct;15(4):287–92.
48. Charry-Segura D, Lozano-Martínez V, Rodríguez-Herrera Y, RodríguezMedina C, Mogollón-M P. Early mobilization, duration of mechanical ventilation and stay in intensive care. *Rev. Fac. Med*. 2013;61:373-379.

49. Mendez-Tellez PA, Needham DM. Early Physical Rehabilitation in the ICU and Ventilator Liberation. *Respiratory Care*. 2012 Oct 1;57(10):1663–9.
50. 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):241–6.
51. 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 Jan 17;7(1).
52. 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 Jul;61(3):125–34.
53. Cordeiro ALL, Melo TA de, Neves D, Luna J, Esquivel MS, Guimarães ARF, et al. Inspiratory muscle training and functional capacity in patients submitted to cardiac surgery. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery* . 2016.
54. Barros GF, Santos C da S, Granado FB, Costa PT, Límaco RP, Gardenghi G. Treinamento muscular respiratório na revascularização do miocárdio. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular* . 2010 Dec;25(4):483–90.
55. Cordeiro ALL, Melo TA de, Neves D, Luna J, Esquivel MS, Guimarães ARF, et al. Inspiratory muscle training and functional capacity in patients submitted to cardiac surgery. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2016.
56. Lourenço IS, Franco AM, Bassetto S, Rodrigues AJ. Pressure support-ventilation versus spontaneous breathing with “T-Tube” for interrupting the ventilation after cardiac operations. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. 2013;28(4).
57. 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 Mar 21;4.
58. 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 Oct 18;296(15):1851.

59. Katsura M, Kuriyama A, Takeshima T, Fukuhara S, Furukawa TA. Preoperative inspiratory muscle training for postoperative pulmonary complications in adults undergoing cardiac and major abdominal surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015 Oct 5;
60. Bissett BM, Leditschke IA, Neeman T, Boots R, Paratz J. Inspiratory muscle training to enhance recovery from mechanical ventilation: a randomised trial. *Thorax* . 2016 Jun 2;71(9):812–9.
61. Barros GF, Santos C da S, Granado FB, Costa PT, Límaco RP, Gardenghi G. Treinamento muscular respiratório na revascularização do miocárdio. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular* . 2010 Dec;25(4):483–90.
62. Ahmed S, Martin AAD, Smith BK. Inspiratory Muscle Training in Patients With Prolonged Mechanical Ventilation. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2019 Jan;30(1):44–50.