



BUAP

**Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los
Trabajadores del Estado**

**Dirección de Estudios de Posgrado del Área de la Salud
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

Facultad de Medicina

**“Utilidad predictora para extubación fallida de la diferencia arteriovenosa
de CO2 en comparación con la saturación venosa central en pacientes
críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital
Regional ISSSTE Puebla”**

**Para obtener el diploma en la especialidad de
“Medicina del Enfermo en Estado Crítico”**

Presenta:

Dra. Karla Ramírez Fragoso

Asesor Experto:

Dr. Sergio Reyes Inurrigarro

Asesor Metodológico:

M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero.

Número de registro:

30_ISSSTEPUE_2024



Puebla de Zaragoza 05 de Marzo de 2025

DEDICATORIAS

A mis seres queridos, que con su amor y apoyo incondicional me han acompañado en este largo y emocionante camino. A mis padres, por su sabiduría y dedicación. A mi esposo, por su paciencia y comprensión. A mis amigos, por su compañía y motivación.

A todos aquellos que han creído en mí y me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Su confianza y apoyo han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

Una dedicatoria especial a mi hijo quién fué la motivación mas grande que tuve para lograr este gran paso.

“La verdadera fuerza no proviene de la violencia, sino de la comprensión y la sabiduría” – Yoda

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis ha sido posible gracias al apoyo y colaboración de muchas personas, a quienes quiero expresar mi más sincero agradecimiento.

A mis padres Gregorio y Guadalupe por su amor, apoyo y sacrificio constante durante toda mi vida académica.

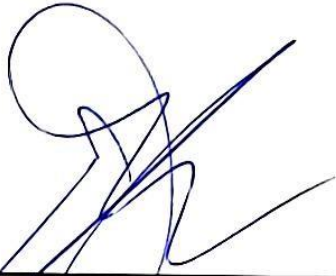
A mi amado esposo José Adán por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación y formación académica.

Y finalmente, agradezco a todos aquellos que han creído en mí y me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.


AUTORIZACIÓN




Dr. Carlos Efraim Ruiz Cancino
Director Médico



Mtro. Mario Alberto Sorcia Aguilar
Coordinación de enseñanza e
investigación



M.D., Ph.D. José Luis Gálvez Romero
Jefatura de Investigación



Dr. Sergio Reyes Inurrigarro
Asesor Experto



Dra. Karla Ramírez Frago
Tesisista

TABLA DE CONTENIDO

I. LISTA DE ABREVIATURAS	6
II. LISTA DE TABLAS	7
III. LISTA DE GRÁFICOS Y ESQUEMAS.....	8
1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	11
3. ANTECEDENTES.....	13
4. ANTECEDENTES ESPECIFICOS.....	15
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
6. JUSTIFICACIÓN	20
7. OBJETIVOS	21
7.1. Objetivo general	21
7.2. Objetivos específicos.....	21
8. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
8.1. Diseño de estudio.....	21
8.2. Población de estudio.....	21
8.3. Definición del grupo control.....	21
8.4. Grupo a intervenir	21
8.5. Criterios de inclusión.....	22
8.6. Criterios de exclusión.	22
8.7. Tipo de muestreo.....	22
8.8. Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra.....	22
9. DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES.....	23
10. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS.....	24
11. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25

12. ASPECTOS ÉTICOS.....	26
13. CONFLICTO DE INTERES	26
14. RESULTADOS	27
15. DISCUSIÓN.....	33
16. CONCLUSIONES.....	35
16.1. Conclusiones específicas.....	35
16.2. Conclusión general	35
17. RECOMENDACIONES	36
18. PROPUESTA DE MEJORA	36
IV. BIBLIOGRAFIA	37
V. ANEXOS.....	40

I. LISTA DE ABREVIATURAS

- **APACHE II:** *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II*
- **AUC:** *Área bajo la curva*
- **CO₂:** *Dióxido de carbono*
- **DAvCO₂:** *Diferencia arteriovenosa de CO₂*
- **SOFA:** *Sepsis Organ Failure Assessment.*
- **SVcO₂:** *Saturación venosa central de oxígeno*

II. LISTA DE TABLAS

- **Tabla 1.** Características demográficas, antropométricas y clínicas de la población de estudio.
- **Tabla 2.** Caracterización bioquímica de la muestra de estudio.
- **Tabla 3.** Comparación de delta CO₂ y SVcO₂ en función del resultado esperado (fracaso a la extubación)

III. LISTA DE GRÁFICOS Y ESQUEMAS

- **Gráfico 1.** Modificaciones en Delta de CO₂ durante proceso de extubación de la muestra.
- **Gráfico 2.** Modificaciones en SVcO₂ durante proceso de extubación de la muestra
- **Gráfico 3.** Estimación del área bajo la curva (AUC), sensibilidad y especificidad para predecir extubación fallida a los 30 y 60 minutos post extubación.
- **Esquema 1.** Diagrama de flujo de técnica y procedimiento realizado.

1. RESUMEN

Antecedentes.

El protocolo de liberación de la ventilación mecánica previo a la extubación es un paso esencial para determinar la posibilidad de retiro de este tratamiento. El fracaso a la extubación se asocia con aumento de la morbilidad y mortalidad. La saturación venosa central de oxígeno y la diferencia arteriovenosa de CO2 son variables que evalúan de manera integral los determinantes de la relación aporte/consumo de oxígeno y su repercusión a nivel tisular, es por ello se han empleado como marcadores indirectos de la pérdida de esta relación y potencialmente como predictores de fracaso.

Objetivo.

Comparar la utilidad de la diferencia arteriovenosa de CO2 vs la saturación venosa central como predictores de extubación fallida en pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla.

Material y método.

Los pacientes con ventilación mecánica y bajo protocolo de liberación fueron considerados para estudio, se valoraron gasometrías venosas centrales y arteriales 5 minutos previo a la extubación, 30 y 60 minutos posterior a la extubación, se calculó la diferencia de CO2 arteriovenosa y saturación venosa central y se determinó cuál de ellas tiene mayor impacto en la predicción de fallo a la extubación.

Resultados.

Se incluyeron 55 pacientes, 50.9% eran hombres, 38% padecían hipertensión arterial sistémica. Se encontraron diferencias entre los grupos de estudio en función del resultado esperado en el delta de CO2 a los 30 minutos: media de 4.6 (DE \pm 2.1, $p=0.002$), a los 60 minutos: media de 4.1 (DE \pm 2.0, $p=0.009$), el análisis de la curva COR reveló para el delta de CO2 a los 30 minutos con un valor de corte 7.5 mmHg un AUC 0.906 (IC del 95% 0.82 – 0.99%, $p=0.002$) sensibilidad del 60%, especificidad del 80%, VPP 42% y VPN 95%, para el delta de CO2 a los 60 minutos con un valor de corte de 5.5 mmHg un AUC 0.768

(IC del 95% 0.46 – 1.0, p=0.009) sensibilidad del 80%, especificidad del 84%, VPP 33% y VPN 97%.

Conclusión.

El delta de CO2 a los 30 y 60 minutos post extubación es un predictor útil para evaluar el fracaso a la extubación en pacientes críticos en comparación con la SVcO2 que mostró un rendimiento bajo para predecir el fracaso al retiro de la ventilación. Se recomienda su implementación en los protocolos de la UCI y la realización de estudios adicionales con muestras más amplias para validar estos hallazgos.

2. INTRODUCCIÓN

El protocolo de liberación de la ventilación mecánica y la extubación son pasos fundamentales en el tratamiento de pacientes críticamente enfermos cuando la ventilación mecánica ya no es necesaria (Thille et al., 2013). La retirada de la ventilación mecánica está asociada con un aumento en el consumo de oxígeno, debido al incremento del trabajo respiratorio, lo que a su vez se vincula con un aumento en el gasto cardíaco y posibles alteraciones en el suministro de oxígeno a los tejidos (Palkar & Narasimhan, 2018). Este proceso puede resultar en una mayor demanda metabólica y una mayor susceptibilidad a complicaciones como la hipoxia o el fallo cardiovascular, especialmente en pacientes con enfermedades.

La saturación venosa de oxígeno y el Delta de CO₂ (dióxido de carbono) son dos parámetros claves para evaluar el equilibrio entre el consumo y el aporte de oxígeno en el cuerpo (Cabrera et al., 2020). La saturación venosa de oxígeno refleja la cantidad de oxígeno restante en la sangre venosa después de que el oxígeno ha sido entregado a los tejidos, mientras que el Delta de CO₂ indica la diferencia entre la cantidad de dióxido de carbono en la sangre arterial y venosa, lo cual es crucial para entender la eficiencia del intercambio gaseoso pulmonar (Vincent & De Backer, 2017). Ambas mediciones pueden verse alteradas por una variedad de factores, como el aumento del trabajo respiratorio durante el destete de la ventilación mecánica, lo que puede causar una disminución en la saturación venosa de oxígeno o un aumento en el Delta de CO₂ (Tobin, 2006). Por lo tanto, estos cambios en los parámetros pueden ser indicativos de un desequilibrio entre la oferta y la demanda de oxígeno y, como tal, sirven como indicadores útiles para predecir el éxito o fracaso de la extubación

La identificación temprana de los pacientes en riesgo de fracaso en el destete de la ventilación mecánica es crucial, ya que permite intervenir a tiempo para evitar complicaciones mayores, como la reintubación, que conlleva un aumento en la mortalidad y morbilidad asociada a los pacientes críticos (Epstein, 2017). La evaluación exhaustiva de estos parámetros durante el proceso de extubación puede proporcionar información

valiosa sobre la capacidad del paciente para mantener una oxigenación adecuada sin soporte mecánico, mejorando así los resultados clínicos (Peñuelas et al., 2021).

El objetivo de este proyecto es comparar la utilidad de la saturación venosa central de oxígeno y el Delta de CO₂ como predictores de fracaso en la extubación, con el fin de optimizar las estrategias para un destete adecuado de los pacientes que ya no requieren ventilación mecánica, utilizando herramientas de uso rutinario en la unidad de cuidados intensivos (Cabrera et al., 2020; Vincent & De Backer, 2017). El uso de estas mediciones de forma sistemática podría permitir un enfoque más personalizado en la toma de decisiones sobre la extubación, lo que contribuiría a mejorar la seguridad y el bienestar de los pacientes al minimizar el riesgo de complicaciones post-extubación (Epstein, 2017; Peñuelas et al., 2021).

3. ANTECEDENTES

La ventilación mecánica invasiva es un procedimiento médico en el que un respirador mecánico es utilizado para asistir o controlar la respiración de un paciente mediante la introducción de un tubo en la vía respiratoria del paciente. La VMI puede ser necesaria cuando el paciente es incapaz de mantener una adecuada oxigenación y ventilación por sí mismo, ya sea debido a una enfermedad pulmonar, una lesión traumática, o debido a la pérdida del estado de alerta o de la función neuromuscular necesaria para la respiración espontánea (Carrillo-Esper et. al., 2007)

El proceso de ventilación mecánica invasiva implica la configuración de parámetros como la frecuencia respiratoria, el volumen tidal, la presión inspiratoria y espiratoria, entre otros, de acuerdo a las necesidades específicas de cada paciente y a las indicaciones médicas. (Boles J et. al., 2007). Aunque la ventilación mecánica invasiva es una herramienta vital en el manejo de pacientes críticamente enfermos, su uso conlleva riesgos potenciales, como la lesión pulmonar inducida por la ventilación (VILI), el barotrauma, el volutrauma, la neumonía asociada a la ventilación (VAP), entre otros. Por lo tanto, su implementación y manejo deben ser cuidadosamente supervisados por personal médico entrenado en unidades de cuidados intensivos (Aurio FC et. al., 2023)

El protocolo de liberación de ventilación mecánica, también conocido como protocolo de destete ventilatorio, es un conjunto de criterios y pasos utilizados para guiar el proceso de retirada gradual del soporte ventilatorio en pacientes que han estado recibiendo ventilación mecánica invasiva en la unidad de cuidados intensivos (UCI) (Bureau C et. al., 2022). El objetivo principal del protocolo es determinar el momento óptimo para retirar el tubo endotraqueal y permitir que el paciente respire de forma espontánea sin asistencia ventilatoria. Es importante destacar que el protocolo de liberación de ventilación mecánica puede variar según las políticas y prácticas de cada institución médica, así como según las necesidades específicas de cada paciente (Akella P et. al., 2022). El objetivo es maximizar la seguridad del paciente y minimizar el riesgo de complicaciones durante el proceso de destete y extubación (Tobin MJ et. al., 2017).

El proceso de destete comienza con una prueba de ventilación espontánea la cual se define como prueba de tubo en T o soporte de presión baja (8 cmH₂O) con una duración mínima de 30 minutos (Tobin MJ et. al., 2017). El fracaso del destete de la ventilación mecánica, también conocido como falla en el proceso de destete ventilatorio, ocurre cuando un paciente no puede ser extubado exitosamente o no puede mantener una respiración espontánea adecuada después de la extubación (Ouellette DR et. al., 2017). Este es un evento clínico importante en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y puede estar asociado con complicaciones significativas y un aumento en la morbimortalidad del paciente. (Roche-Campo et. al., 2018)

El manejo del fracaso del destete de la ventilación mecánica puede incluir medidas como el ajuste de la ventilación mecánica, el soporte respiratorio no invasivo, la optimización del tratamiento médico de la enfermedad subyacente, la movilización temprana y la rehabilitación pulmonar, entre otras estrategias. Es crucial una evaluación cuidadosa y una intervención oportuna para minimizar las complicaciones asociadas con el fracaso del destete y mejorar los resultados clínicos del paciente (Chacón et. al., 2011). El fracaso de una prueba de ventilación espontánea generalmente se encuentra relacionado con disfunción cardiovascular o incapacidad de las vías respiratorias para soportar la carga respiratoria (Cavallone LF et. al., 2013). El fallo de extubación se ve relacionado con las mismas causas además de obstrucción de vías respiratorias altas o secreciones excesivas, existen otras causas asociadas a fallo en la extubación como las neuromusculares, psicológicas, metabólicas, condición nutricional y anemia (Vera JE et. al., 2022)

La epidemiología del fracaso del destete de la ventilación mecánica es un tema importante en la medicina intensiva, ya que afecta significativamente la morbimortalidad de los pacientes críticamente enfermos, dentro de los aspectos más importantes se encuentran los siguientes: (Wu C et. al., 2023) La incidencia del fracaso del destete de la ventilación mecánica varía según la población estudiada, pero se estima que ocurre en alrededor del 10 al 30% de los pacientes que se someten a un intento de destete ventilatorio (Manuel M et. al., 2022). Existen varios factores de riesgo asociados con un mayor riesgo de fracaso

del destete. Estos pueden incluir la gravedad de la enfermedad subyacente, la duración de la ventilación mecánica previa, la edad avanzada, la presencia de comorbilidades como insuficiencia cardíaca o enfermedad pulmonar crónica, la debilidad muscular adquirida en la UCI, entre otros (Mostafa H et. al., 2022)

La saturación venosa central de oxígeno y la saturación venosa mixta de oxígeno son variables de gran importancia debido a que evalúan de manera integral los determinantes de la relación aporte/consumo de oxígeno y su repercusión a nivel tisular. (Georgakas I et. al., 2018) Dada su importancia clínica y económica, hay un interés significativo en la investigación y el desarrollo de estrategias para prevenir el fracaso del destete de la ventilación mecánica. Esto incluye la identificación temprana de los pacientes en riesgo, la optimización de los criterios de destete, el uso de pruebas de destete predictivas, el desarrollo de protocolos de destete estandarizados y la implementación de intervenciones para mejorar la fuerza muscular y la condición física del paciente (Rose L et. al., 2015). En resumen, el fracaso del destete de la ventilación mecánica es un problema clínico importante en la medicina intensiva, con implicaciones significativas en términos de morbimortalidad y costos para el sistema de salud. Su comprensión y manejo adecuados son fundamentales para mejorar los resultados clínicos de los pacientes críticamente enfermos. (Fan E et. al., 2017)

4. ANTECEDENTES ESPECIFICOS

El monitoreo de la saturación venosa mixta de oxígeno refleja el balance entre el aporte y el consumo de oxígeno y se mide de manera continua a través de un catéter de fibra óptica, técnica que es la indicada en la práctica clínica sin embargo requiere de la colocación de un catéter en la arteria pulmonar además de ser de mayor costo. La saturación venosa central a diferencia de la saturación venosa mixta de oxígeno se puede medir de manera intermitente por gasometrías venosas centrales y co-oximetría (Thille A et. al., 2013). La oxigenación tisular se define como el aporte de oxígeno adecuado a la demanda. La demanda de oxígeno se modifica de acuerdo a los requerimientos metabólicos de cada tejido y a pesar de que no puede ser medida o calculada directamente, se infiere de acuerdo al consumo de oxígeno y al porcentaje de extracción. (Teixeira C et. al., 2010)

En la práctica clínica la saturación venosa central valora la relación aporte- consumo de oxígeno; de acuerdo a la ecuación de Fick el consumo tisular es proporcional al gasto cardíaco y de esta manera el contenido venoso mixto de oxígeno representa al contenido de retorno venoso total. Por este motivo el consumo de oxígeno se aproxima al gasto cardíaco (Wratney A et. al., 2010). Cuando aumenta el consumo de oxígeno también aumenta la producción tisular de dióxido de carbono (CO₂). La diferencia de presión de CO₂ venoarterial refleja la idoneidad del gasto cardíaco para eliminar el CO₂ producido por los tejidos. (Abstracts, 2020)

La ventilación mecánica invasiva suele asociarse a diversas complicaciones desde el primer día de su aplicación, por lo que debe discontinuarse lo antes posible, una vez resuelta la patología subyacente, sin embargo, de un 20 hasta un 30% de los pacientes van a considerarse como retiro del ventilador difícil. El éxito del retiro de la ventilación va a ser dependiente del a adecuado control o resolución de la patología aguda, la estabilidad hemodinámica del paciente, un adecuado estado mental, reflejos de deglución y tusígeno óptimos; existe hasta un 32% de riesgo de presentar falla en el retiro de la ventilación a pesar de presentar parámetros predictores óptimos, lo cual incrementa la mortalidad hasta un 40% (Pérez R et. al., 2016).

La diferencia arteriovenosa de CO₂, también conocida como DAVCO₂, es un parámetro que puede ser útil en la evaluación de la extubación en pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos. Durante la extubación, es crucial asegurarse de que el paciente tenga una capacidad adecuada para mantener la ventilación pulmonar de manera efectiva. Se ha sugerido que una DAVCO₂ elevada podría estar asociada con una extubación fallida, ya que indicaría una mala ventilación alveolar o un desequilibrio en la relación ventilación-perfusión. Por lo tanto, monitorear la DAVCO₂ junto con otros parámetros clínicos puede ayudar a evaluar el riesgo de fracaso en la extubación de pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos (Perez-Bedolla et. al., 2022).

La saturación venosa central de oxígeno (SvcO₂) depende del porcentaje de extracción de oxígeno y de la oxigenación tisular y ésta se va a modificar en función de los requerimientos metabólicos celulares, de esta manera la SvcO₂ es un índice que representa el balance entre el contenido arterial de oxígeno y el flujo total de oxígeno, considerándose dentro de parámetros normales si es > 70%, si ésta se encuentra por debajo del 40% se considera una SvcO₂ crítica. Dentro de las principales causas que la disminuyen se encuentra la hipoxemia, bajo gasto cardiaco y disminución de la hemoglobina. (Nieto OR et. al., 2022) Dentro de los efectos hemodinámicos negativos de la ventilación con presión se encuentra la disminución del retorno venoso debido a una disminución relativa en la entrega de oxígeno debido a un aumento en la poscarga biventricular condicionando un incremento en la extracción de oxígeno lo que conduce a un descenso importante en la saturación venosa central de oxígeno, por lo que éste es un valor importante a considerar al momento de un destete fallido. (Soo Hoo et. al., 2003) Los efectos hemodinámicos al momento de la suspensión de la ventilación con presión positiva son un incremento en la precarga y retorno venoso sistémico, incremento en la poscarga del ventrículo izquierdo secundario a la disminución de la presión de eyección ventricular izquierda; al haber un aumento en el trabajo respiratorio, existe aumento en el consumo de oxígeno secundario a mayor trabajo cardiaco, disminuyendo así la saturación venosa central de oxígeno de modo que ésta podría ser una herramienta pronóstica en falla del destete ventilatorio (Nieto OR et. al., 2022)

La utilidad de la diferencia arteriovenosa de CO₂ (DAvCO₂) y la saturación venosa central (SvO₂) como predictores de extubación fallida en pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos ha sido objeto de estudio en la literatura médica. La DAvCO₂ y la SvO₂ son medidas que pueden reflejar el equilibrio entre la entrega y el consumo de oxígeno en el cuerpo. Durante la ventilación mecánica, la DAvCO₂ puede aumentar como resultado de un aumento en el metabolismo celular o un flujo sanguíneo inadecuado. Por otro lado, la SvO₂ puede disminuir debido a un desequilibrio en la relación entre la oferta y la demanda de oxígeno, lo que puede indicar una mala perfusión tisular o un aumento en el consumo de oxígeno. Varios estudios han investigado si la DAvCO₂ y la SvO₂ pueden predecir la extubación fallida en pacientes críticamente enfermos. Algunos

de estos estudios sugieren que niveles anormales de DAvCO₂ y SvO₂ pueden estar asociados con un mayor riesgo de extubación fallida (Gutiérrez G et, al., 2020).

La epidemiología específica de la saturación venosa central (SvO₂) y la diferencia arteriovenosa de dióxido de carbono (DAvCO₂) como predictores de extubación fallida no está completamente definida debido a la variabilidad en los estudios y en las poblaciones de pacientes analizadas. Sin embargo, hay una cantidad significativa de investigaciones que exploran estos parámetros como posibles marcadores de riesgo de fracaso en la extubación en pacientes críticamente enfermos. La mayoría de los estudios mencionan la asociación de ambos parámetros como posibles predictores de falla de extubación, aunque los resultados son inconsistentes en algunos casos. Por ejemplo, algunos estudios han encontrado que una SvO₂ baja antes de la extubación está relacionada con un mayor riesgo de fracaso del destete y la necesidad de reintubación, mientras que otros no han encontrado una asociación significativa (Gutiérrez G et, al., 2020).

Lo mismo ocurre con la DAvCO₂: mientras que algunos estudios sugieren que niveles anormales de DAvCO₂ pueden ser predictores de extubación fallida, otros no han encontrado una asociación clara. (25) Es importante destacar que la interpretación de estos parámetros debe realizarse junto con una evaluación integral del paciente, considerando otros factores clínicos relevantes como la función pulmonar, la estabilidad hemodinámica, la función cardíaca, la capacidad del paciente para tolerar la ventilación espontánea y la presencia de comorbilidades (Mallat J et al., 2020).

De acuerdo a Mallat et al., la combinación de la DAvCO₂ $\geq 40\%$ y Scvo₂ $\leq -5,4\%$ predice falla de extubación con una sensibilidad del 56 % y una especificidad de 96% con un valor predictivo negativo del 87 % y un valor predictivo positivo del 83%. El mejor valor de corte (según el índice de Youden) DAvCO₂ fue $\geq 40\%$ con una sensibilidad = 67% y una especificidad del 93%; valor predictivo positivo del 75% y un valor predictivo negativo del 90 %. El mejor valor de corte para Scvo₂ fue del 3,2% con una sensibilidad del 83%, una especificidad del 74%. Dado que la epidemiología específica de estos parámetros como predictores de extubación fallida puede variar según el estudio y la población de pacientes

analizada, se necesitan más investigaciones para clarificar su utilidad clínica y establecer criterios más precisos para la toma de decisiones en la extubación de pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos (Mallat J et al., 2020).

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ventilación mecánica es uno de los pilares en el manejo del paciente críticamente enfermo, sin embargo, entre más prolongado sea su uso, existe un mayor riesgo de complicaciones, por lo que una vez resuelta la causa que condicionó el manejo de la vía aérea avanzada, es de gran importancia iniciar el protocolo necesario para disminuir el soporte ventilatorio y de este modo lograr la liberación de la vía aérea de manera exitosa. Sin embargo, hasta un 30% de los pacientes a los que se les realiza un protocolo de destete ventilatorio adecuado, pueden presentar fallo en la extubación teniendo repercusión en la morbimortalidad.

Dentro de los factores que llegan a tener mayor repercusión en el fracaso de la liberación de vía aérea son las condiciones cardíacas y pulmonares teniendo herramientas de uso rutinario en la unidad de cuidados intensivos, como la gasometría arterial y gasometría venosa central que nos proporcionan datos como la saturación venosa y la diferencia arteriovenosa de CO₂ que nos pueden orientar hacia el estado clínico en el que se encuentra el paciente al momento de una prueba de ventilación espontánea teniendo así una visión general de sospecha del éxito o fracaso de la extubación existiendo mucha evidencia de su utilidad pronóstica sin embargo existe muy poca evidencia de cuál de estos parámetros tiene mayor precisión diagnóstica aplicada a nuestra población. Por lo cual nace la pregunta de investigación:

¿Cuál es la utilidad predictora para extubación fallida de la diferencia arteriovenosa de CO₂ en comparación con la saturación venosa central en pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos del hospital regional ISSSTE Puebla?

6. JUSTIFICACIÓN

Este estudio se llevó a cabo debido a que el riesgo de fallo en la extubación constituye una complicación común en pacientes que han requerido ventilación mecánica. Este problema puede presentarse incluso cuando las pruebas de ventilación espontáneas son positivas. Las consecuencias incluyen una mayor duración de la estancia en la unidad de cuidados intensivos, un incremento en la estancia intrahospitalaria, un aumento de la mortalidad y la prolongación de la ventilación mecánica, lo cual genera mayores costos para la institución debido a la necesidad de más intervenciones. El monitoreo y la predicción de un posible fallo en la extubación permiten mejorar los protocolos de destete ventilatorio, reduciendo así las complicaciones mencionadas y, al mismo tiempo, optimizando los costos.

La investigación tiene un enfoque novedoso, dado que, aunque el fracaso de la extubación es relativamente infrecuente, presenta un alto riesgo de complicaciones. Esta situación ha sido objeto de estudio en los últimos años, con evidencia que respalda la implementación de guías para intervenciones preventivas y de manejo, con el fin de aumentar el éxito de las pruebas de ventilación espontáneas positivas. Sin embargo, aún es necesario profundizar en los factores de riesgo, los mecanismos subyacentes y las estrategias de intervención efectivas para abordar este problema en la población mexicana, ya que la mayoría de los estudios se han realizado en otras regiones geográficas. Por lo tanto, realizar un estudio en este contexto específico, con escasa información reciente, nos permitió obtener datos valiosos que podrían contribuir a la correcta implementación de protocolos adaptados a nuestra población.

En cuanto al aspecto ético, la investigación cumplió en todo momento con los principios de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia. Fue presentada ante los comités de investigación y ética. Tanto el hospital como el instituto se beneficiarán al identificar los factores de riesgo más relevantes que contribuyen al fracaso de la extubación, así como su impacto en la estancia en la unidad de cuidados intensivos, los días de ventilación mecánica y la mortalidad de los pacientes con manejo avanzado de vía aérea. Esto permitirá mejorar los protocolos de destete ventilatorio, aumentando la tasa de éxito y, de

esta manera, reducir las complicaciones y los costos asociados al uso prolongado de ventilación mecánica invasiva.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

Comparar la utilidad predictora para extubación fallida de la diferencia arteriovenosa de CO2 en comparación con la saturación venosa central en pacientes críticamente enfermos en la unidad de cuidados intensivos del hospital regional ISSSTE Puebla.

7.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores de riesgo asociados a la extubación fallida
- Determinar los días de estancia hospitalaria en los pacientes con ventilación mecánica y extubación fallida
- Determinar los días de ventilación mecánica en pacientes con extubación fallida.
- Comparar precisión diagnóstica entre saturación venosa central y la diferencia arteriovenosa de CO2 en la detección de extubación fallida

8. MATERIAL Y MÉTODOS

8.1. Diseño de estudio

Se planteó un estudio comparativo de precisión diagnóstica, descriptivo, observacional, longitudinal, prospectivo y homodémico

8.2. Población de estudio

Pacientes del Hospital Regional ISSSTE Puebla de 18 a 80 años hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos bajo protocolo de liberación de la ventilación mecánica.

8.3. Definición del grupo control

No existe grupo control

8.4. Grupo a intervenir

Derechohabientes del Hospital Regional ISSSTE Puebla de 18 a 80 años de edad que se encuentren hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos.

8.5. Criterios de inclusión

- Pacientes adultos de 18 a 80 años de edad
- Ambos sexos (masculino o femenino)
- Pacientes con ventilación mecánica invasiva por más de 24 horas
- Pacientes bajo protocolo de liberación de la ventilación mecánica
- Pacientes con estancia en UCI mayor a 24 horas

8.6. Criterios de exclusión.

- Pacientes sin catéter venoso central.
- Pacientes con patologías musculares con involucro diafragmático

8.7. Tipo de muestreo.

Por conveniencia y aparición de casos consecutivos.

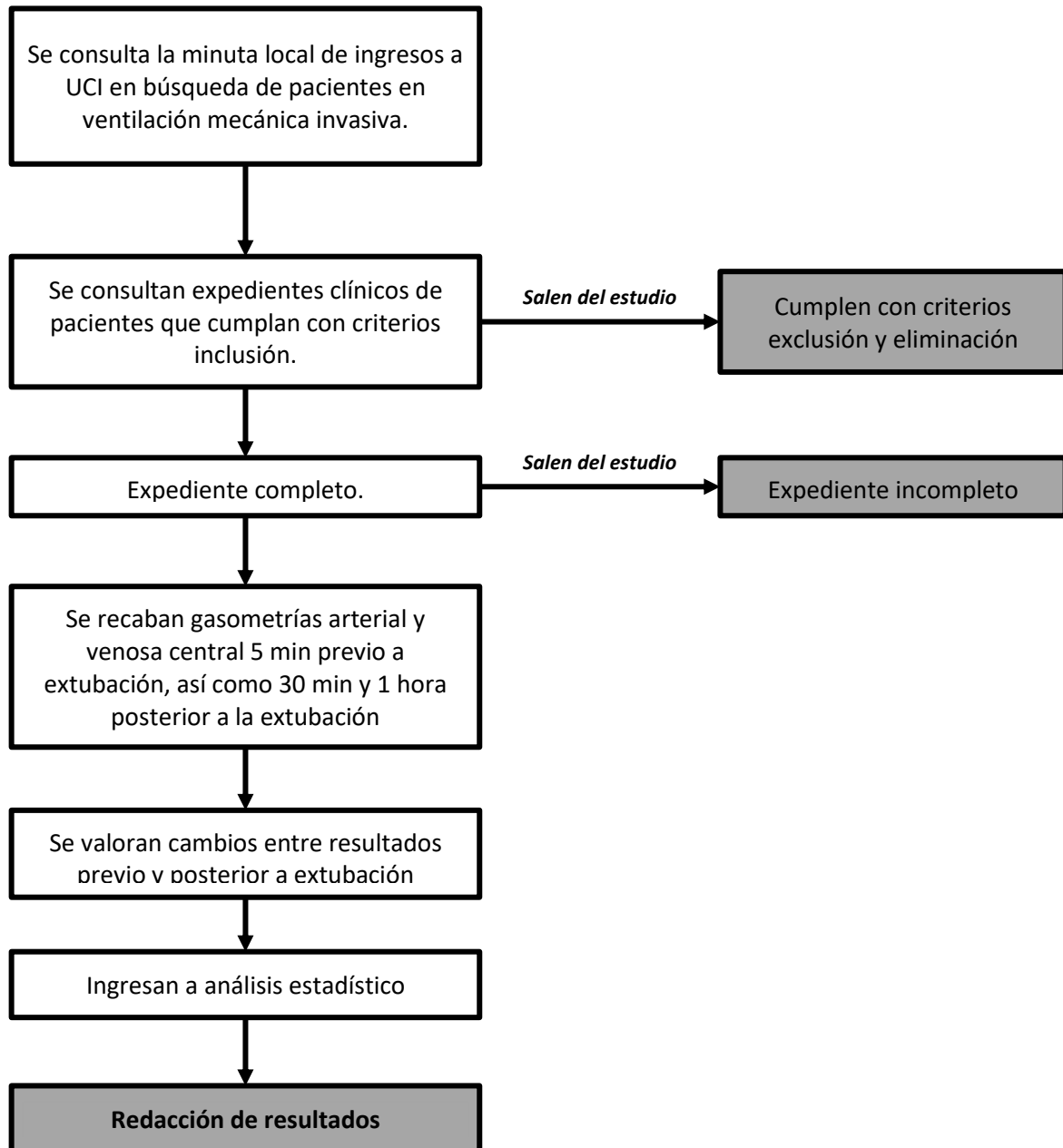
8.8. Metodología para el cálculo del tamaño de la muestra

De acuerdo con Mallat J et al, si la verdadera sensibilidad de la saturación venosa central para predecir extubación fallida es del 83%, para rechazar una hipótesis nula de no diferencia con una probabilidad de error tipo I del 5% y factor de precisión del 10%. entonces necesitamos estudiar a 55 ± 6 pacientes. (Mallat J, et al, 2020)

9. DESCRIPCIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Clasificación metodológica	Escala de medición	Valor	Instrumento de medición
SVcO₂	Cantidad de oxígeno residual después de que los tejidos lo consumen.	Porcentaje de oxígeno calculado en una muestra de sangre venosa central	Cuantitativa	Continua	Porcentaje %	Gasometría venosa central
Delta Co₂	Diferencia entre la presión parcial de CO ₂ venosa central menos presión parcial de CO ₂ arterial	Calculo de la diferencia de CO ₂ venoso central y CO ₂ arterial obtenido de una muestra sanguínea arterial y venosa central	Cuantitativa	Continua	mmHg	Gasometría venosa central y gasometría arterial
Destete ventilatorio	Proceso de liberación del ventilador mecánico	Periodo de transición y retiro del soporte ventilatorio con presión positiva mediante pruebas de ventilación espontánea	Cuantitativa	Continua	Tiempo en minutos	Prueba de pieza en T
Extubación exitosa	Liberación del ventilador mecánico sin Re intubación en las primeras 24 horas	Retiro de ventilación mecánica invasiva reportado en expediente	Cualitativa	Nominal	0. No extubado 1. Extubado	Expediente
Sexo	Condición orgánica que distingue a los hombres de las mujeres	Condición orgánica con base al reporte del expediente	Cualitativa	Nominal	0. Masculino 1. Femenino	Expediente
Edad	Es el tiempo que ha vivido una persona al día de realizar el estudio	Número de años cumplidos, según fecha de nacimiento.	Cuantitativa	Discreta	Años	Expediente
Comorbilidad	La presencia de uno o más trastornos (o enfermedades) además de la enfermedad o trastorno primario	Presencia de trastornos o enfermedades además del primario corroboradas por historia clínica	Cualitativa	Nominal	0. Sin comorbilidades 1. Con comorbilidades	Expediente
SOFA	Sistema de evaluación de la aparición y evolución del Fallo Multiorgánico en enfermos de UCI.	Puntaje obtenido	Independiente	Numérica continua	0. Puntaje	Expediente
APACHE II	Sistema de clasificación de severidad o gravedad de enfermedades	Puntaje obtenido	Independiente	Numérica continua	0. Puntaje	Expediente

10. TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS



Esquema 1. Diagrama de flujo de técnica y procedimiento realizado

11. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se empleó estadística descriptiva para la presentación de los datos. Para las variables numéricas se determinó su distribución mediante la prueba de Kolmogorov-Shirminov, las que presenten distribución normal se expresaron como promedio \pm desviación estándar, y las que tengan una distribución libre se expresaron como mediana con rango intercuartil. Las variables nominales se expresaron como porcentaje. Para comparar las variables cuantitativas se empleó la prueba T de Student o U de Mann-Whitney dependiendo de su distribución. Las variables nominales y ordinales se compararon con la prueba Chi² o la prueba de la probabilidad exacta de Fisher según fue el caso.

Se estimó la fuerza de asociación de la SvO₂ vs delta de CO₂ a la extubación fallida mediante la prueba de regresión logística, obteniendo como medida el riesgo relativo. Adicionalmente se realizó un análisis multivariado con regresión logística múltiple con las variables confusoras como son la severidad de la enfermedad por APACHE II y SOFA. Se estimó la asociación entre la SvO₂ vs delta de CO₂ y la extubación fallida mediante análisis de tablas de contingencia.

Para identificar un punto de corte de la SvO₂ y delta de CO₂ asociado a extubación fallida se utilizó un análisis mediante la curva ROC. Se determinó el nivel con la mayor sensibilidad y especificidad. Se calcularon valores predictivos positivos y negativos, así como las razones de verosimilitud.

12. ASPECTOS ÉTICOS

Este proyecto se realizó bajo los principios éticos en materia de investigación.

Código de Nuremberg, Declaración de Helsinki y CIOMS (Internacional Ethical Guidelines for Biomedical Research) y la Ley General de Salud Mexicana en materia de investigación.

Se vigiló en todo momento los siguientes principios:

- **Autonomía:** todo participante decidirá libremente su participación bajo consentimiento informado.
- **Beneficiencia y no maleficencia:** siempre se buscará que en las intervenciones se obtenga el mayor beneficio con el menor riesgo posible.
- **Justicia:** todo participante tendrá la misma oportunidad de participar con los beneficios y riesgos equilibrados.
- **Protección de sus datos personales:** la información personal recabada de cada participante solo será la relacionada para los fines de investigación y los investigadores involucrados serán los únicos con acceso a la misma.

13. CONFLICTO DE INTERES

Los investigadores declaran no tener conflicto de interés. Se anexa carta en el apartado específico.

14. RESULTADOS

Se incluyeron 55 pacientes con ventilación mecánica invasiva ingresados a la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla en el periodo de estudio, con edad media de 57.5 ± 15.7 años.

Tabla 1. Características demográficas, antropométricas y clínicas de la población de estudio.	
Variab les	n=55
Edad (años) ($\bar{x} \pm de$)	57.5 ± 15.7
Sexo Biológico	
Femenino, n(%)	27 (50.9)
Masculino, n(%)	28 (49.1)
Comorbilidad	
Hipertensión, n(%)	21 (38.1)
Diabetes, n(%)	20 (36.3)
EPOC, n(%)	3 (5.4)
EVC isquemico, n(%)	3 (5.4)
Hemorragia intracraneal, n(%)	10 (18.1)
Obesidad, n(%)	5 (9.0)
Choque séptico, n(%)	4 (7.2)
Otros, n(%)	36 (65.4)
Días de estancia ($\bar{x} \pm de$)	7.1 ± 4.5
Días de ventilación mecánica ($\bar{x} \pm de$)	4.4 ± 3.1
SOFA de ingreso ($\bar{x} \pm de$)	11.9 ± 2.3
APACHE de ingreso ($\bar{x} \pm de$)	21.4 ± 6.7
Aminas	35 (63.6)
Aminas > 0.3 mcg/kg/min	6 (10.9)
Reintubación	5 (9.09)

Abreviaturas: EPOC: Enfermedad pulmonar obstructiva crónica; EVC: evento vascular cerebral.

Del total de participantes, 27 fueron mujeres (50.9 %) y 28 hombres (49.1%), las comorbilidades con mayor frecuencia presentación fueron hipertensión arterial 38.1% (n=21), diabetes 36.3% (n=20) y hemorragia intracraneal 18.1% (n=10), con una media de estancia hospitalaria de 7.1 ± 4.5 días y una media de días de ventilación mecánica de 4.4 ± 3.1; respecto a las escalas de severidad se obtuvo una puntuación de APACHE II al ingreso de 21.4 ± 6.7 y un SOFA de 11.9 ± 2.3. El 63.6% de los pacientes (n=35) ameritó uso de aminas vasoactivas de los cuales el 10.9% (n=6) se encontró con dosis > 0.3 mcg/kg/min. Del total de pacientes el 9.09% (n=5) ameritaron re intubación. **(Tabla 1)**.

Tabla 2. Caracterización bioquímica de la muestra de estudio.	
Variables	n=55 ($\bar{x} \pm de$)
Intubación	
Delta CO ₂	7.4 ± 3.5
SVcO ₂	79 ± 7.9
Pre extubación	
Delta CO ₂	5.0 ± 2.3
SVcO ₂	83.2 ± 5.8
Post extubación 30 minutos	
Delta CO ₂	4.6 ± 2.1
SVcO ₂	83.4 ± 4.5
Diferencia en delta de CO ₂	-2.1 ± 3.1
Diferencia en SVcO ₂	0.26 ± 6.0
Post extubación 60 minutos	
Delta CO ₂	4.1 ± 2.0
SVcO ₂	82.6 ± 4.5
Diferencia en delta de CO ₂	-0.8 ± 1.9
Diferencia en SVcO ₂	0.8 ± 0.4
Inicial - final	
Diferencia en delta de CO ₂	-3.2 ± 2.8
Diferencia en SVcO ₂	3.39 ± 4.0

Abreviaturas: CO₂= dióxido de carbono, SVcO₂= saturación venosa central de oxígeno.

En relación a las características bioquímicas de la muestra de estudio encontramos que la media del delta de CO₂ al momento de la intubación fue de 7.4 ± 3.5, la saturación venosa central (SVcO₂) de 79 ± 7.9, la media 5 minutos previos a la extubación del delta de CO₂ fue de 5.0 ± 2.3 y la SVcO₂ fue de 83.2 ± 5.8. Posterior a la extubación se observó a los 30 minutos una media del delta de CO₂ de 4.6 ± 2.1 y una SVcO₂ de 83.4 ± 5.8 con una diferencia en relación a la pre extubación del delta de CO₂ y SVcO₂ de -2.1 ± 3.1 y 0.26 ± 6.0 respectivamente. Encontramos una media a los 60 minutos posterior a la extubación 4.1 ± 2.0 del delta de CO₂ y 82.6 ± 4.5 de la SVcO₂, con una diferencia en relación a la pre extubación de -0.8 ± 1.9 y 0.8 ± 0.4. **(Tabla 2)**

Tabla 3. Comparación de delta CO₂ y SVcO₂ en función del resultado esperado (fracaso a la extubación)

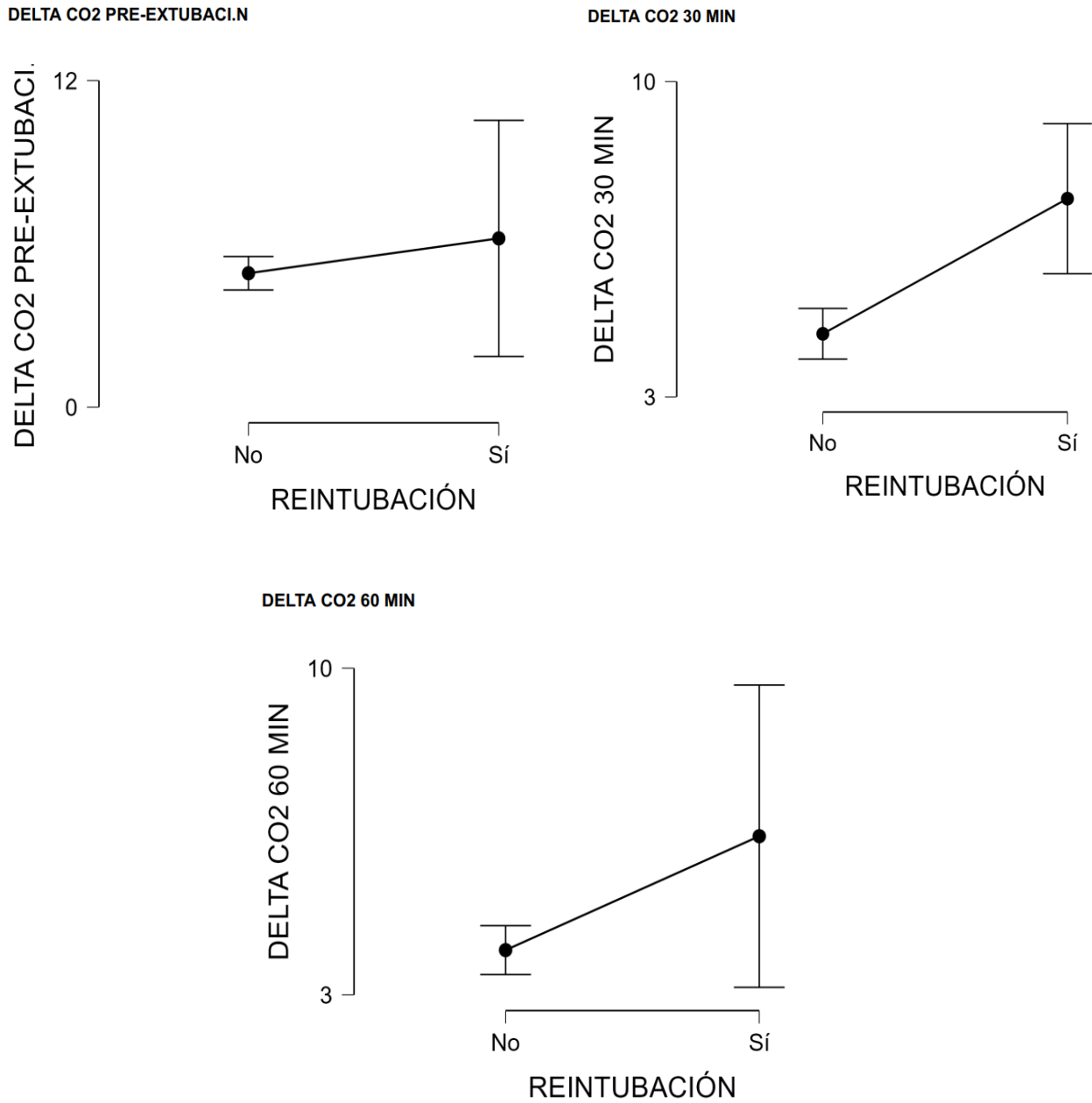
Variable	$\bar{x} \pm de$	<i>p</i>
Delta de CO₂		
Pre extubación	5.0 ± 2.3	0.239
A los 30 minutos	4.6 ± 2.1	0.002
A los 60 minutos	82.6 ± 4.5	0.009
SVcO₂		
Pre extubación	83.2 ± 5.8	0.415
A los 30 minutos	83.4 ± 4.5	0.401
A los 60 minutos	82.6 ± 4.5	0.772

Contraste t de student. Se considero una $p < 0.05$ como significativa. Abreviaturas: CO₂: dióxido de carbono, SVcO₂: saturación venosa central de oxígeno.

En el análisis comparativo en función del resultado esperado, es decir, fracaso a la extubación; encontramos diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.005$) en los valores de la diferencia arteriovenosa de CO₂ a los 30 ($p=0.002$) y 60 minutos ($p=0.009$).

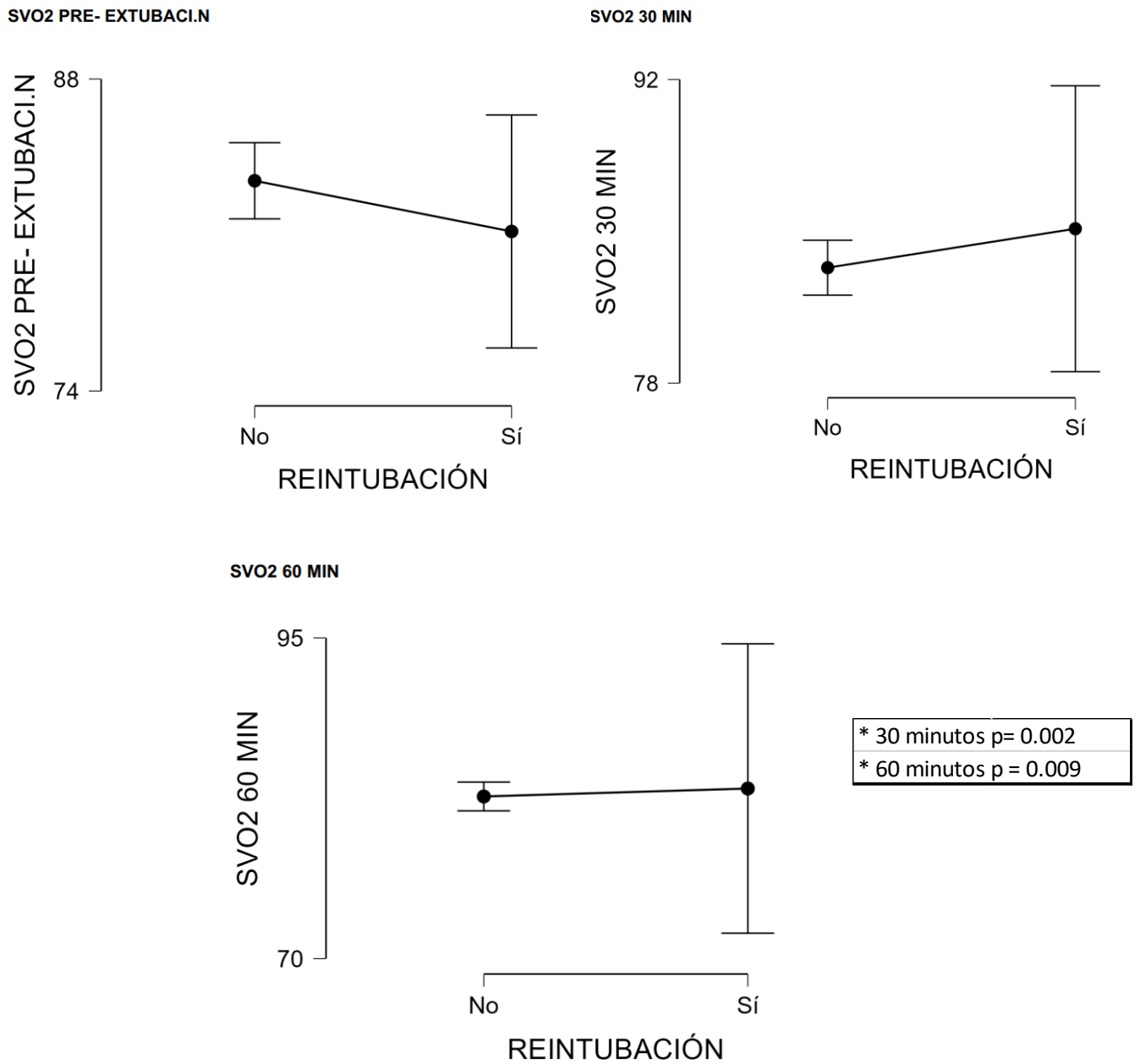
(Tabla 3)

Gráfico 1. Modificaciones en Delta de CO₂ durante proceso de extubación de la muestra.



Abreviaturas: CO₂: Dioxido de carbono, MIN: minutos

Gráfico 2. Modificaciones en SVcO₂ durante proceso de extubación de la muestra

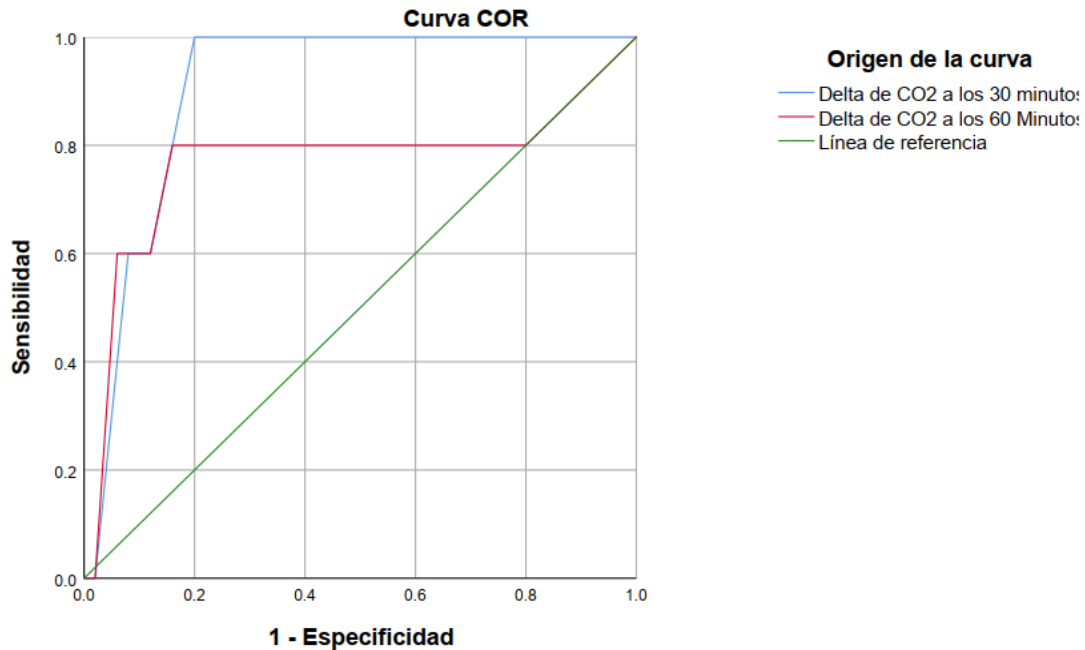


Abreviaturas: CO₂: Dioxido de carbono, MIN: minutos

* p < 0.05 T de student

Se realizó el análisis del resultado esperado observado mayor riesgo de reintubación en función de las modificaciones encontradas en la diferencia arteriovenosa de CO₂ a los 30 y 60 minutos (**Grafico 1**) no así en las modificaciones observadas en la saturación venosa central de oxígeno (**Grafico 2**).

Grafico 3. Estimación del área bajo la curva (AUC), sensibilidad y especificidad para predecir extubación fallida a los 30 y 60 minutos post extubación.



Variable	AUC	IC 95%	Punto de corte (mmHg)	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN	p
Delta de CO ₂ a los 30 minutos	0.906	0.82 - 0.99	7.5	60%	80%	42%	95%	0.002
Delta de CO ₂ a los 60 minutos	0.768	0.46 - 1.0	5.5	80%	84%	33%	97%	0.009

Abreviaturas: CO₂: dióxido de carbono, AUC: área bajo la curva, mmHg: milímetros de mercurio, VPP: Valor predictivo positivo, VPN= valor predictivo negativo. Se consideró una p <0.05 como significativa

Finalmente se calculó el área bajo la curva (AUC) del Delta de CO₂ a los 30 y 60 minutos, encontrando un AUC de 0.90 a los 30 minutos con un valor de corte de 7.5 mmHg, una sensibilidad de 60% y especificidad de 80%, con un valor predictivo positivo del 42% y un valor predictivo negativo del 95%, y un AUC de 0.76 a los 60 minutos con un punto de corte de 5.5 mmHg, una sensibilidad del 80% y especificidad del 84%, con un valor predictivo positivo de 33% y un valor predictivo negativo de 97% siendo ambas estadísticamente significativas (**Gráfico 3**).

15. DISCUSIÓN

El protocolo de liberación de la ventilación mecánica y la extubación son pasos esenciales en el tratamiento de pacientes que se encuentran en la unidad de cuidados intensivos, cuando ya no se requiere ventilación mecánica.

El retiro de la ventilación mecánica se asocia con aumento del consumo de oxígeno debido a un incremento del trabajo respiratorio y a su vez se ve relacionado a un aumento en el gasto cardíaco. Se ha demostrado que el incremento en el consumo de oxígeno también genera un aumento de la producción tisular de dióxido de carbono (CO₂) de modo que la diferencia de presión de CO₂ venoarterial refleja la capacidad del gasto cardíaco para eliminar el CO₂ producido por los tejidos. (Abstracts, 2020)

Los resultados obtenidos en este estudio proporcionan una visión integral sobre las características clínicas y bioquímicas de los pacientes con ventilación mecánica invasiva en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla. En primer lugar, se observó que la edad media de los pacientes fue de 57.5 años, con una distribución equitativa entre hombres y mujeres. Las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión arterial, diabetes mellitus y hemorragia intracraneal, hallazgos que coinciden con la literatura existente sobre factores de riesgo en pacientes críticamente enfermos (Tomicic et al, 2018)

En los pacientes ingresados a la UCI, la evolución clínica, días de estancia hospitalaria y de ventilación mecánica están ligados a diversos factores y la gravedad a su ingreso, evaluada mediante escalas como SOFA y APACHE II. En cuanto a los parámetros bioquímicos, se observó que el delta de CO₂ disminuyó progresivamente desde la intubación hasta los 60 minutos post extubación, lo que sugiere que este parámetro podría ser un indicador útil para predecir el éxito o fracaso de la extubación.

El análisis de las curvas ROC demostró un área bajo la curva (AUC) de 0.90, lo cual indica que el monitoreo del delta de CO₂ es una herramienta útil en la toma de decisiones clínicas

respecto a la extubación. Por otro lado, el comportamiento de la saturación venosa central de oxígeno (SVcO₂) sugiere por sí solo podría no ser un predictor confiable de falla en la extubación.

En comparación con estudios previos, nuestros resultados refuerzan la hipótesis de que la diferencia arteriovenosa de CO₂ es un marcador más sensible para evaluar la adecuación de la ventilación y la perfusión tisular tras la extubación. Monnet et al. (2013), reportaron que niveles elevados de delta de CO₂ están asociados con un mayor riesgo de reintubación, lo que apoya nuestros hallazgos. Por otra parte, Mekontso Dessap et al. (2016) demostraron que el delta de CO₂ es un indicador más fiable que la saturación venosa de oxígeno para predecir el fracaso en la extubación. Además, estudios de Vassilakopoulos et al. (2018) han señalado que la medición del delta de CO₂ puede integrarse con otros parámetros clínicos para mejorar la toma de decisiones en la UCI, lo que respalda la utilidad de este biomarcador en la práctica clínica.

A pesar de estos resultados prometedores, el estudio presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, el tamaño de la muestra es relativamente pequeño, lo que podría afectar los hallazgos obtenidos. Además, no se consideraron variables específicas ya que se tomaron en cuenta todas las patologías ingresadas a la unidad de cuidados intensivos y no se consideraron otras variables que podrían influir en la extubación, como la presencia de infecciones respiratorias, el uso de esteroides o el nivel de atención post-extubación es decir, la aspiración con el método y frecuencia adecuada, suministro de oxígeno adecuado, entre otros.

Las fortalezas de este estudio incluyen su enfoque integral en la evaluación de la extubación en pacientes críticos, combinando análisis clínicos y bioquímicos con herramientas estadísticas robustas como las curvas ROC. Además, el hecho de haber identificado el delta de CO₂ como un marcador confiable aporta un valor significativo a la literatura médica, ya que proporciona un método adicional para optimizar la extubación y reducir la tasa de reintubaciones. Asimismo, la concordancia de nuestros hallazgos con

estudios previos refuerza la validez de los resultados y su aplicabilidad en la práctica clínica.

Otra fortaleza es la aplicabilidad de los hallazgos a un entorno real de cuidados intensivos, lo que facilita la implementación de estrategias basadas en la evidencia para mejorar la atención de los pacientes ya que el uso de parámetros objetivos y cuantificables como el delta de CO₂ también reduce la subjetividad en la toma de decisiones, contribuyendo a un manejo más preciso y seguro de los pacientes que se encuentran en ventilación mecánica invasiva.

Nuestros resultados obtenidos sugieren que el delta de CO₂ es un predictor útil para evaluar el éxito de la extubación en pacientes críticos, mientras que la SVcO₂ parece no ser un indicador confiable en este contexto. La realización de futuras investigaciones con muestras más amplias podría validar estos hallazgos y explorar otros factores que influyan en la toma de decisiones clínicas sobre la extubación segura de pacientes en la UCI.

16. CONCLUSIONES

16.1. Conclusiones específicas

- Los factores de riesgo asociados a extubación fallida son hipertensión arterial, diabetes, SOFA al ingreso >10 puntos y APACHE II al ingreso > 19 puntos.
- El promedio de días de estancia hospitalaria en los pacientes con ventilación mecánica y extubación fallida fue de 8.6 días.
- El promedio de días de ventilación mecánica en pacientes con extubación fallida fue de 5.6 días.
- Existe mayor precisión diagnóstica en la diferencia arteriovenosa de CO₂ para la detección de extubación fallida en comparación con la saturación venosa central de oxígeno.

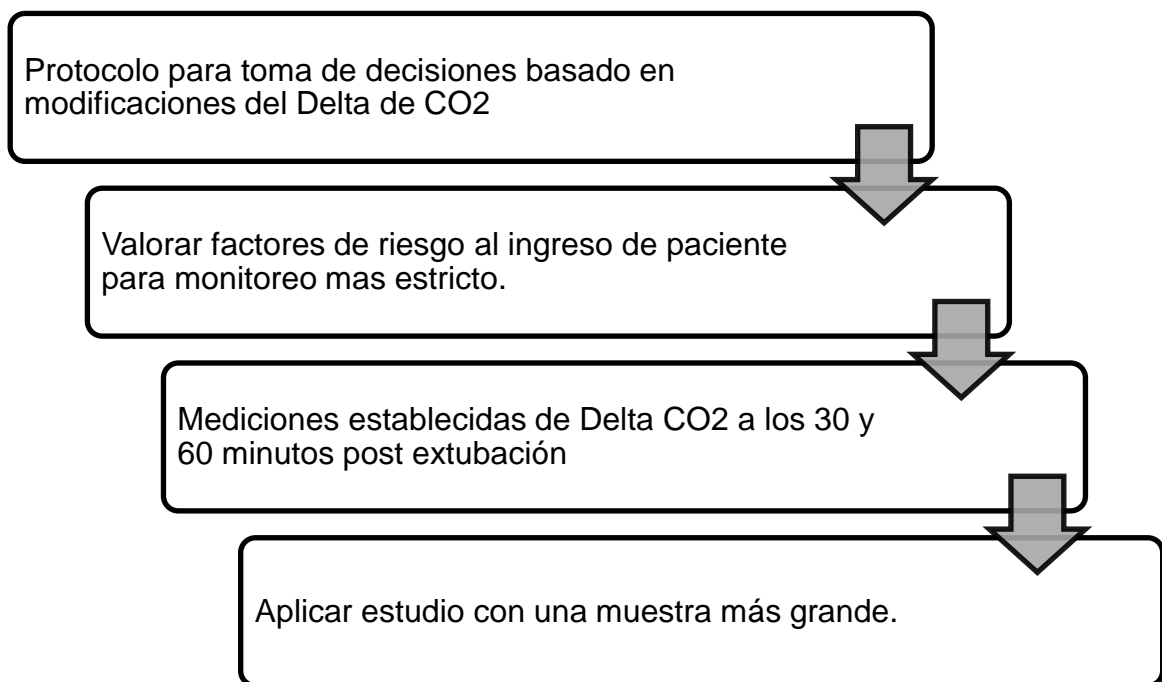
16.2. Conclusión general

El delta de CO₂ es un predictor útil para evaluar el fracaso a la extubación en pacientes críticos, mientras que la saturación venosa central de oxígeno no parece ser un indicador confiable en este contexto.

17. RECOMENDACIONES

- Implementar la medición del delta de CO2 como un parámetro rutinario en la evaluación de la extubación en pacientes críticos, dado su valor predictivo demostrado.
- Complementar la evaluación del delta de CO2 con otros marcadores clínicos y bioquímicos para mejorar la precisión en la toma de decisiones.
- Realizar estudios con muestras más amplias y multicéntricos para validar la utilidad del delta de CO2 en diferentes contextos clínicos.
- Explorar la influencia de otros factores como infecciones respiratorias, uso de esteroides y estrategias de rehabilitación post-extubación, en la evolución de los pacientes.
- Desarrollar protocolos de monitoreo post-extubación que incluyan la medición seriada del delta de CO2 para una detección temprana del riesgo de reintubación.
- Capacitar al personal de salud en la interpretación y aplicación de los resultados del delta de CO2 para optimizar la toma de decisiones en la UCI.

18. PROPUESTA DE MEJORA



IV. BIBLIOGRAFIA

- A MC, M LD, Chacón E V, P MIJ, D AP, G AZ. Actualización Consenso Neumonía asociada a ventilación mecánica: Segunda parte. Prevención. Revista Chilena de Infectología. 2011;28(4):316-332. doi:10.4067/s0716-10182011000500003
- Abstracts of the 66th Annual Conference of IACTS, February 2020. Indian Journal Of Thoracic And Cardiovascular Surgery/Indian Journal Of Thoracic And Cardiovascular Surgery. 2020;36(3):260-332. doi:10.1007/s12055-020-00948-7
- Akella P, Voigt LP, Chawla S. To Wean or Not to Wean: A Practical Patient Focused Guide to Ventilator Weaning. Journal Of Intensive Care Medicine. 2022;37(11):1417-1425. doi:10.1177/08850666221095436
- Aurio FC, Alejandro GC, Rodrigo AJ, et al. Mechanical ventilator liberation protocol. Recommendation based on review of the evidence. Journal Of Mechanical Ventilation. 2023;4(1):31-41. doi:10.53097/jmv.10072
- Boles J m., Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation. European Respiratory Journal/The œEuropean Respiratory Journal. 2007;29(5):1033-1056. doi:10.1183/09031936.00010206
- Boles J m., Bion J, Connors A, et al. Weaning from mechanical ventilation. European Respiratory Journal/The œEuropean Respiratory Journal. 2007;29(5):1033-1056. doi:10.1183/09031936.00010206
- Bureau C, Demoule A. Weaning from mechanical ventilation in neurocritical care. Revue Neurologique. 2022;178(1-2):111-120. doi:10.1016/j.neurol.2021.08.005
- Carrillo-Esper, Núñez-Bacarreza, Carrillo-Córdova. Saturación venosa central. conceptos actuales. Revista Mexicana de Anestesiología. 2007;30(3). <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2007/cma073g.pdf>.
- Cavallone LF, Vannucci A. Extubation of the Difficult Airway and Extubation Failure. Anesthesia And Analgesia/Anesthesia & Analgesia. 2013;116(2):368-383. doi:10.1213/ane.0b013e31827ab572
- De Jong A, Talmor D, Jaber S. How to optimize extubation? Intensive Care Medicine. 2023;49(3):337-340. doi:10.1007/s00134-022-06964-y
- Fan E, Zakhary B, Amaral A, et al. Liberation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults. An Official ATS/ACCP Clinical Practice Guideline. Annals Of The American Thoracic Society. 2017;14(3):441-443. doi:10.1513/annalsats.201612-993cme

- Georgakas I, Boutou AK, Pitsiou G, et al. Central Venous Oxygen Saturation as a Predictor of a Successful Spontaneous Breathing Trial from Mechanical Ventilation: A Prospective, Nested Case-Control Study. *The Open Respiratory Medicine Journal*. 2018;12(1):11-20. doi:10.2174/1874306401812010011
- Gutierrez G. Central and Mixed Venous O₂ Saturation. *Turkish Journal Of Anaesthesiology And Reanimation*. 2020;48(1):2-10. doi:10.5152/tjar.2019.140
- Mallat J, Baghdadi FA, Mohammad U, et al. Central Venous-to-Arterial Pco₂ Difference and Central Venous Oxygen Saturation in the Detection of Extubation Failure in Critically Ill Patients*. *Critical Care Medicine*. 2020;48(10):1454-1461. doi:10.1097/ccm.0000000000004446
- Manuel, M. M., Marlene, C. G., & Rosa, B. Z. O. (n.d.). Delta de saturación venosa central de O₂ como pronóstico de disfunción diastólica y fracaso del retiro del ventilador.
- https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-84332015000300004&script=sci_abstract
- Mostafa HMMM, Mattar MAAEF, Gouda NMAEM, Alkhatip AAAMM, Hamza MKM. The Use of Transesophageal Doppler and Central Venous Oxygen Saturation as Predictors of Weaning Success. *Journal Of Cardiothoracic And Vascular Anesthesia*. 2022;36(8):2884-2890. doi:10.1053/j.jvca.2022.01.010
- Nieto ORP, Vera JEB, Moguel KGP, Díaz JSS, García IJV, Gutiérrez MAG. Utilidad de la gasometría en el retiro de la ventilación mecánica. *Revista Chilena de Anestesia*. 2022;51(4). doi:10.25237/revchilanestv5110051453
- Nieto ORP, Vera JEB, Moguel KGP, Díaz JSS, García IJV, Gutiérrez MAG. Utilidad de la gasometría en el retiro de la ventilación mecánica. *Revista Chilena de Anestesia*. 2022;51(4). doi:10.25237/revchilanestv5110051453
- Ouellette DR, Patel S, Girard TD, et al. Liberation From Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults: An Official American College of Chest Physicians/American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Chest*. 2017;151(1):166-180. doi:10.1016/j.chest.2016.10.036
- Pérez, R. O., Ramírez, J. V., De Jesús Balcazar, D., & Rodríguez, M. M. (2016). Delta de CO₂ como factor de riesgo de muerte en choque séptico. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/317440163_Delta_de_CO2_como_factor_de_riesgo_de_muerte_en_choque_septico

- Pérez-Bedolla, M., Mendoza-Trujillo, R., Álvarez-Canales, J., & Orozco-Ramírez, S. (n.d.). Delta de CO2 arterio-venoso como marcador pronóstico de morbilidad y mortalidad en pacientes sometidos a cirugía neurológica. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-87712019000200015&script=sci_abstract
- Roche-Campo F, Bedet A, Vivier E, Brochard L, Dessap AM. Cardiac function during weaning failure: the role of diastolic dysfunction. *Annals Of Intensive Care*. 2018;8(1). doi:10.1186/s13613-017-0348-4
- Rose L. Strategies for weaning from mechanical ventilation: A state of the art review. *Intensive & Critical Care Nursing/Intensive And Critical Care Nursing*. 2015;31(4):189-195. doi:10.1016/j.iccn.2015.07.003
- Soo Hoo G. W. (2003). Blood gases, weaning, and extubation. *Respiratory care*, 48(11), 1019–1021.
- Teixeira C, Da Silva NB, Savi A, et al. Central venous saturation is a predictor of reintubation in difficult-to-wean patients*. *Critical Care Medicine*. 2010;38(2):491-496. doi:10.1097/ccm.0b013e3181bc81ec
- Thille AW, Richard JCM, Brochard L. The Decision to Extubate in the Intensive Care Unit. *American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine*. 2013;187(12):1294-1302. doi:10.1164/rccm.201208-1523ci
- Tobin MJ. CHEST-ATS Guidelines on Weaning/Extubation Ignore Scientific Principles. *Chest*. 2017;151(5):1179-1180. doi:10.1016/j.chest.2017.01.039
- Wratney AT. Central venous saturation as a predictor of extubation failure*. *Critical Care Medicine*. 2010;38(2):708-709. doi:10.1097/ccm.0b013e3181c585fb
- Wu C, Hu L, Shen Q, Xu H, Huang H. Predictive value of extubation failure by decrease in central venous oxygen saturation: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*. 2023;9(7):e18227. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e18227
- Tomicic, V., Espinoza, M., Andresen, M., Molina, J., Calvo, M., Ugarte, H., Godoy, J., Gálvez, S., Maurelia, J. C., Delgado, I., & Esteban, A. (2008). Características de los pacientes que reciben ventilación mecánica en unidades de cuidados intensivos: primer estudio multicéntrico chileno. *Revista Médica de Chile*, 136(8). <https://doi.org/10.4067/s0034-98872008000800001>

V. ANEXOS

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS



GOBIERNO DE
MÉXICO



NUEVO
ISSSTE
INSTITUTO DE SEGURIDAD
Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO

HOSPITAL REGIONAL ISSSTE PUEBLA

HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

NOMBRE COMPLETO: _____

EDAD: _____

SEXO: FEMENINO/ MASCULINO

FECHA DE INGRESO A LA UCI /D/M/A): _____

COMORBILIDADES:

- DIABETES MELLITUS: SI / NO/ DESCONOCE
- HIPERTENSION ARTERIAL SISTEMICA: SI / NO/ DESCONOCE
- ENFERMEDAD PULMONAR CRONICA: SI / NO/ DESCONOCE
- EVENTO VASCULAR CEREBRAL RECIENTE: SI / NO/ DESCONOCE
- OTRAS: SI / NO/ DESCONOCE

ESPECIFICAR PATOLOGIA: _____

¿MANEJO CON VENTILACION MECANICA INVASIVA?: SI / NO

• FECHA DE INICIO DE VMI: _____

• FECHA DE EXTUBACIÓN (D/M/A): _____

¿REQUIERE DE AMINAS VASOACTIVAS?: SI / NO

• DOSIS DE AMINAS (mcg/kg/min): _____

DELTA CO2 PREVIO A EXTUBACIÓN: _____

DELTA CO2 POSTERIOR A 30 MIN EXTUBACIÓN: _____

DELTA CO2 POSTERIOR A 60 MIN EXTUBACIÓN: _____

SvO2 PREVIO A EXTUBACIÓN: _____

SvO2 POSTERIOR A 30 MIN EXTUBACIÓN: _____

SvO2 POSTERIOR A 30 MIN EXTUBACIÓN: _____

MODIFICACIONES EN DELTA CO2: _____

MODIFICACIONES EN SvO2: _____



CARTA DE CONFIDENCIALIDAD Y NO CONFLICTO DE INTERES.



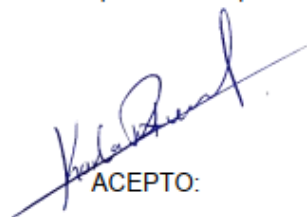
HOSPITAL REGIONAL ISSSTE PUEBLA

CARTA DE CONFIDENCIALIDAD Y NO CONFLICTO DE INTERÉS

Cuatro veces H. Puebla de Zaragoza, a 31 de mayo de 2024

Yo **Karla Ramírez Fragoso**, Residente del segundo año de la especialidad en **Medicina del Estado Crítico**, del Hospital Regional ISSSTE Puebla me comprometo a resguardar, mantener la confidencialidad y no hacer mal uso de los documentos, expedientes, reportes, estudios, actas, resoluciones, oficios, correspondencia, acuerdos, directivas, directrices, circulares, contratos, convenios, instructivos, notas, memorandos, archivos físicos y/o electrónicos, estadísticas o bien, cualquier otro registro o información que documente el ejercicio de las facultades para el desarrollo del protocolo de investigación **“Utilidad predictora para extubación fallida de la diferencia arteriovenosa de CO2 en comparación con la saturación venosa central en pacientes críticamente enfermos de la unidad de cuidados intensivos del Hospital Regional ISSSTE Puebla”**, a que tenga acceso en mi carácter de investigador, así como a no difundir, distribuir o comercializar con los datos personales contenidos en los sistemas de información, desarrollados en el ejercicio de mis funciones.

Estando en conocimiento de que en caso de no dar cumplimiento se estará acorde a la sanciones civiles, penales o administrativas que procedan de conformidad con lo dispuesto en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares y el Código Penal del Estado de Puebla, y demás disposiciones aplicables en la materia.


ACEPTO:

C. Karla Ramírez Fragoso



ESCALA SOFA (Sepsis related Organ Failure Assessment)

Escala SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment)

	0	1	2	3	4
Respiración^a PaO ₂ /FIO ₂ (mm Hg) o SaO ₂ /FIO ₂	>400	<400 221–301	<300 142–220	<200 67–141	<100 <67
Coagulación Plaquetas 10 ³ /mm ³	>150	<150	<100	<50	<20
Hígado Bilirubina (mg/dL)	<1,2	1,2–1,9	2,0–5,9	6,0–11,9	>12,0
Cardiovascular^b Tensión arterial	PAM ≥70 mmHg	PAM <70mm Hg	Dopamina a <5 o dobutamina a cualquier dosis	Dopamina a dosis de 5,1-15 o Epinefrina a ≤ 0,1 o Norepinefrina a ≤ 0,1	Dopamina a dosis de >15 o Epinefrina > 0,1 o Norepinefrina a > 0,1
Sistema Nervioso Central Escala de Glasgow	15	13–14	10–12	6–9	<6
Renal Creatinina (mg/dL) o flujo urinario (mL/d)	<1,2	1,2–1,9	2,0–3,4	3,5–4,9 <500	>5,0 <200

PaO₂: presión arterial de oxígeno; FIO₂: fracción de oxígeno inspirado; SaO₂, Saturación arterial de oxígeno periférico; PAM, presión arterial media; ^aPaO₂/FIO₂ es relación utilizada preferentemente, pero si no esta disponible usaremos la SaO₂/FIO₂; ^bMedicamentos vasoactivos administrados durante al menos 1 hora (dopamina y norepinefrina como ug/kg/min) para mantener la PAM por encima de 65 mmHg.

ESCALA APACHE II (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II)

Puntuación APACHE II										
APS	4	3	2	1	0	1	2	3	4	
Temperatura rectal (°C)	>40,9	39-40,9		38,5-38,9	36-38,4	34-35,9	32-33,9	30-31,9	<30	
Pres. art. media (mmHg)	>159	130-159	110-129		70-109		50-69		<50	
Frec. cardiaca (lpm)	>179	140-179	110-129		70-109		55-69	40-54	<40	
Frec. respiratoria (rpm)	>49	35-49		25-34	12-24	10-11	6-9		<6	
Oxigenación										
Si FiO ₂ ≥ 0.5 (AaDO ₂)	499	350-499	200-349		>200					
Si FiO ₂ ≤ 0.5 (PaO ₂)					<70	61-70		56-70	<56	
pH arterial	>7,9	7,60-7,69		7,50-7,59	7,33-7,49		7,25-7,32	7,15-7,24	<7,15	
Na plasmático (mmol/L)	>179	160-179	155-159	150-154	130-149		120-129	111-119	<111	
K plasmático (mmol/L)	>6,9	6,0-6,9		5,5-5,9	3,5-5,4	3,0-3,4	2,5-2,9		<2,5	
Creatinina* (mg/dL)	>3,4	2,0-3,4	1,5-1,9		0,6-1,4		<0,6			
Hematocrito (%)	>59,9		50-59,9	46-49,9	30-45,9		20-29,9		<20	
Leucocitos (x1000)	>39,9		20-39,9	15-19,9	3-14,9		1-2,9		<1	
Suma de puntos										
Total APS										
15- GSC										
Enfermedad crónica										
Preoperatorio programado	2									
Preoperatorio urgente o médico	5									
Edad										
≤ 44	0									
45-64	2									
55-64	3									
65-74	5									
≥75	6									
Puntos APS (A)	Puntos GCS (B)	Puntos edad (C)	Puntos enf. previa (D)							
Total de puntos APACHE II A+B+C+D =				_____						