



# Ratio ventilatorio en pacientes operados de cirugía cardiotorácica con y sin fracaso de la extubación

Ventilatory ratio in patients operated on cardiothoracic surgery with and without extubation failure

Melchicidéc García Ocaña,\* Juan Manuel Rodríguez Victoria,\* Luis Enrique Morales Bello,\* Fanny García Cruz,\* Diana Berenice Landa Vázquez,\* Edith Ramírez Lara\*

## RESUMEN

**Introducción:** la extubación en pacientes con ventilación mecánica invasiva (VMI) es frecuente en la unidad de cuidados intensivos (UCI), pero aún presenta considerables tasas de fracaso. El ratio ventilatorio (RV), es un índice utilizado para evaluar la eficiencia ventilatoria en el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), que ha sido subutilizado para predecir fracaso de la extubación en pacientes postquirúrgicos de cirugía cardiotorácica. **Objetivo:** comparar el ratio ventilatorio en pacientes con y sin fracaso de la extubación. **Material y métodos:** estudio descriptivo, observacional, comparativo, transversal, unicéntrico, prospectivo y homodémico realizado en pacientes > 18 años operados de cirugía cardiotorácica; se excluyeron a pacientes con extubación fortuita y traqueostomía. Se calculó el RV con la fórmula  $RV = [V_E \text{ medido (mL/min)} \times PaCO_2] / (100 \times \text{peso predicho} \times 37.5)$  y se evaluaron las diferencias entre los pacientes con y sin fracaso de la extubación. Para el análisis descriptivo se utilizaron medias, medianas, frecuencias, porcentajes y valores mínimos y máximos; para comparar las medias del RV se utilizó la prueba U de Mann-Whitney y para variables categóricas chi cuadrada ( $\chi^2$ ). Analizamos el rendimiento del RV con curva ROC y la mortalidad con curva de Kaplan-Meier y se tomó un resultado estadísticamente significativo al valor  $p < 0.05$ . **Resultados:** se analizaron a 115 pacientes con mediana de edad de 57 [18-82] años. Encontramos que ser mujer ( $p = 0.039$ ), tener baja estatura ( $p = 0.001$ ), bajo peso predicho ( $p = 0.001$ ), hipotiroidismo ( $p = 0.030$ ) y dosis subóptimas de milrinona ( $p = 0.002$ ), favorecen el fracaso de la extubación. También un elevado volumen tidal ( $p = 0.003$ ) y elevado volumen minuto ( $p < 0.001$ ) disminuyen el porcentaje de *weaning* exitoso. Obtuvimos diferencias en el RV entre grupos de estudio, un  $RV > 1.8$  mostró mejor rendimiento predictivo para fracaso de la extubación frente a la p01 y el Yang y Tobin. Finalmente, la mortalidad fue mayor en pacientes con fracaso ventilatorio y  $RV > 1.8$  (30.7%) frente a  $RV < 1.8$  (19.6%). **Conclusión:** el RV fue diferente en pacientes operados de cirugía cardiotorácica con y sin fracaso de la extubación.

**Palabras clave:** ratio ventilatorio, ventilación mecánica invasiva, fracaso postextubación.

## ABSTRACT

**Introduction:** extubation in patients on invasive mechanical ventilation (IMV) is common in the intensive care unit (ICU), but it still has considerable failure rates. The ventilatory ratio (VR), an index used to assess ventilatory efficiency in acute respiratory distress syndrome (ARDS), has been underutilized to predict extubation failure in post-cardiothoracic surgery patients. **Objective:** to compare the ventilatory ratio in patients with and without extubation failure. **Material and methods:** a descriptive, observational, comparative, cross-sectional, single-center, prospective, homogeneous study was conducted in patients aged >18 years undergoing cardiothoracic surgery. Patients with accidental extubation and tracheostomy were excluded. The RV was calculated using the formula  $RV = [\text{measured } V_E \text{ (mL/min)} \times PaCO_2] / (100 \times \text{predicted weight} \times 37.5)$ , and the differences between patients with and without extubation failure were evaluated. Means, medians, frequencies, percentages, and minimum and maximum values were used for the descriptive analysis. The Mann-Whitney U test was used to compare RV means, and the chi-square test ( $\chi^2$ ) was used for categorical variables. We analyzed RV performance with ROC curve and mortality with Kaplan-Meier curve and a statistically significant result was taken at  $p \text{ value} < 0.05$ . **Results:** a total of 115 patients with a median age of 57 (18-82) years were analyzed. We found that being female ( $p = 0.039$ ), short stature ( $p = 0.001$ ), low predicted weight

( $p = 0.001$ ), hypothyroidism ( $p = 0.030$ ), and suboptimal doses of milrinone ( $p = 0.002$ ) favor extubation failure. Also, a high tidal volume ( $p = 0.003$ ) and high minute volume ( $p < 0.001$ ) decrease the percentage of successful weaning. We obtained differences in the RV between study groups, a  $RV > 1.8$  showed better predictive performance for extubation failure compared to p01 and Yang and Tobin. Finally, mortality was higher in patients with ventilatory failure and  $RV > 1.8$  (30.7%) compared to  $RV < 1.8$  (19.6%). **Conclusion:** RV was different in patients undergoing cardiothoracic surgery with and without extubation failure.

**Keywords:** ventilatory ratio, invasive mechanical ventilation, post-extubation failure.

## Abreviaturas:

FiO<sub>2</sub> = fracción inspirada de oxígeno  
p01 = presión de oclusión en los primeros 100 ms  
PaCO<sub>2</sub> = presión arterial de dióxido de carbono  
PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = índice presión arterial de oxígeno/fracción de oxígeno inspirado  
PEEP = Positive End-Expiratory Pressure (presión positiva al final de la espiración)  
PSV = Pressure Support Ventilation (ventilación con soporte de presión)  
PVE = prueba de ventilación espontánea  
RV = ratio ventilatorio  
SDRA = síndrome de dificultad respiratoria aguda  
UCI = Unidad de Cuidados Intensivos  
VD/VT = relación entre el espacio muerto fisiológico y el volumen corriente  
VM = ventilación mecánica  
VMI = ventilación mecánica invasiva

## INTRODUCCIÓN

A pesar de existir varios predictores para realizar la extubación en pacientes que se encuentran con ventilación mecánica invasiva (VMI), el fracaso postextubación se continúa presentando de manera considerable en la unidad de cuidados intensivos (UCI) por lo que existe la necesidad de utilizar más herramientas para reducir su presentación. El estudio realizado por Pham y colaboradores demostraron que realizar la extubación en las primeras 24 horas (64.9%) disminuyó la tasa de fracaso, así como reducción en la estancia hospitalaria,<sup>1</sup> también lo publicado por Jeong y colaboradores quienes reportaron extubación exitosa en menos de 24 horas en 67% de su población.<sup>2</sup>

## Definición de *weaning* y clasificación

El *weaning* es un proceso continuo que comienza con la intubación del paciente y generalmente termina con

\* Unidad Médica de Alta Especialidad, Instituto Mexicano del Seguro Social. Puebla, México.

Recibido: 20/09/2025. Aceptado: 20/10/2025.

**Citar como:** García OM, Rodríguez VJM, Morales BLE, García CF, Landa VDB, Ramírez LE. Ratio ventilatorio en pacientes operados de cirugía cardiotorácica con y sin fracaso de la extubación. Med Crit. 2026;40(3):188-196. <https://dx.doi.org/10.35366/123719>

la separación del ventilador mecánico de manera exitosa. Por lo tanto, dicha separación a menudo se realiza como una transición gradual del soporte ventilatorio total a la respiración espontánea.<sup>3</sup> En 2005, durante la Conferencia Internacional de Consenso sobre Medicina Intensiva, se discutió el tema definiendo al fracaso de la extubación como la necesidad de reintubación dentro de las 48 horas posteriores a la extubación o fracaso de la prueba de ventilación espontánea (PVE). En dicho consenso, se clasificó a los pacientes según la dificultad y la duración del proceso de extubación; el grupo de *weaning* simple incluyó a los pacientes que superan con éxito la PVE inicial y son extubados con éxito al primer intento, el *weaning* difícil integró a los pacientes que requieren hasta tres PVE o hasta siete días para lograr la extubación exitosa, y el *weaning* prolongado agrupó a los pacientes que requieren más de tres PVE o más de siete días tras la primera PVE.<sup>4</sup>

El fracaso de la extubación se define como la imposibilidad de pasar una PVE o la necesidad de reintubación dentro de las 48 horas posteriores a la extubación. Existen diversas causas que pueden llevar al fracaso, por ejemplo, una resistencia elevada de las vías respiratorias, disminución de la *compliance* y el deterioro del intercambio de gases, la disfunción cerebral que está relacionada con el delirium, la carga adicional que provoca la transición de la ventilación mecánica (VM) a la respiración espontánea afecta a la precarga y postcarga ventricular generando mayor consumo de oxígeno, también la disfunción diafragmática y, por último, los trastornos endocrinos.<sup>5</sup>

### Prueba de ventilación espontánea

La primera PVE debe realizarse tan pronto como el paciente cumpla con los siguientes criterios: resolución de la enfermedad por la cual el paciente fue intubado, estabilidad cardiovascular sin necesidad o con un mínimo de vasopresores, sin sedación continua y oxigenación adecuada definida como  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  de al menos 150 mmHg con presión positiva al final de la espiración (PEEP) de hasta 8  $\text{cmH}_2\text{O}$ .<sup>6</sup>

Existen varias técnicas para realizar una PVE con distintos tipos de soporte; una prueba con pieza en T implica desconectar al paciente del respirador y proporcionar oxígeno adicional; una prueba de ventilación con soporte de presión (PSV) se realiza sin desconectar al paciente del respirador, utilizando niveles bajos de soporte de presión (PS 5-8  $\text{cmH}_2\text{O}$ ,  $\text{PEEP} \leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$ ,  $\text{FiO}_2$  0.4-0.5); la tolerancia a una PVE de 30 a 120 minutos debe motivar la consideración de la liberación permanente del respirador. Sin embargo, si un paciente no logra superar una PVE, se debe determinar la causa del fracaso de la respiración espontánea, corregirla y volver a intentar la respiración espontánea cada 24 ho-

ras y combinarla con el despertar espontáneo, debiendo recibir una forma de soporte ventilatorio estable, que no los fatigue y sea cómoda.<sup>7</sup>

### Predictores de fracaso de la extubación

**f/VT:** un  $\text{f/VT} > 105$  respiraciones/min/L se asocia con el fracaso del destete, mientras que un  $\text{f/VT} < 105$  respiraciones/min/L predice el éxito del destete con una sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo del 97 %, 64 %, 78 % y 95 %, respectivamente.<sup>8</sup>

**$\text{P0}_1$ :** es la presión negativa de la vía aérea generada por el paciente durante los primeros 0.1 s contra una vía aérea ocluida. Estima el impulso neuromuscular para respirar y evalúa el esfuerzo inspiratorio del paciente, el valor normal oscila entre 1 a 4  $\text{cmH}_2\text{O}$ .<sup>9</sup>

**NIF (fuerza inspiratoria negativa):** indica el esfuerzo máximo de los músculos inspiratorios durante la inhalación contra una vía aérea obstruida, evaluando la fuerza de los músculos respiratorios, con un valor de  $\text{NIF} \leq -26 \text{ cmH}_2\text{O}$  predice una extubación exitosa.<sup>10</sup>

### Ratio ventilatorio

El ratio ventilatorio (RV) se define como  $\text{RV} = [\text{V}_\text{E} \text{ medido (mL/min)} \times \text{PaCO}_2] / (100 \times \text{peso predicho} \times 37.5)$ ,<sup>11</sup> siendo un índice de eficiencia ventilatoria y espacio muerto. Esto se debe a que el aumento del espacio muerto y las altas demandas ventilatorias imponen una limitación a la ventilación sin asistencia y pueden predisponer a los pacientes a esfuerzos fuertes y lesivos durante la ventilación asistida.<sup>12</sup> Para calcular el peso predicho, se utiliza la calculadora de ARDSnetwork y se calcula utilizando la fórmula (talla en centímetros  $- 152.4 \times 0.91 + 50$  en hombres; y talla en centímetros  $- 152.4 \times 0.91 + 45.5$  en mujeres); el valor predicho utilizado para  $\text{PaCO}_2$  (presión arterial de dióxido de carbono) es 37.5 mmHg.<sup>13</sup>

### Utilidad del ratio ventilatorio

El RV es un índice validado en modos controlados de ventilación mecánica (VM); es de uso frecuente y, dada la facilidad de su cálculo a la cabecera del paciente registrando la  $\text{PaCO}_2$  y la ventilación minuto, puede utilizarse como sustituto de la fracción de espacio muerto ( $\text{VD/VT}$ ) y un valor cercano a 1 significa que la ventilación pulmonar es normal.<sup>11</sup>

Otro uso del ratio ventilatorio en relación con el  $\text{VD/VT}$  es el utilizado para asociarse con la mortalidad en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), realizando mediciones de gases arteriales y de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) espirado mediante capnografía volumétrica y mediante la fórmula de RV, encon-

trando que valores de  $RV > 2$  tienen mayor mortalidad y se asocian con un mayor espacio muerto pulmonar.<sup>14</sup>

También, se ha descrito que existe una trayectoria ascendente del RV hasta el día siete con una posterior meseta hasta el día 21, encontrando que pacientes no supervivientes muestran un RV más elevado que los supervivientes, concluyendo que la asociación entre el RV y la mortalidad persisten en pacientes con SDRA que requieren ventilación mecánica prolongada.<sup>15</sup>

Esquivel y colaboradores estudiaron el RV como índice predictor de fracaso del retiro de la VM invasiva y descubrieron que un  $RV > 1.4$  logra identificar pacientes con pronóstico de destete desfavorable con sensibilidad de 82.6%, especificidad de 56.4%, valor predictivo positivo de 52.8% y valor predictivo negativo de 84.6%.<sup>16</sup>

A lo largo del tiempo, han surgido múltiples escalas y predictores que nos ayudan a predecir el riesgo de fracaso de la extubación en pacientes críticamente enfermos con ventilación mecánica invasiva en diferentes lapsos de tiempo. Sin embargo, muchas han demostrado ineficiencia para lograr su cometido; en este estudio en específico aplicamos el ratio ventilatorio como predictor en extubación. Se conoce poco acerca de la utilidad de esta fórmula matemática para predecir el fracaso de la extubación, los únicos estudios realizados han sido retrospectivos y su uso ha sido estrictamente aplicado en pacientes con SDRA, mientras que en este estudio se aplicó en pacientes operados de cirugía cardiotorácica.

La importancia del RV radica en que es un método accesible para predecir el fracaso en la extubación, y su utilidad no debería limitarse únicamente a pacientes con SDRA.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Pregunta de investigación:** ¿cuál es la diferencia del ratio ventilatorio de los pacientes operados de cirugía cardiotorácica con y sin fracaso de la extubación?

**Objetivo general:** comparar el ratio ventilatorio de los pacientes operados de cirugía cardiotorácica con y sin fracaso de la extubación.

**Objetivos específicos:** 1) Describir las características sociodemográficas de los pacientes operados de cirugía cardiotorácica con ventilación mecánica. 2) Describir la mecánica ventilatoria y variables hemodinámicas de los pacientes operados de cirugía cardiotorácica. 3) Determinar la prevalencia del éxito y fracaso de la extubación de pacientes operados de cirugía cardiotorácica. 4) Evaluar la sensibilidad y especificidad del ratio ventilatorio en pacientes con y sin fracaso de la extubación operados de cirugía cardiotorácica.

**Hipótesis:** existe diferencia en el ratio ventilatorio de los pacientes operados de cirugía cardiotorácica con y sin fracaso de la extubación.

## Criterios de selección del estudio

**Criterios de inclusión:** pacientes de 18 o más años. Pacientes operados de cirugía cardiotorácica. Pacientes bajo ventilación mecánica invasiva. Pacientes en quienes se pueda realizar prueba de ventilación espontánea. Pacientes que cuenten con gasometría arterial previa a la extubación.

**Criterios de exclusión:** pacientes con traqueostomía. Extubación fortuita.

**Criterios de eliminación:** pacientes que fallezcan en la UCI antes de cumplir 48 horas postextubación. Fallecimiento en el quirófano o antes de cumplir 48 horas postextubación.

## Diseño del estudio

Estudio descriptivo, observacional, comparativo, transversal, unicéntrico, prospectivo y homodémico realizado en la Unidad de Cuidados Intensivos de la Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Especialidades de Puebla del 1 de enero al 31 de julio de 2025 que ingresaron provenientes de quirófano con ventilación mecánica invasiva operados de algún tipo de cirugía cardiotorácica.

**Estrategia del estudio:** Etapa 1: elaboración de la historia clínica. Etapa 2: evaluación del perfil hemodinámico. Etapa 3: cálculo del ratio ventilatorio. Etapa 5: extubación.

Se realizó el cálculo del ratio ventilatorio con la siguiente fórmula:

$$RV = \frac{[V_E \text{ medido (mL/min)} \times PaCO_2]}{(100 \times \text{peso predicho} \times 37.5)}$$

El peso predicho se calculó con la fórmula de ARDS-network (talla en centímetros – 152.4 × 0.91 + 45.5 para mujeres, y talla en centímetros – 152.4 × 0.91 + 50 para hombres).

Posterior a la aceptación del protocolo por el comité de ética de nuestra unidad, se inició la recolección de datos por medio de una hoja cálculo en Excel.

**Cálculo de tamaño de muestra:** Con base en la fórmula para el cálculo de diferencia de dos proporciones, el tamaño de muestra determinada fue: 115 pacientes.

**Muestreo.** El muestreo que se realizó fue no probabilístico con diferencia de dos proporciones.

**Calidad de la información.** Se diseñó una base de datos en Excel donde se capturaron las variables de interés para obtener una adecuada calidad de los datos. La base de datos se integró al paquete estadístico IBM SPSS v. 25.0 para su análisis.

**Análisis descriptivo.** Se realizó un análisis descriptivo, utilizando frecuencias y porcentajes para variables cualitativas, y para variables cuantitativas medidas de tendencia central como media o mediana y medidas de dispersión como desviación estándar, valor mínimo a máximo o rangos intercuantiles.

En el análisis inferencial se utilizó la prueba t de Student en caso de variables continuas donde existe normalidad y en caso de variables con libre distribución se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. Para la comparación categórica se utilizó la prueba  $\chi^2$ . Se utilizaron curvas ROC para evaluar el rendimiento del RV y otras pruebas de extubación. Utilizamos las curvas de Kaplan-Meier para el análisis de la mortalidad. Se tomó como significancia estadística el valor  $p < 0.05$  y se utilizó el software estadístico SPSS versión 25 para computadora Windows.

## RESULTADOS

Durante el periodo comprendido del 1 de enero al 31 de julio de 2025, se analizaron a 115 pacientes de los cuales predominó el sexo masculino con 74 casos (64.3%), en comparación con 41 pacientes de sexo femenino (35.7%). La edad promedio de la población general fue de 57 (rango 18-82) años. En cuanto a las características antropométricas de la cohorte en estudio, se observó que el peso y el índice de masa corporal (IMC) no mostraron significancia estadística, a diferencia de la talla donde sí se observó una diferencia entre grupos ( $p = 0.001$ ) (Tabla 1).

Respecto a comorbilidades, las más frecuentes fueron la hipertensión arterial sistémica (HAS) (44.3%), diabetes mellitus (DM) (37.4%) y enfermedades cardíacas (36.5%); el resto de las comorbilidades representó 57.4% no siendo estadísticamente significativas entre nuestros grupos de estudio, a excepción del hipotiroidismo ( $p = 0.030$ ) (Tabla 1).

En cuanto a los procedimientos cardiorrácicos realizados, los más frecuentes fueron: cirugía valvular aórtica (31.3%), revascularización coronaria (30.4%) y cierre de comunicación interauricular (17.4%). El resto de las intervenciones correspondió al 20.9%; sin embargo, no se encontraron diferencias entre grupos (Tabla 1).

Las variables estudiadas en la cirugía cardiorrácica se muestran en la Tabla 2. No se observaron diferencias entre los grupos con y sin fracaso de la extubación.

En el contexto de la reanimación, tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas. Respecto al estado hemodinámico, sólo se encontró diferencia entre la milrinona [ $0.25 \pm 0.09$  ( $0.11 \pm 0.007$  vs  $0.30 \pm 0.048$ )  $\mu\text{g/kg/min}$ ,  $p = 0.002$ ], el resto de los vasopresores no demostraron significancia estadística; sin embargo, también se realizó la distribución del porcentaje de los vasopresores utilizados en la población en estudio.

Tabla 1: Variables sociodemográficas.

| Variable                   | Total<br>N = 115<br>n (%) | Con falla al retiro<br>N = 13<br>n (%) | Sin falla al retiro<br>N = 102<br>n (%) | p      |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|--------|
| Edad (años), media [rango] | 57.0 [18.0-82.0]          | 58.0 [37.0-82.0]                       | 57.0 [18.0-78.0]                        | 0.794* |
| Sexo                       |                           |                                        |                                         |        |
| Mujer                      | 41 (35.7)                 | 8 (61.5)                               | 33 (32.3)                               | 0.039† |
| Hombre                     | 74 (64.3)                 | 5 (38.4)                               | 69 (67.6)                               | 0.039† |
| Talla, m                   | 1.61 $\pm$ 0.08           | 1.54 $\pm$ 0.05                        | 1.62 $\pm$ 0.08                         | 0.001§ |
| Peso (kg), media [rango]   | 66.0 [38.0-130.0]         | 64.0 [45.0-86.0]                       | 68.0 [38.0-130.0]                       | 0.106* |
| Peso predicho, kg          | 57.3 $\pm$ 8.0            | 50.5 $\pm$ 4.8                         | 58.2 $\pm$ 8.0                          | 0.001§ |
| IMC, kg/m <sup>2</sup>     | 26.1 $\pm$ 4.1            | 26.3 $\pm$ 4.1                         | 26.1 $\pm$ 4.2                          | 0.832§ |
| Comorbilidades             |                           |                                        |                                         |        |
| DMT2                       | 43 (37.4)                 | 3 (23.0)                               | 40 (39.2)                               | 0.257† |
| HAS                        | 51 (44.3)                 | 5 (38.4)                               | 46 (45.0)                               | 0.650† |
| Hipotiroidismo             | 9 (7.8)                   | 3 (23.0)                               | 6 (5.8)                                 | 0.030† |
| Dislipidemia               | 16 (13.9)                 | 2 (15.3)                               | 14 (13.7)                               | 0.871† |
| Nefropatía                 | 18 (15.7)                 | 2 (15.3)                               | 16 (15.6)                               | 0.978† |
| Enfermedades pulmonares    | 13 (11.3)                 | 3 (23.0)                               | 10 (9.8)                                | 0.155† |
| Enfermedades cardíacas     | 42 (36.5)                 | 4 (30.0)                               | 38 (37.2)                               | 0.647† |
| Enfermedades autoinmunes   | 4 (3.5)                   | 1 (7.6)                                | 3 (2.9)                                 | 0.379† |
| Enfermedades oncológicas   | 6 (5.2)                   | 1 (7.6)                                | 5 (4.9)                                 | 0.670† |
| Tipo de cirugía valvular   |                           |                                        |                                         |        |
| Aórtica                    | 36.0 (31.3)               | 4.1 (31.5)                             | 31.9 (31.2)                             | 0.555† |
| Mitral                     | 15.0 (13.0)               | 1.7 (13.0)                             | 13.3 (13.0)                             | 0.543† |
| Tricúspide                 | 10.0 (8.7)                | 1.1 (8.4)                              | 8.9 (8.7)                               | 0.237† |
| Revascularización          | 35.0 (30.4)               | 4.0 (30.7)                             | 31.0 (30.3)                             | 0.540† |
| Procedimientos combinados  | 6.0 (5.2)                 | 0.7 (5.38)                             | 5.3 (5.19)                              | 0.369† |
| CIA                        | 20.0 (17.4)               | 2.3 (17.6)                             | 17.7 (17.3)                             | 0.177† |
| Tumores cardíacos          | 7.0 (6.1)                 | 0.8 (6.1)                              | 6.2 (6.0)                               | 0.330† |

CIA = comunicación interauricular. DMT2 = diabetes mellitus tipo 2. HAS = hipertensión arterial sistémica. IMC = índice de masa corporal.

\* U de Mann-Whitney. †  $\chi^2$ . § t de Student.

**Tabla 2:** Variables y su asociación con el fracaso del retiro de la ventilación mecánica.

| Variable                                 | Total<br>N = 115<br>n (%)  | Con fracaso<br>N = 13<br>n (%) | Sin fracaso<br>N = 102<br>n (%) | p      |
|------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------|
| <b>Cirugía cardiotorácica</b>            |                            |                                |                                 |        |
| Tiempo de circulación extracorpórea, min | 108.3 ± 35.6               | 101.0 ± 37.1                   | 109.3 ± 35.5                    | 0.457* |
| Tiempo de pinzamiento aórtico, min**     | 86.0 [14.0-199.0]          | 75.0 [14.0-106.0]              | 86.0 [27.0-199.0]               | 0.291† |
| Sangrado mayor a lo habitual             | 38.0 (33.0)                | 4.0 (30.7)                     | 34.0 (33.3)                     | 0.853§ |
| Sangrado en 24 horas, mL**               | 490.0 [0.0-2,150.0]        | 550.0 [80.0-1,310.0]           | 490.0 [0.0-2,150.0]             | 0.951† |
| <b>Transfusión, U</b>                    |                            |                                |                                 |        |
| Concentrados eritrocitarios**            | 1 [0-5]                    | 2 [0-3]                        | 1 [0-5]                         | 0.502† |
| Plasmas frescos congelados**             | 3 [0-8]                    | 3 [0-5]                        | 3 [0-8]                         | 0.730† |
| Concentrados plaquetarios**              | 0 [0-10]                   | 0 [0-5]                        | 0 [0-10]                        | 0.856† |
| Aféresis plaquetaria**                   | 0 [0-2]                    | 1 [0-2]                        | 0 [0-2]                         | 0.368† |
| Crioprecipitados**                       | 0 [0-25]                   | 0 [0-2]                        | 0 [0-25]                        | 0.324† |
| TACO                                     | 1.0 (0.8)                  | 0 (0.0)                        | 1 (0.98)                        | 0.720§ |
| TRALI                                    | 2.0 (1.7)                  | 0 (0.0)                        | 2 (1.9)                         | 0.611§ |
| <b>Reanimación, mL</b>                   |                            |                                |                                 |        |
| Ingresos**                               | 2,820 [240-8,995]          | 2,850 [711-8,960]              | 2,760.5 [240-8,995]             | 0.193† |
| Egresos**                                | 2,327 [375-28,880]         | 2,066 [696-6,650]              | 2,345.5 [375-28,880]            | 0.608† |
| Balance total**                          | 140 [-26,000-4,028]        | 250 [-200-4,028]               | 122.5 [-26,000-3,875]           | 0.080† |
| <b>Estado hemodinámico</b>               |                            |                                |                                 |        |
| Norepinefrina (µg/kg/min)                | 104 (90.43)<br>0.21 ± 0.21 | 13 (100.0)<br>0.29 ± 0.32      | 91 (89.2)<br>0.19 ± 0.18        | 0.339* |
| Dobutamina (µg/kg/min)                   | 27 (23.47)<br>4.85 ± 2.06  | 2 (15.3)<br>7.00 ± 4.24        | 25 (24.5)<br>4.68 ± 1.86        | 0.426* |
| Levosimendán (µg/kg/min)                 | 10 (8.69)<br>0.09 ± 0.05   | 1 (7.6)<br>0.10 ± 0.00         | 9 (8.8)<br>0.08 ± 0.54          | 0.852* |
| Vasopresina (U/min)                      | 17 (14.78)<br>0.05 ± 0.017 | 5 (38.4)<br>0.04 ± 0.015       | 12 (11.7)<br>0.06 ± 0.016       | 0.075* |
| Milrinona (µg/kg/min)                    | 8 (6.95)<br>0.25 ± 0.09    | 2 (15.3)<br>0.11 ± 0.007       | 6 (5.8)<br>0.30 ± 0.048         | 0.002* |
| Delta de CO <sub>2</sub> (mmHg)          | 7.00 [0.00-23.00]          | 7.00 [1.00-19.00]              | 7.00 [0.00-23.00]               | 0.856† |

TACO = *Transfusion-Associated Circulatory Overload* (sobrecarga circulatoria asociada a la transfusión). TRALI = *Transfusion-Related Acute Lung Injury* (lesión pulmonar aguda producida por transfusión). U = unidades.

\* t de Student. † U de Mann-Whitney. §  $\chi^2$ .

\*\* Valores expresados en mediana [rango].

Respecto a la ventilación mecánica, la media general del peso predicho (PP) fue de  $57.39 \pm 8.08$  kg, y al realizar comparación de medias entre grupos de estudio se observó una diferencia significativa ( $50.50 \pm 4.87$  vs  $58.27 \pm 8.00$ ,  $p = 0.001$ ); la mediana del volumen tidal (VT) fue de 430 (rango 282- 800) mL, donde también se observó una diferencia [483 (390-560) vs 425.5 (282-800),  $p = 0.003$ ]; la mediana del volumen minuto (Vmin) fue de 7.1 (rango 4.4-12.8) L/min y también fue estadísticamente significativo [9.9 (7.9-12.8 L/min) vs 6.9 (4.4-11.1 L/min),  $p < 0.001$ ] y la presión de oclusión en los primeros 100 milisegundos (p01) cuya mediana fue de 1.5 (rango 0.5- 5.5) cmH<sub>2</sub>O [3.5 (3.0-5.5) vs 1.0 (0.5-3.5),  $p < 0.001$ ]. Por otro lado, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas respecto a la PEEP [0 (0-5) vs 0 (0-5) cmH<sub>2</sub>O,  $p = 0.473$ ], presión soporte (PS) [5 (5-7) vs 5 (5-7) cmH<sub>2</sub>O,  $p = 0.473$ ], fracción inspirada de oxígeno (FiO<sub>2</sub>) [30 (21-60) vs 30 (21-60)%,  $p = 0.147$ ], índice de Yang y Tobin [41.0 (34.6-58.9) vs 38.9 (12.5-72.9) res/min/L,  $p = 0.107$ ], PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ( $282.1 \pm 100.2$  vs  $269.1 \pm 90.3$  mmHg,  $p = 0.662$ ) y en el tiempo de ventilación mecánica [48 (5-240) vs 18 (1-192) horas,  $p = 0.081$ ] (Tabla 3).

En cuanto al *weaning*, es importante mencionar que el simple, definido como el retiro de la ventilación mecánica en el primer intento o en las primeras 24 horas sin dificultad, se llevó a cabo en 72% de los pacientes, siendo estadísticamente significativo ( $p = 0.004$ ); el difícil, definido como el retiro de la ventilación mecánica que se realiza después de tres pruebas de ventilación espontánea o hasta siete días, fue de 26% y también fue estadísticamente significativo ( $p = 0.016$ ); por último, el *weaning* prolongado, definido como pacientes que fallan al menos tres pruebas de ventilación espontánea o requieren más de siete días para el retiro de la ventilación mecánica, fue de 1.7%; en este caso no se observó significancia estadística ( $p = 0.081$ ).

En general, la mediana del RV fue de 1.1 (rango 0.9-2.4), siendo en el grupo con fracaso de 2.02 (1.88-2.48) y en el grupo sin de fracaso de 1.11 (0.90-1.88), y al realizar una comparación entre grupos la diferencia fue evidente ( $p < 0.001$ ) (Tabla 3).

Por último, en cuanto a la mortalidad respecto al egreso de la UCI, fue 28.8%, de los cuales 30.7% fracasaron a la extubación, mientras 19.6% no fracasaron

sin encontrarse diferencia estadística en ambos grupos ( $p = 0.351$ ) (*Tabla 3 y Figura 1*).

Posteriormente se realizó el análisis del ratio ventilatorio y otros predictores de extubación ( $pO_1$  e índice de Yang y Tobin) en la población en estudio y se descubrió que un  $RV > 1.8$  tuvo mejor rendimiento para predecir el fracaso de la extubación con un área bajo la curva de 0.999, con un buen intervalo de confianza (0.997-1.000) y con una muy buena significancia estadística  $p < 0.001$ . Respecto al  $pO_1$ , se encontró un buen rendimiento con un área bajo la curva de 0.992, buen intervalo de confianza y significancia estadística  $p < 0.001$ , fue superior, así como también lo fue frente al índice de Yang y Tobin (ABC 0.638,  $p = 0.107$ ).

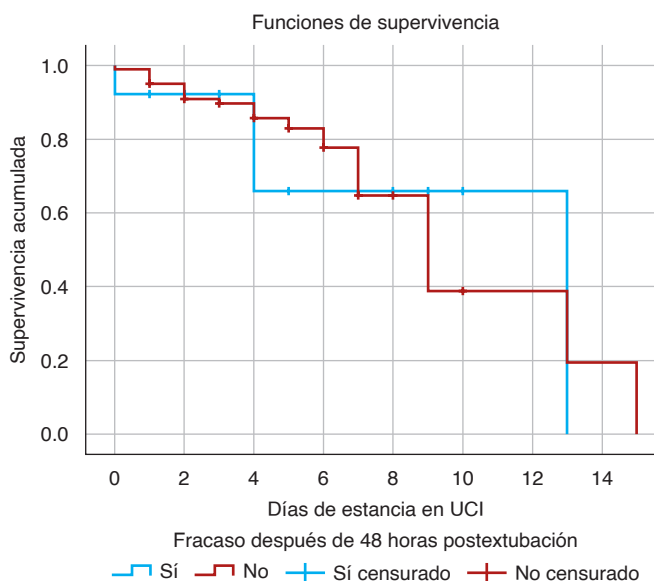
Se realizó un análisis de la mortalidad general de los pacientes en la UCI, la cual fue de 20.8%. La mortalidad en el grupo de fracaso fue de 30.7% mientras que en los pacientes sin fracaso fue de 19.6% (*Tabla 3*). Además, cuando analizamos la mortalidad dependiendo el valor del RV, observamos que en los pacientes con  $RV > 1.8$  la mortalidad fue de 35.7% y los pacientes con  $< 1.8$  fue de 18.8% (*Figuras 1 y 2*).

## DISCUSIÓN

El presente estudio comparó a 115 pacientes operados de cirugía cardiotorácica, a quienes se les midió el ratio ventilatorio (RV) antes del proceso de extubación. Trece pacientes con RV alto fracasaron en la extubación, mientras que 102 con RV bajo lograron liberarse sin fracaso a las 48 horas. Este hallazgo demuestra que

el RV es un marcador útil para optimizar el proceso de extubación.

En estudios previos, realizados en 785 pacientes, se observó que en 44.7% de las mujeres tuvieron mayor probabilidad de requerir ventilación no invasiva para evitar el fracaso, comparado con 34.3% de los hombres,<sup>17</sup> lo cual es similar a lo encontrado en nuestro estudio, donde el porcentaje de fracaso en mujeres fue mayor con respecto a los hombres (6.9 vs 4.3%, respectivamente).



**Figura 1:** Mortalidad al egreso de Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) 48 horas postextubación.

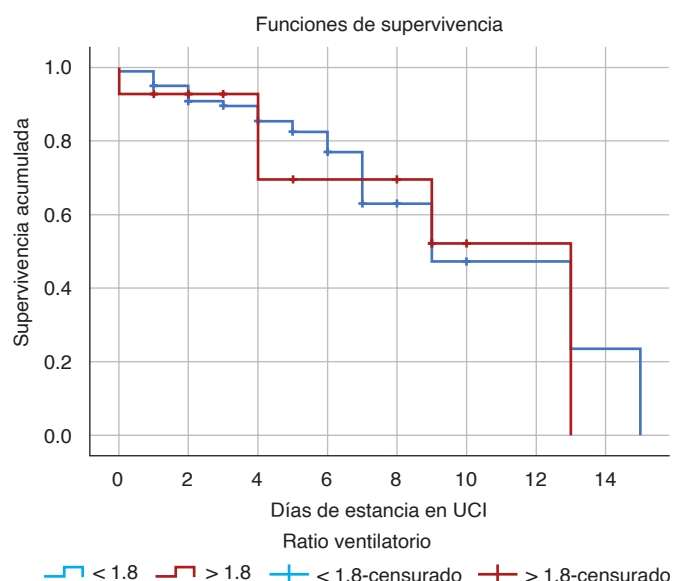
**Tabla 3:** Comparación de variables asociadas a ventilación mecánica.

| Variable                                  | Total<br>N = 115<br>n (%) | Con fracaso<br>N = 13<br>n (%) | Sin fracaso<br>N = 102<br>n (%) | p                    |
|-------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Ventilación mecánica                      |                           |                                |                                 |                      |
| VT, mL**                                  | 430.0 [282.0-800.0]       | 483.0 [390.0-560.0]            | 425.5 [282.0-800.0]             | 0.003 <sup>†</sup>   |
| Vmin, L/min**                             | 7.1 [4.4-12.8]            | 9.9 [7.9-12.8]                 | 6.9 [4.4-11.1]                  | < 0.001 <sup>†</sup> |
| PEEP, cmH <sub>2</sub> O**                | 0.0 [0.0-5.0]             | 0.0 [0.0-5.0]                  | 0.0 [0.0-5.0]                   | 0.473 <sup>†</sup>   |
| PS, cmH <sub>2</sub> O**                  | 5.0 [5.0-7.0]             | 5.0 [5.0-7.0]                  | 5.0 [5.0-7.0]                   | 0.473 <sup>†</sup>   |
| FiO <sub>2</sub> **                       | 30.0 [21.0-60.0]          | 30.0 [21.0-60.0]               | 30.0 [21.0-60.0]                | 0.147 <sup>†</sup>   |
| PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> , mmHg | 270.6 ± 91.1              | 282.1 ± 100.2                  | 269.1 ± 90.3                    | 0.662 <sup>‡</sup>   |
| Índice de Yang y Tobin, res/min/L**       | 39.0 [12.5-72.9]          | 41.0 [34.6-58.9]               | 38.9 [12.5-72.9]                | 0.107 <sup>†</sup>   |
| pO <sub>1</sub> , cmH <sub>2</sub> O**    | 1.5 [0.5-5.5]             | 3.5 [3.0-5.5]                  | 1.0 [0.5-3.5]                   | < 0.001 <sup>†</sup> |
| Horas de ventilación mecánica**           | 18.0 [1.0-240.0]          | 48.0 [5.0-240.0]               | 18.0 [1.0-192.0]                | 0.081 <sup>†</sup>   |
| Weaning                                   |                           |                                |                                 |                      |
| Simple                                    | 83 (72.1)                 | 5 (38.4)                       | 78 (76.4)                       | 0.004 <sup>§</sup>   |
| Difícil                                   | 30 (26.0)                 | 7 (53.8)                       | 23 (22.5)                       | 0.016 <sup>§</sup>   |
| Prolongado                                | 2.0 (1.7)                 | 1 (7.6)                        | 1 (7.6)                         | 0.081 <sup>§</sup>   |
| Ratio ventilatorio**                      | 1.1 [0.9-2.4]             | 2.02 [1.88-2.48]               | 1.1 [0.90-1.88]                 | < 0.001 <sup>†</sup> |
| Mortalidad                                | 24 (28.8)                 | 4 (30.7)                       | 20 (19.6)                       | 0.351 <sup>§</sup>   |

FiO<sub>2</sub> = fracción inspirada de oxígeno medida en porcentaje. pO<sub>1</sub> = presión de oclusión de la vía aérea a los primeros 100 milisegundos del inicio de la inspiración. PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> = cociente entre la presión parcial de oxígeno a nivel arterial y la fracción inspirada de oxígeno. PEEP = *Positive End-Expiratory Pressure* (presión positiva al final de la espiración). PS = presión soporte. res/min/L = respiraciones por minuto por litro. Vmin = volumen minuto. VT = volumen tidal.

<sup>†</sup> U de Mann-Whitney. <sup>‡</sup> t de Student. <sup>§</sup>  $\chi^2$ .

\*\* Valores expresados en mediana [rango].



**Figura 2:** Mortalidad de acuerdo con el ratio ventilatorio en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).

En nuestro estudio, los pacientes con una talla y peso predicho más bajos tuvieron mayor tasa de fracaso al momento de la extubación. Resultados similares fueron reportados por Chung y colaboradores, quienes observaron que los pacientes de mayor talla tenían una probabilidad significativamente menor de fracaso de la extubación; esto debido a que los pacientes con talla baja presentaban menor fuerza muscular y mayor dificultad al manejo de las secreciones.<sup>18</sup> Este hallazgo respalda nuestras observaciones.

Las comorbilidades que encontramos en los pacientes operados de cirugía cardiotorácica de nuestro estudio fueron similares a las descritas por Chung y colaboradores, quienes reportan que la prevalencia de enfermedades crónicas como la hipertensión arterial [HAS] (64.3%), diabetes mellitus tipo 2 [DMT2] (30.1%) y enfermedad pulmonar obstructiva (10.9%) fueron las más frecuentes.<sup>19</sup> En nuestro estudio la prevalencia de HAS fue de 44.3%, DMT2 de 37.4% y enfermedades pulmonares de 11.3%, por lo cual coincidimos con sus hallazgos.

Es importante mencionar que el hipotiroidismo se presentó en 50% de pacientes que fracasaron a la extubación, comparado con los que no fracasaron, de forma significativa; esta situación ya había sido reportada por Lin y asociados, donde un grupo de pacientes con hipotiroidismo presentó complicaciones respiratorias hospitalarias, mayor tasa de reintubación y de necesidad traqueostomía; esto se debe a que el hipotiroidismo afecta a los músculos respiratorios y alveolos, lo que disminuye la capacidad de difusión y aumenta la permeabilidad disminuyendo el impulso ventilatorio de los músculos respiratorios.<sup>20</sup>

Respecto a la principal cirugía cardiotorácica efectuada, en nuestro estudio la cirugía valvular aórtica (31.3%) fue la que se realizó con más frecuencia. Estos hallazgos son similares a los reportados por Kempny y su equipo, cuyo estudio menciona que la cirugía de cambio valvular aórtico (81.3%) también fue la que se realizó con más frecuencia.<sup>21</sup>

Un punto interesante en nuestra investigación fue que los pacientes que requirieron inotrópico en el postquirúrgico inmediato, y en quienes se utilizó milrinona a dosis óptimas ( $0.30 \pm 0.048$ ,  $\mu\text{g/kg/min}$ ), tuvieron menos porcentaje de fracaso, con una diferencia estadísticamente significativa. Esta situación había sido reportada por Prajapati y colegas, quienes encontraron que en pacientes que fueron sometidos a cirugía correctiva por cardiopatías congénitas y que recibieron dosis óptimas de milrinona ( $0.35$ - $0.75$   $\mu\text{g/kg/min}$ ) presentaron tiempos más cortos de ventilación mecánica; debido a que un efecto de la milrinona es la disminución de la presión media de la arteria pulmonar (PMAP),<sup>22</sup> podría beneficiar a los pacientes con PMAP alta, por lo que sería importante continuar estudios al respecto.

Estudios realizados por Yang y Tobin<sup>23</sup> encontraron que pacientes ventilados mecánicamente con un VT > 352 mL tenían mayor tendencia al fracaso en la extubación; a diferencia de nuestro estudio, donde la mediana de VT fue mayor. Este resultado podría explicarse por las discrepancias en las poblaciones estudiadas, ya que en nuestro ensayo únicamente analizamos a pacientes operados de cirugía cardiotorácica, mientras Yang y Tobin solo evaluaron a pacientes con patologías no quirúrgicas. Por lo que diferimos en sus resultados.

Cabe mencionar que, en nuestro estudio, un Vmin de 9.9 (7.9-12.8) L/min favoreció el fracaso de la extubación. A diferencia de lo reportado por Yang y Tobin, donde un Vmin > 15 L/min produjo mayor fracaso.<sup>23</sup> Miu y colaboradores realizaron un estudio de 2,007 pacientes, de los cuales 1,628 no fracasaron mientras que 379 lo hicieron; en esta investigación los pacientes que necesitaban Vmin altos, fracasaban con mayor frecuencia, debido al desequilibrio que existe en la demanda y la capacidad de los músculos respiratorios.<sup>24</sup> Por lo cual, apoyamos la idea de que un Vmin alto limita la progresión de la ventilación mecánica.

Respecto al retiro de la ventilación mecánica, se analizaron índices comúnmente utilizados en la UCI, dentro de los cuales encontramos diferencias en los pacientes con puntajes mayores de p01, resultados que fueron concordantes con los hallados por Flora y asociados, quienes registraron mayores niveles de p01 en pacientes que fracasaron en la extubación;<sup>25</sup> esta condición puede ser explicada por una disminución de la capacidad neuromuscular, atrofia muscular y por aumento del trabajo respiratorio secundario a la necesidad de respirar más intensamente. Lo que nos hace respaldar sus observaciones.

Asimismo, encontramos que los pacientes a quienes se le realizó un *weaning* simple, fracasaron menos en comparación con aquellos que lo hicieron de manera prolongada. Esta situación es muy importante, porque el trabajo de Jeong y colaboradores informó que un *weaning* prolongado incrementa la mortalidad en UCI, post-UCI y hospitalaria de manera estadísticamente significativa.<sup>2</sup> Parece ser que realizar un *weaning* simple disminuye la mortalidad en la UCI, por lo que recomendamos realizarlo en la práctica diaria.

Debemos informar que encontramos diferencias estadísticamente significativas en el valor del RV entre el grupo de fracaso y no fracaso de la extubación. Al realizar un análisis del rendimiento del RV para predecir fracaso de la extubación, encontramos que, en nuestro estudio, un  $RV > 1.8$  tuvo sensibilidad de 100% y especificidad de 90%. Intentamos contrastar nuestros resultados con otras investigaciones; sin embargo, no encontramos trabajos similares al nuestro, por lo que este resultado debe tomarse con reserva hasta contar con más evidencia. Existe un estudio retrospectivo realizado en 62 pacientes por Esquivel y su grupo, donde se evaluó el RV en pacientes con SDRA con un mejor rendimiento en valores  $> 1.4$ , con sensibilidad de 82.6% y especificidad de 56.4%.<sup>16</sup> A pesar de que las características de los pacientes del estudio de Esquivel y colaboradores son diferentes a las de nuestro ensayo, ambos estudios informan que niveles altos de RV pueden discriminar entre pacientes que fracasaron y los que no fracasaron en la extubación.

Además, otro estudio retrospectivo realizado por Yang y colaboradores, en el que incluyeron a 3,569 en pacientes con SDRA, encontraron que un  $RV > 1.595$  se asoció de manera estadísticamente significativa con mayor fracaso de la extubación.<sup>23</sup> Esta elevación del RV se asoció a factores como deterioro de la función neuromuscular, incremento de la carga respiratoria, debilidad de músculos respiratorios y disminución en el flujo sanguíneo a nivel muscular respiratorio. Por lo tanto, hubiera sido interesante haber realizado un análisis de la fuerza muscular en nuestro estudio, para determinar si este factor es determinante en los pacientes operados de cirugía cardíaca, donde la patología es más aguda que en pacientes con SDRA. Por lo que abrimos la posibilidad de realizar futuras investigaciones sobre este tema.

Finalmente, es relevante señalar que la mortalidad en nuestra cohorte de pacientes con  $RV > 1.8$  fue de 30.7%. En relación con este resultado, Parada-Gereda y asociados reportaron una mortalidad a 30 días superior al 48.8% en pacientes con RV mayor a 2.<sup>11</sup> La discrepancia entre este porcentaje y el de nuestro estudio podría deberse a que el trabajo de Parada-Gereda incluyó pacientes con SDRA, a diferencia de nuestro estudio, que no registró casos de SDRA. Además, Sinha y su grupo informaron que un RV mayor a 1.55 in-

crementó la probabilidad de no supervivencia dos veces más que en pacientes con RV menores.<sup>13,26</sup>

## CONCLUSIONES

En este estudio encontramos que el RV es diferente en pacientes con y sin fracaso de la extubación que fueron operados de cirugía cardiotorácica; además, podría ser útil para progresar a los pacientes que se encuentren en proceso de *weaning* y tuvo un mejor rendimiento frente a índices avalados para predecir el fracaso de la extubación como la p01 y el índice de Yang y Tobin. El RV podría incorporarse en los protocolos de extubación para reducir el riesgo de fracaso de la extubación en pacientes operados de cirugía cardiotorácica; sin embargo, se necesitan más estudios para poder contrastar nuestros resultados.

## REFERENCIAS

1. Pham T, Heunks L, Bellani G, Madotto F, Aragao I, Beduneau G, et al. *Weaning from mechanical ventilation in intensive care units across 50 countries (WEAN SAFE): a multicentre, prospective, observational cohort study. Lancet Respir Med.* 2023;11(5):465-476.
2. Jeong BH, Ko MG, Nam J, Yoo H, Chung CR, Suh GY, et al. Differences in clinical outcomes according to *weaning* classifications in medical intensive care units. *PLoS One.* 2015;10(4):e0122810.
3. Perren A, Brochard L. *Managing the apparent and hidden difficulties of weaning from mechanical ventilation.* Vol. 39, Intensive Care Medicine. Springer Verlag; 2013. pp. 1885-1895.
4. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. *Weaning from mechanical ventilation. Eur Respir J.* 2007;29(5):1033-1056.
5. Heunks LM, van der Hoeven JG. Clinical review: the ABC of weaning failure--a structured approach. *Crit Care.* 2010;14(6):245.
6. Thille AW, Cortés-Puch I, Esteban A. *Weaning from the ventilator and extubation in ICU. Curr Opin Crit Care.* 2013;19(1):57-64.
7. Akella P, Voigt LP, Chawla S. To wean or not to wean: a practical patient focused guide to ventilator *weaning. J Intensive Care Med.* 2022;37(11):1417-1425.
8. Karthika M, Al Enezi FA, Pillai LV, Arabi YM. Rapid shallow breathing index. *Ann Thorac Med.* 2016;11(3):167-176.
9. Pavez N, Damiani LF. Inspiratory and expiratory pause during pressure support ventilation: maneuvers that we should incorporate into clinical practice. *Med Intensiva (Engl Ed).* 2022;46(4):213-216.
10. Vu PH, Tran VD, Duong MC, Cong QT, Nguyen T. Predictive value of the negative inspiratory force index as a predictor of *weaning* success: a cross sectional study. *Acute Crit Care.* 2020;35(4):279-285.
11. Parada-Gereda HM, Avendaño JM, Melo JE, Ruiz CI, Castañeda MI, Medina-Parra J, et al. Association between ventilatory ratio and mortality in patients with acute respiratory distress syndrome and COVID 19: a multicenter, retrospective cohort study. *BMC Pulm Med.* 2023;23(1):425.
12. Prokhou A, Papadakis E, Kondili E, Tserlikakis N, Karageorgos V, Konstantinou I, et al. Ventilatory ratio threshold for unassisted breathing: a retrospective exploratory analysis. *Respir Care.* 2021;66(11):1699-1703.
13. Sinha P, Fauvel NJ, Singh S, Soni N. Ventilatory ratio: a simple bedside measure of ventilation. *Br J Anaesth.* 2009;102(5):692-697.
14. Sinha P, Calfee CS, Beitler JR, Soni N, Ho K, Matthay MA, et al. Physiologic analysis and clinical performance of the ventilatory

- ratio in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;199(3):333-341.
15. Papoutsis E, Giannakoulis VG, Routsis C, Kotanidou A, Siempos II. Association between ventilatory ratio and mortality persists in patients with ARDS requiring prolonged mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2023;49(7):876-877.
  16. Esquivel PA, Gaytán GCJ, Herrera PLJ, del Mazo MB, Martínez DBA, Aguirre SJS. Ratio ventilatorio como índice predictor de fracaso al retiro de la ventilación mecánica invasiva en el paciente críticamente enfermo. *Med Crit*. 2023;37(7):525-533.
  17. Roser E, Michels-Zetsche JD, Ersoz H, Neetz B, Hoger P, Trinkmann F, et al. Differences between women and men in prolonged weaning. *Respir Res*. 2024;25(1):363.
  18. Chung WC, Sheu CC, Hung JY, Hsu TJ, Yang SH, Tsai JR. Novel mechanical ventilator weaning predictive model. *Kaohsiung J Med Sci*. 2020;36(10):841-849.
  19. Clough RA, Leavitt BJ, Morton JR, Plume SK, Hernandez F, Nugent W, et al. The effect of comorbid illness on mortality outcomes in cardiac surgery. *Arch Surg*. 2002;137(4):428-32; discussion 432-3. Available in: <http://archsurg.jamanetwork.com/>
  20. Lin JY, Kao PC, Tsai YT, Chung CH, Chien WC, Lin CY, et al. Hypothyroidism is correlated with ventilator complications and longer hospital days after coronary artery bypass grafting surgery in a relatively young population: a nationwide, population-based study. *J Clin Med*. 2022;11(13):3881.
  21. Kempny A, Dimopoulos K, Uebing A, Diller GP, Rosendahl U, Belitsis G, et al. Outcome of cardiac surgery in patients with congenital heart disease in England between 1997 and 2015. *PLoS One*. 2017;12(6):e0178963.
  22. Prajapati M, Patel J, Patel H, Gandhi H, Singh G, Patel P. Assessment of the effect of two regimens of milrinone infusion in paediatric patients with pulmonary artery hypertension undergoing corrective cardiac procedure: a prospective observational study. *Ann Pediatr Cardiol*. 2022;15(4):358-363.
  23. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324(21):1445-1450.
  24. Miu T, Joffe AM, Yanez ND, Khandelwal N, Dagal AHC, Deem S, et al. Predictors of reintubation in critically ill patients. *Respir Care*. 2014;59(2):178-185.
  25. Delamaire F, Adel M, Pauline G, Quentin Q, Valentin C, Benoit P, et al. Automatic continuous P0.1 measurements during weaning from mechanical ventilation: a clinical study. *Ann Intensive Care*. 2025;15(1):47.
  26. Sinha P, Fauvel NJ, Singh P, Soni N. Analysis of ventilatory ratio as a novel method to monitor ventilatory adequacy at the bedside. *Crit Care*. 2013;17(1):R34.

**Conflicto de intereses:** los autores declaran que no tienen ningún interés financiero ni relaciones personales que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este documento.

*Correspondencia:*

**Edith Ramírez Lara**

**E-mail:** kdoi7@hotmail.com