

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA



EVALUACIÓN DEL PODER MECÁNICO COMO META DE PROTECCIÓN PULMONAR EN PACIENTES BAJO VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA ENTRE LOS 18 A 85 AÑOS, INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR, EN LOS MESES DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE 2022.

Presentado por:

Kevin Alexander Campos Tejada
Iliana Lisbeth Pérez Ticas

Para optar al grado de:

Licenciado en Anestesiología e Inhaloterapia

Asesor:

Lic. Luis Eduardo Rivera Serrano

Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo Figueroa”, El Salvador, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

RECTOR

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

VICERRECTORA

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

M.SC. ROGER ARMANDO ARIAS

SECRETARIO GENERAL

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

**FACULTAD DE MEDICINA
AUTORIDADES**

DECANO

DR. SAUL DÍAZ PEÑA

VICEDECANO

LIC. FRANKLIN ARNULFO MÉNDEZ DURÁN

SECRETARIO

M.SP. ROBERTO CARLOS HERNÁNDEZ MARROQUÍN

DIRECTORA DE ESCUELA

LIC. MONICA RAQUEL VENTURA DE RAMOS

DIRECTOR DE CARRERA

LIC. LUIS ALBERTO GUILLÉN GARCÍA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	vi
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
CAPÍTULO II	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (UCI) POLIVALENTE DEL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR.	9
2.2. EL PODER MECÁNICO (PM).....	10
2.2.1. Concepto	10
2.2.2. Componentes del poder mecánico	11
2.2.2.1. Frecuencia respiratoria (FR)	11
2.2.2.2. Volumen corriente (VT)	12
2.2.2.3. Presión pico (Ppeak)	12
2.2.2.4. Presión meseta (Pplt)	13
2.2.2.5. Presión positiva al final de la espiración (PEEP)	13
2.2.2.6. Presión de conducción (Driving Pressure).....	13
2.2.3. El Poder mecánico como variable integradora	14
2.3. LESIÓN PULMONAR INDUCIDA POR LA VENTILACIÓN MECÁNICA (VILI) 15	
2.3.1. Concepto	15
2.3.2. Mecanismos	15
2.3.2.1. Barotrauma	17
2.3.2.2. Volutrauma.....	17
2.3.2.3. Atelectrauma	18
2.3.2.5. Ergotrauma	19

2.4.	VENTILACIÓN MECÁNICA PROTECTORA	19
2.5.	VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA(VMI)	21
2.5.1.	Concepto	21
2.5.2.	Objetivos de la VMI.....	21
2.5.3.	Indicaciones de la ventilación mecánica.....	23
2.5.3.1.	Indicaciones Clínicas.....	23
2.5.4.	Programación de la ventilación mecánica invasiva.....	25
2.5.4.1.	Modalidad de ventilación	25
2.5.4.2.	Parámetros ventilatorios	25
2.5.5.	Monitorización de la ventilación mecánica.....	26
2.5.6.	Modificación de la asistencia respiratoria	27
2.5.7.	Complicaciones de la ventilación mecánica	27
	CAPÍTULO III.....	29
3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	30
	CAPÍTULO IV	32
4.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
	TIPO DE ESTUDIO	33
	Descriptivo	33
	Transversal	33
	POBLACIÓN, MUESTRA Y TIPO DE MUESTREO	33
	Población.....	33
	Muestra	33
	Tipo de muestreo.....	34
	CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	34
	Criterios de inclusión	34
	Criterios de exclusión.....	34
4.1	METODOLOGÍA, METODO, TÉCNICA, PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTO.	35
4.1.1	Metodología	35
4.1.2	Método	35
4.1.3	Técnica	35
4.1.4	Procedimiento.....	35
4.1.5	Instrumento	35

4.2	PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	36
4.2.1	Plan de recolección de datos.....	36
4.2.2	Análisis de datos.....	36
4.3	CONSIDERACIONES ÉTICAS	36
CAPÍTULO V.....		37
5.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	38
CAPÍTULO VI.....		58
CONCLUSIONES.....		59
RECOMENDACIONES.....		60
FUENTES DE INFORMACIÓN.....		61
GLOSARIO		66
ANEXOS.....		71

INTRODUCCIÓN

El poder mecánico como meta de protección pulmonar se refiere a la medición de una variable unificadora de parámetros ventilatorios utilizada en la ventilación mecánica para evitar daño pulmonar inducido por esta misma durante el proceso de ventilación artificial. Cuando una persona requiere ventilación mecánica, ya sea debido a una enfermedad respiratoria grave, lesión pulmonar o un estado postoperatorio, es fundamental proporcionar un soporte respiratorio adecuado sin causar daño adicional a los pulmones, como barotrauma, volutrauma, atelectrauma, biotrauma, y ergotrauma, los cuales son los principales mecanismos de desarrollo de Lesión Pulmonar Inducida por la ventilación mecánica (VILI). Por esta razón el mantener un poder mecánico dentro de los valores adecuados se vuelve fundamental para la protección pulmonar del paciente ya que permite un equilibrio óptimo de la ventilación mecánica invasiva.

Este estudio está estructurado de la siguiente manera:

CAPÍTULO I: Contiene el planteamiento del problema donde se hace referencia a la valoración del poder mecánico como meta de protección pulmonar en pacientes bajo a ventilación mecánica; el enunciado del problema que pasa a transformar el tema a una interrogante, la justificación que da a conocer el propósito de la investigación, su viabilidad y factibilidad. Además, se presentan los objetivos de la investigación que se dividieron en objetivo general y objetivos específicos, los cuales reflejan lo que se pretende alcanzar con esta investigación.

CAPÍTULO II: Está constituido por el marco teórico en el cual se fundamenta el tema en investigación a través de las bases teóricas recopiladas de diversas fuentes bibliográficas, que permiten la comprensión del tema.

CAPÍTULO III: Se presenta la operacionalización de las variables, de acuerdo con los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO IV: Está conformado por el diseño metodológico, en el cual se describe: el tipo de estudio, la población, muestra y tipo de muestreo, se presentan los criterios de inclusión y exclusión, la metodología y técnica para obtención de la información, el instrumento y procedimiento que se llevara a cabo para la recolección, procesamiento y análisis de datos.

CAPÍTULO V: Se presentan los resultados obtenidos en la investigación, se proyecta la información en tablas estadísticas simples y gráficos con su respectivo análisis.

CAPÍTULO VI: Se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los objetivos de la investigación y de los datos obtenidos. Además, se presenta la bibliografía utilizada en el marco teórico y aquella que sirvió para la comprensión y ejecución de esta investigación. Por último, se presentan los anexos de referencias teóricas.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El Hospital Nacional El Salvador está ubicado en San Salvador, Capital de El Salvador, en las instalaciones del que antes fuera el Centro Internacional de Ferias y Convenciones del país. El centro hospitalario fue construido en respuesta a la pandemia por SARS-CoV-2 para atender exclusivamente a pacientes infectados por el virus. El hospital funciona bajo la administración y jurisdicción del Ministerio de Salud de El Salvador. Posee una disponibilidad de más de 900 camas para la atención de pacientes. Cuenta con área de hospitalización, Unidad de Cuidados Intermedios (UCIN) y Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), con equipos médicos de tecnología avanzada, áreas especializadas y es atendido por un equipo de médicos y de enfermería, laboratoristas, intensivistas, terapeutas respiratorios y demás personal de atención sanitaria. Con la disminución de casos positivos, hospitalizaciones y baja demanda de pacientes críticos infectados por el SARS-CoV-2, desde el segundo trimestre del año 2022, el Hospital Nacional El Salvador, aunque mantiene el aérea especializada para paciente Covid; funciona como centro de atención de referencia de otras especialidades médicas, contando con una Unidad de Cuidados Intensivos Polivalente.

La mayoría de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), hacen uso de la ventilación mecánica invasiva (VMI), que consiste en un tratamiento de soporte vital, en el que, por medio de un ventilador mecánico que suministra un soporte ventilatorio, se facilita el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes con insuficiencia respiratoria hasta la reversión total o parcial de la causa que la originó. El ventilador mecánico, mediante la generación de un gradiente de presión entre dos puntos (vía aérea -alvéolo) produce un flujo de gas por un determinado tiempo, lo que genera una presión que tiene que vencer las resistencias al flujo y las propiedades elásticas del sistema respiratorio, obteniendo un volumen de gas que entra y luego sale del sistema respiratorio. Una programación inapropiada de alguno de estos parámetros puede impactar negativamente en la hemodinámica pulmonar y sistémica del paciente e inducir daño al parénquima pulmonar, lo cual causará el desarrollo de una lesión pulmonar inducida por

la ventilación mecánica (VILI), la cual se presenta clínicamente en forma de barotrauma, volutrauma, atelectrauma, biotrauma y recientemente se añadió el término ergotrauma.

La lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) , representa el resultado no deseado de una interacción entre diversas variables mecánicas que actúan sobre las estructuras pulmonares, dichas variables están relacionadas con la programación del ventilador mecánico, las más estudiadas han sido las estáticas que comprende: Volumen corriente, las presiones de la vía aérea en ausencia de flujo al final de la inspiración (presión meseta) y al final de la espiración (PEEP), y más recientemente la diferencia entre ambas presiones (Driving Pressure). Desde el año 2000 se sabe que las variables dinámicas (flujo inspiratorio y frecuencia respiratoria) también son capaces de influir en la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). Buscando un parámetro integrador de todas estas variables que se relacionan con el desarrollo de esta lesión, en el año 2016 el Dr. Gattinoni y sus colaboradores presentaron el concepto del poder mecánico (PM) .Además, realizaron una descripción matemática del poder mecánico, en la cual la energía entregada se describe como una variable física unificada y se explica así con una fórmula que incluye los diferentes parámetros ventilatorios: Frecuencia respiratoria (FR), volumen tidal (VT), presión pico (Ppk), presión meseta (Pplt) y la presión positiva al final de la espiración (PEEP).

A través de la fórmula, el poder mecánico puede ser fácilmente medible a la cabecera del paciente. El poder mecánico al ser una variable que incluye todas las causas potenciales de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI), permite identificar si el soporte ventilatorio programado al paciente es el adecuado, ya que el ajuste correcto de los parámetros ventilatorios es clave para la protección pulmonar. Por ello algunos estudios ya lo consideran dentro de las variables de monitorización ventilatoria a tomar cuenta para lograr uno de los objetivos de la ventilación mecánica: Evitar la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). De esta forma mantener un valor óptimo de poder mecánico posibilita que el paciente esté bajo una ventilación mecánica protectora.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Será beneficioso el poder mecánico como meta de protección pulmonar en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva entre los 18 a 85 años, ingresados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional El Salvador, en los meses de Noviembre y Diciembre 2022?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La ventilación mecánica invasiva (VMI) constituye una importante herramienta en el tratamiento de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), ya que brinda un soporte a la función respiratoria hasta la reversión total o parcial de la causa que originó la disfunción respiratoria. La VMI tiene como objetivos fundamentales: mejorar el intercambio gaseoso, disminuir el trabajo respiratorio y evitar la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). El desarrollo de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) deriva de la interacción de una serie de variables estáticas y dinámicas, es decir que depende de la interacción entre los parámetros ventilatorios programados por el operador (volumen, presión, flujo y frecuencia) y también de las características del parénquima pulmonar. La importancia de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) ha sido establecida por estudios publicados por la Red de investigación del Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (ARDS Net, por sus siglas en inglés), que mostraron una reducción del riesgo de muerte en los pacientes ventilados con una estrategia ventilatoria protectora del pulmón. En el año 2016 el Dr. Gattinoni y un grupo de colaboradores, considerando la necesidad de contar con una variable integradora única, de todos los componentes generadores de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica, presentaron un nuevo concepto: El poder mecánico (PM).

El poder mecánico (PM), se define como la *cantidad de energía que se transmite desde el ventilador mecánico al parénquima pulmonar en cada ciclo respiratorio*. En los últimos años, el concepto de poder mecánico ha tomado mayor relevancia, porque es una variable que incluye todas las causas potenciales de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI): volumen corriente (VT), presión de conducción (DP), flujo, frecuencia respiratoria (FR) y presión positiva al final de la espiración (PEEP); incluyendo todos estos parámetros, se puede medir el poder mecánico a través de la fórmula matemática desarrollada por el Dr. Gattinoni, la cual ofrece la ventaja de poder calcularlo a la cabecera del paciente, por medio de una hoja electrónica de cálculo o Software para su registro.

En la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador, se atienden pacientes que hacen uso de la ventilación mecánica invasiva, por ello se observó que puede ser de gran utilidad el llevar a la práctica clínica el cálculo del poder mecánico, puesto que al ser una variable integradora, obtener su valor permite que se evalúe si el paciente se encuentra bajo una ventilación mecánica protectora o si es necesario considerar el ajuste de los parámetros ventilatorios, a fin de que la energía suministrada por el ventilador al tejido pulmonar no sea excesiva y se mantenga la protección pulmonar. Por esta razón el poder mecánico es un parámetro muy útil en la optimización de la ventilación mecánica y por consiguiente permite prevenir en el paciente la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI).

La presente investigación pretendió brindar a los profesionales del área de terapia respiratoria y al personal de salud de una Unidad de Cuidados Intensivos, un enfoque del poder mecánico como una meta de protección pulmonar. Para el desarrollo de esta investigación se contó con la disponibilidad de los recursos bibliográficos, humanos y financieros. Además, la investigación no representó riesgo para el paciente ya que no requirió de ninguna manipulación del mismo. Sin embargo, se garantizó su integridad y derecho a la privacidad, manteniendo los datos recolectados en confidencialidad, para ser utilizados únicamente con fines académicos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Valorar los beneficios del poder mecánico como meta de protección pulmonar para prevenir el desarrollo de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI), en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva entre los 18 a 85 años, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional El Salvador, en los meses de noviembre y diciembre 2022.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Registrar los parámetros que conforman el poder mecánico, programados en el ventilador mecánico
- 2) Calcular el valor del poder mecánico mediante la fórmula matemática de Gattinoni, para cada paciente bajo ventilación mecánica invasiva.
- 3) Registrar por medio del monitoreo no invasivo los signos vitales del paciente (Presión arterial, frecuencia cardíaca, saturación periférica de oxígeno) bajo ventilación mecánica invasiva.
- 4) Identificar las variaciones en la mecánica ventilatoria mediante el registro de los parámetros ventilatorios.
- 5) Determinar los beneficios de mantener el poder mecánico dentro de su valor normal.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (UCI) POLIVALENTE DEL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR.

El Hospital Nacional El Salvador está ubicado en San Salvador, Capital de El Salvador, fue construido en respuesta a la pandemia por SARS-CoV-2 para atender exclusivamente a pacientes infectados por el virus. Cuenta con área de hospitalización, Unidad de Cuidados Intermedios (UCIN) y Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), con equipos médicos de tecnología avanzada, áreas especializadas y es atendido por un equipo de médicos y de enfermería, laboratoristas, intensivistas, terapistas respiratorios y demás personal de atención sanitaria.

Con la disminución de casos positivos, hospitalizaciones y baja demanda de pacientes críticos infectados por el SARS-CoV-2, desde el segundo trimestre del año 2022, el Hospital Nacional El Salvador, aunque mantiene el aérea especializada para paciente Covid; funciona como centro de atención de referencia de otras especialidades médicas. Cuenta con una Unidad de Cuidados Intensivos Polivalente, la cual se distribuye en diferentes áreas: UCI para pacientes aislados, UCI quirúrgica, UCI coronarios, UCI nefrológicos, UCI de medicina interna, UCI general y UCI paliativos.

La atención que se brinda incluye un abordaje multidisciplinario por la diferentes aéreas de atención especializada, las cuales hacen uso de los diversos recursos médicos y tecnológicos. La mayoría de los pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) polivalente, hacen uso de la ventilación mecánica invasiva (VMI), para lo cual se cuenta con ventiladores mecánicos de diversas marcas (Zoll, Luft, Amoul, etc.) que suministran el soporte ventilatorio, también se cuenta con variedad de equipos médicos tecnológicos que facilitan el monitoreo e intervención de los pacientes.

2.2. EL PODER MECÁNICO (PM)

2.2.1. Concepto

El poder mecánico, se refiere a la “energía entregada por unidad de tiempo al sistema respiratorio por parte del ventilador mecánico, medida en Joules/minuto”.¹ En el año 2016, el Dr. Gattinoni y sus colaboradores, derivaron la fórmula del poder mecánico de la ecuación del movimiento, ellos presentaron y propusieron una descripción matemática, en la cual la energía entregada por unidad de tiempo se describe como una entidad unificada y se explica así con una ecuación. La fórmula obtenida para el cálculo del poder mecánico es la siguiente:

$$PM = 0.098 \times FR \times VT \times (P_{peak} - (P_{plt} - PEEP)/2)$$

En donde: PM = poder mecánico, FR= Frecuencia respiratoria, VT= volumen tidal, Ppeak= presión pico, Pplt= presión meseta, PEEP= presión positiva al final de la expiración. El poder mecánico (PM) refleja la cantidad de energía aplicada al sistema respiratorio por minuto durante la ventilación mecánica. La cantidad de energía transferida desde el ventilador al paciente por unidad de tiempo se mide en Joules por minuto (J/min). Se ha observado a través de estudios experimentales que “un valor mayor de 12 Joules/minuto determina el desarrollo de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI), en sujetos sanos y empeoramiento clínico en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA)”².

Esta energía suministrada por el ventilador al tejido pulmonar y la explicación de la contribución relativa de cada uno de sus componentes conduce a la posibilidad de objetivizar a la mayoría de las variables que pueden manipularse en las configuraciones convencionales del ventilador mecánico. El poder mecánico es una variable que incluye todos los componentes que se relacionan con la producción de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI): presiones, volumen, flujo, frecuencia respiratoria.

1 Gómez R., J. (2018). Determinación del poder mecánico en pacientes en ventilación mecánica invasiva en modalidad espontánea. *Mediagraphic*, 32(1), 20-26. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2018/ti181d.pdf>

² Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringher P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42(10):1567-1575.

2.2.2. Componentes del poder mecánico

El poder mecánico “*constituye uno de los parámetros de referencia más completos para proveer ventilación mecánica protectora*”³, ya que unifica todos los factores que se configuran en el ventilador mecánico y que están asociados al riesgo de provocar la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). De esta forma al aumentar la intensidad de alguna de las variables que lo conforman, aumenta también la energía que el ventilador transmite al sistema respiratorio del paciente y por ende aumenta la posibilidad del desarrollo de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI), la cual deriva de la interacción de una serie de variables estáticas y dinámicas que conforman el poder mecánico, las cuales son: Frecuencia respiratoria (FR) , volumen tidal (VT), presión pico (Ppeak), presión meseta (Pplt) , presión positiva al final de la espiración (PEEP) .

2.2.2.1. Frecuencia respiratoria (FR)

Es la cantidad de respiraciones por minuto que administra el ventilador mecánico. La frecuencia inicial depende de la magnitud del volumen prefijado, de la mecánica pulmonar y del objetivo de presión parcial de dióxido de carbono (PaCO₂).⁴ En los pacientes con mecánica respiratoria normal, una frecuencia de 8 a 12 resp/min suele ser bien tolerada. En caso de enfermedades obstructivas, 8 a 12 resp/min también es aceptable, ya que frecuencias más altas reducirán el tiempo de exhalación y conducirán al desarrollo de atrapamiento aéreo. Los pacientes con restricción pulmonar requieren una frecuencia respiratoria más alta, entre 15 y 25 resp/min, que satisfaga su elevada demanda ventilatoria y compense el bajo volumen circulante que reciben, y es crucial un ajuste cuidadoso para evitar el desarrollo de auto-PEEP. Según Hotchkiss, el incremento de la frecuencia respiratoria podría dar lugar a un aumento de los fenómenos nocivos sobre el pulmón debido a un mayor estrés de ciclado.

³ Aşar S, Acicbe Ö, Çukurova Z, Hergünel GO, Canan E, Çakar N. Bedside dynamic calculation of mechanical power: A validation study. J Crit Care. abril de 2020; 56:167-70. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31931417/>

⁴ Vales, S. B. (2013, 19 septiembre). *Fundamentos de la ventilación mecánica* (primera edición). Marge Books.

En un modelo de pulmón de conejo perfundido *ex vivo* se ha demostrado mayor edema y hemorragia perivascular cuando éste es ventilado con una frecuencia de 20 rpm que cuando es ventilado sólo con 3 rpm.⁵

2.2.2.2. Volumen corriente (VT)

El volumen corriente (VT) es la cantidad de aire inhalada y exhalada en un ciclo de respiración, suele ser en promedio de casi 500 ml. Se programa en las modalidades de volumen y en modalidades de doble control. Lo habitual es programar un VC de 7–10ml/kg (excepto en recién nacidos y pacientes con enfermedad pulmonar hipoxémica, en que se programan volúmenes menores). La relevancia clínica del volumen corriente ha sido demostrada en el estudio randomizado del ARDS Network (ARMA) ,donde un mayor volumen corriente se asoció con casi un 10% más de mortalidad que un menor volumen corriente .⁶

2.2.2.3. Presión pico (Ppeak)

La presión pico de la vía aérea es la presión máxima de la vía aérea registrada al final de la inspiración durante la ventilación de presión positiva, y representa la presión total necesaria para vencer todas las fuerzas opuestas a la respiración. La presión inspiratoria máxima (PIP) normal es de 25 a 30 cm H₂O. La presión inspiratoria máxima (PIP) debe mantenerse por debajo de 20 a 25 cm H₂O siempre que se requiera ventilación con presión positiva, especialmente si hay neumotórax o líneas de sutura pulmonar o bronquial frescas. El riesgo de barotrauma aumenta siempre que las presiones máximas y las presiones meseta se elevan al mismo grado. La presión inspiratoria máxima (PIP) aumenta con cualquier resistencia de las vías respiratorias. Puede aumentar la presión inspiratoria máxima (PIP): el aumento de las secreciones, el broncoespasmo, el acodamiento de los tubos de ventilación y la disminución de la distensibilidad pulmonar.

⁵ HOTCHKISS, J., BLANCH, L., MURIAS, G., ADAMS, A., OLSON, D., WANGENSTEEN, O., LEO, P. & MARINI, J. (2000, 1 febrero). Effects of Decreased Respiratory Frequency on Ventilator-induced Lung Injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 161(2), 463-468. <https://doi.org/10.1164/ajrcm.161.2.9811008>

⁶ ARDS Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000;342:1301-8.

2.2.2.4. Presión meseta (Pplt)

Es la presión medida al final de la fase inspiratoria. La aplicación de una pausa inspiratoria de duración suficiente (0,5-2 s), después de la insuflación del volumen circulante y antes del comienzo de la exhalación, produce un descenso de presión de la vía aérea que crea una meseta antes de caer hasta la presión basal. Durante la pausa no hay flujo de gas, lo que permite equilibrar las presiones en la vía aérea. Esta presión se denomina presión meseta o plateau (Pplat), y está influenciada por el volumen circulante, la distensibilidad toracopulmonar y la PEEP total. Se considera que es equivalente a la presión transalveolar teleinspiratoria (siempre y cuando la compliancia de la pared torácica sea normal). Por tanto, informa de la distensibilidad pulmonar o compliancia. Es un buen índice del riesgo de sobredistensión alveolar, y valores > 35 cm H₂O se correlacionan con un riesgo elevado de barotrauma.⁷

2.2.2.5. Presión positiva al final de la espiración (PEEP)

La Presión positiva al final de la espiración (PEEP), indica la presión residual en el sistema respiratorio luego de la espiración, evitando crear un vacío en el mismo y prepararlo para la siguiente inspiración. Para mantenerla en el paciente, se usa una válvula que crea resistencia con umbral en la rama espiratoria del circuito. Esta resistencia permite la salida de gas sólo cuando éste supera una presión prefijada impidiendo que la presión en vías aéreas llegue a cero, su función es mejorar la oxigenación.

2.2.2.6. Presión de conducción (Driving Pressure)

Se define como “La presión necesaria para sobrepasar el retroceso elástico del sistema respiratorio mientras el volumen corriente es inflado”, puede ser fácilmente calculado restando el PEEP a la presión meseta de la vía aérea ($\Delta P = P_{meseta} - PEEP$) y se ha propuesto como valores de corte >12-15 cmH₂O como indicadores de alta tensión

⁷Anatomía y monitorización respiratoria. (s. f.). Monitorización del paciente en ventilación mecánica http://aula.campuspanamericana.com/_Cursos/Curso01417/Temario/Experto_U_Patologia_Respiratoria_Grave/MIT4texto.pdf

pulmonar. Fundamentalmente refleja el grado de estiramiento pulmonar durante un ciclo respiratorio. En ese contexto tiene relación con el strain dinámico; a mayor presión de conducción existe mayor strain (elongación) dinámico del parénquima pulmonar y consecuentemente una mayor respuesta inflamatoria a nivel alveolar.

El concepto de driving pressure (DP), como un subrogante de la presión transpulmonar durante la ventilación mecánica, es una variable que podría servir para monitorizar y mejorar la protección pulmonar al optimizar el volumen tidal de acuerdo con el tamaño del pulmón disponible para el intercambio gaseoso. Esto fue propuesto por Amato y cols, en un innovador análisis de varios estudios clínicos previos, donde el DP tuvo mejor correlación con mortalidad que el V_t y PEEP.⁸

2.2.3. El Poder mecánico como variable integradora

En los últimos años ha crecido el interés por descifrar en su totalidad los factores necesarios para que se presente lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). Sin embargo, los estudios que investigan estos mecanismos se han enfocado, principalmente, en componentes aislados del ciclo ventilatorio, como el volumen corriente, presión transpulmonar (P_{tp}) y la presión de conducción alveolar. En el año 2016, *Gattinoni* y otros publicaron una nueva visión acerca de las causas de lesión pulmonar inducida por la ventilación (VILI) y las unificaron en una sola variable: el poder mecánico. Según esta visión, cada componente de la ventilación mecánica, previamente conocido como agente etiológico de VILI: VC, ΔP , frecuencia respiratoria y flujo, más PEEP (considerado principalmente protector), contribuye con diferente magnitud a la potencia mecánica entregada por el ventilador al sistema respiratorio.

En cuanto a la contribución de cada componente, el grupo de *Gattinoni* encontró que el VC, el flujo, la presión de conducción y la frecuencia respiratoria afectan de forma exponencial la potencia mecánica, mientras que el PEEP lo hace de manera lineal.⁹

⁸ Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015; 372(8):747-55.

⁹ Gattinoni, L., Tonetti, T., Cressoni, M. et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med.* 2016; 42(10), 1567–1575 (2016).

2.3. LESIÓN PULMONAR INDUCIDA POR LA VENTILACIÓN MECÁNICA (VILI)

2.3.1. Concepto

“La lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica(VILI), representa el resultado no deseado de una interacción compleja entre varias fuerzas mecánicas, que actúan sobre las estructuras pulmonares, como las células epiteliales tipo I y II, las células endoteliales, los macrófagos, las vías respiratorias periféricas y la matriz extracelular (ECM), durante la ventilación mecánica”.¹⁰

Desde mediados del siglo XVII John Fothergill en su ensayo en Transacciones filosóficas de la Royal Society of Medicine reconoció el potencial daño de la ventilación mecánica afirmando: *“los pulmones de un hombre pueden soportar sin lesiones una fuerza tan grande como la que otro hombre puede ejercer, dicha fuerza cuando es producida por un fuelle no siempre puede ser determinada ni controlada”*¹¹. Fothergill entendió claramente la posibilidad de las lesiones causadas por la ventilación y podría ser considerado el padre de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica.

2.3.2. Mecanismos

La fisiología clásicamente propuesta para explicar el funcionamiento del sistema respiratorio asume que, durante una respiración normal, la energía se utiliza para vencer dos fuerzas: la presión resistiva (diferencia de presión entre la presión medida por el respirador en la entrada de la vía aérea y la presión alveolar) y la presión elástica (el producto de la retracción elástica de los pulmones y la caja torácica (elastancia) y del volumen de gas administrado).

¹⁰ Anatomía y monitorización respiratoria. (s. f.). Monitorización del paciente en ventilación mecánica http://aula.campuspanamericana.com/Cursos/Curso01417/Temario/Experto_U_Patologia_Respiratoria_Grave/MIT4texto.pdf

¹¹ España Ch. Johana. Lesión pulmonar inducida por la ventilación: una revisión. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/99ceed72-07ed-4e3a-9940-b7902962222a/content>

Con ello se asume que el comportamiento del sistema respiratorio se rige por la ecuación de movimiento¹²:

$$P(t)=V(t)\times E+\text{Flujo}(t)\times R+\text{PEEP}$$

Donde, para cada instante particular (t), P(t) es la presión aplicada por el respirador, V(t) es el VC entregado, F(t) es el flujo al que se entrega ese volumen, y PEEP es la presión que existe en la vía aérea al final de la espiración. Esta ecuación está en función de dos constantes: R, la resistencia de la vía aérea al flujo del aire y E, la elastancia del parénquima pulmonar (o su inversa, la *compliance*, C= 1/E).

Los principales mecanismos que pueden conducir a la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) son, el daño directo a la membrana capilar alveolar y la mecanotransducción, que es la conversión de un estímulo mecánico en señales bioquímicas y moleculares intracelulares. El grado de daño directo y mecanotransducción puede depender de la cantidad de energía transferida desde el ventilador mecánico a los pulmones del paciente y a su vez, el grado de transferencia de potencia depende de los parámetros ventilatorios ajustados en el ventilador mecánico por el operador al lado de la cama.

Es decir que, el desarrollo de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI) dependerá de la interacción entre la programación de la ventilación mecánica (volumen, presión, flujo y frecuencia respiratoria) y las características del parénquima pulmonar observados mediante estudios radiológicos (volumen pulmonar aireado, heterogeneidad, edema) que condicionarán grados variables de tensión (*stress*), deformación (*strain*) y fenómenos de colapso-reapertura cíclicos en el parénquima pulmonar.

Por tanto, *la energía y el tiempo son los dos componentes fundamentales de esta lesión y, considerados conjuntamente, definen el poder mecánico (PM).*

¹² Alapont, M. I., V. (2019, 1 abril). Stress, strain y potencia mecánica. ¿Es la ingeniería de materiales la respuesta para prevenir la lesión inducida por el ventilador? | Medicina Intensiva. <https://www.medintensiva.org/es-stress-strain-potencia-mecanica-es-articulo-S021056911830192X>

Desde que se definiera el daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica o VILI (por sus siglas en inglés ventilator-induced lung injury) en 1998, este se ha atribuido a cuatro mecanismos básicos: volutrauma, barotrauma, atelectrauma y biotrauma. Más recientemente, el concepto de ergotrauma, debido a la energía y la potencia administradas por el ventilador mecánico a los pulmones, ha sido propuesto como un mecanismo unificador que deriva en daño pulmonar.¹³

2.3.2.1. Barotrauma

A principios de los 70's se observó que al ventilar a pacientes con falla respiratoria aguda a normocapnia y con volúmenes corrientes (VT) mayores de 12 ml/ Kg de peso, aproximadamente un 10% presentaba neumotórax, neumomediastino o enfisema subcutáneo, particularmente cuando la presión máxima de la vía aérea (Ppeak) era mayor de 36 cmH₂O.¹⁴

Esto dio lugar al concepto de barotrauma, definido como *la presión excesiva que conduce a la ruptura macroscópica del parénquima pulmonar*. Es la primera expresión del potencial rol de la ventilación mecánica para producir daño pulmonar asociado básicamente a la presión pico (Ppeak) excesiva. Esto incluye neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo y embolia gaseosa.

2.3.2.2. Volutrauma

El volutrauma es el tipo de lesión que se genera por un *volumen corriente alto*. El enfoque en la importancia del volumen en la génesis de VILI se debió principalmente a Dreyfuss y colegas que, en una serie de experimentos en los que se envolvió la pared torácica para aumentar su elastancia, mostraron que para que ocurriera VILI lo que importaba era el volumen corriente administrado, independientemente de las presiones (es decir, el bajo volumen no causó ningún daño incluso en presencia de altas presiones en ratas envueltas en el pecho, mientras que el alto volumen sí.

¹³ Medina, O. (2021). Nuevas estrategias para la prevención del daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, 20(3), ECIMED. <http://www.revme.sld.cu/index.php/mie/article/view/769/pdf>

¹⁴ Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures. Protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 1974; 110(5):556-565.

2.3.2.3. Atelectrauma

El atelectrauma o atelectasia cilíndrica es un *daño causado por la deformación o el cizallamiento de las unidades alveolares sometidas a la expansión alveolar durante la apertura y el cierre en cada ciclo*. El concepto de atelectrauma fue desarrollado por Arthur Slutsky cuando observo un importante aumento de las citoquinas inflamatorias en vivo en un grupo de ratas cuando colapsó los pulmones y los volvía a inflar de manera cíclica.

La base teórica de este fenómeno fue descrita por Med et Al.¹⁵ Quienes explicaron la mala distribución del estrés y la tensión en el parénquima pulmonar no homogéneo. El causante principal es la inestabilidad pulmonar. Los alveolos sanos en el ciclo respiratorio apenas tienen deformación, mientras que el un paciente con distrés tiende al colapso. En estos pacientes se puede encontrar la pérdida y la desnaturalización del surfactante, pérdida de peso del tejido suprayacente y la aparición de un gran edema inflamatorio intraalveolar.

2.3.2.4. Biotrauma

Propuesto desde 1997 por Tremblay y Slutsky quienes describieron cómo la lesión pulmonar mecánica desencadena una *respuesta biológica* que incluye la *activación de vías pro inflamatorias, inicialmente a nivel local con reclutamiento pulmonar de leucocitos y posterior liberación de mediadores inflamatorios*, a esta respuesta se conoce como biotrauma.¹⁶ En términos generales biotrauma es la *injuria bioquímica a través de la proliferación de células y mediadores inflamatorios que lesionan el pulmón*. No solo el estiramiento de la célula alveolar al final de la inspiración, sino que también las atelectasias promueven la liberación de mediadores inflamatorios. Los mediadores más clásicamente reconocidos son leucotrienos, PAF (platelet activating factor), tromboxano, TNF (factor de necrosis tumoral), proteínas del complemento, interleukinas 1 y 8, etc.

¹⁵ Arancibia FE. Daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica.

<https://www.researchgate.net/publication/266484600>

¹⁶ Tremblay LN, Slutsky AS. Ventilator-induced injury: from barotrauma to biotrauma. Proc Assoc Am Physicians. 1998;110(6):482-8.

Estas citoquinas son liberadas por diversas células tales como macrófagos, células endoteliales y epiteliales, plaquetas, neutrófilos, etc. La activación de los macrófagos alveolares y las citoquinas pro-inflamatorias juegan un rol central en la VILI. Estos mediadores liberados en el pulmón también pueden causar injuria en otros órganos y sistemas.

2.3.2.5. Ergotrauma

El concepto de ventilación protectora ha tomado un nuevo direccionamiento hacia la potencia mecánica, entendida como la carga de energía entregada al pulmón en un lapso de múltiples ciclos, la cual ha sido una variable relacionada con la magnitud de la exposición que imparte energía cuantitativa por minuto e incluye todos los factores mecánicos que influyen en la lesión pulmonar inducida por el ventilador. En este sentido, la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica, no es más que el *exceso de energía mecánica* (término conocido como ergotrauma) *aplicada sobre una superficie pulmonar heterogénea*.¹⁷ Este concepto intenta describir la lesión inducida de una forma global y dinámica, separándose de los conceptos aislados de volutrauma / atelectrauma, describiendo a los mismo como una resultante entre el grado de strain (elongación o deformación) y stress (tensión) desarrollado por el poder mecánico, que dependerá del tamaño pulmonar (baby lung), de la homogeneidad pulmonar (cantidad de pulmón aireado, no aireado, hiperinsuflado) y, de la cantidad de energía disipada en el sistema respiratorio.

2.4. VENTILACIÓN MECÁNICA PROTECTORA

La ventilación mecánica es una terapia que en sus más de siete décadas de uso ha demostrado salvar vidas; sin embargo, no está exenta de riesgos y una programación inadecuada también puede ocasionar daño.

¹⁷ Medina, O. (2021). Nuevas estrategias para la prevención del daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, 20(3), ECIMED. <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/769/pdf>

En la actualidad, se reconocen diversos mecanismos por los cuales la ventilación mecánica ocasiona lesión pulmonar o VILI (Ventilator-induced lung injury) estos son: volutrauma, barotrauma, atelectrauma, biotrauma y ergotrauma. Gracias a la evidencia científica que se ha acumulado a lo largo del tiempo, se han modificado las estrategias de administración de este soporte, mejorando los resultados clínicos, principalmente en aquéllos que padecen Síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), hasta llegar a lo que hoy se conoce como ventilación protectora pulmonar.

La ventilación **protectora pulmonar**, *consiste en administrar volúmenes corrientes bajos y una presión positiva al final de la espiración (PEEP) para mantener las unidades alveolares reclutadas, teniendo como límite una presión meseta < 30 cmH₂O*. Hoy en día, la ventilación protectora pulmonar se ha convertido en el estándar de manejo para los sujetos con SDRA, pero no sólo este grupo de casos se benefician de dicha estrategia, personas con otras causas de falla respiratoria hipoxémica, incluso aquéllos con mecánica pulmonar normal, presentan menos complicaciones, mejorando los resultados clínicos a corto y largo plazo.¹⁸ La ventilación protectora pulmonar con VT de 6-8 mL/ kg de peso predicho y presión meseta < 30 cmH₂O ha mejorado los desenlaces clínicos en pacientes con y sin SDRA durante los últimos 20 años.¹⁹

2.4.1. El poder mecánico como meta de protección pulmonar

Los parámetros ventilatorios tanto los estáticos (volumen corriente, PEEP, presión meseta, presión de conducción transpulmonar) como los dinámicos (frecuencia respiratoria, flujo de aire inspiratorio y espiratorio) están implicados en la fisiopatología de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI). Esto se refleja en el concepto del poder mecánico que pretende cuantificar la cantidad total de energía entregada durante la ventilación mecánica.

¹⁸ Serpa NA, Oliveira CS, Manetta JA, Galvão MP, Crepaldi ED, de Oliveira Prado Pasqualucci M, et al. Association between use of lung-protective ventilation with lower tidal volumes and clinical outcomes among patients without acute respiratory distress syndrome a meta-analysis. JAMA. 2012; 308:1651-1659.

¹⁹ García Salas, Y., Cruz Muñoz, B., Ortiz Larios, F. & Torres Adalid, J. D. (2020). Medidas de protección alveolar en pacientes con COVID-19. Medicina Crítica, 34(6), 341-348. <https://doi.org/10.35366/98164>

El objetivo aceptado ahora es impartir la menor potencia mecánica posible para mitigar el riesgo de VILI, mientras se logra un adecuado intercambio gaseoso. La vulnerabilidad del tejido pulmonar al estrés mecánico y la tensión también juega un papel dado que los pulmones se comportan como un sistema viscoelástico, los componentes de la matriz extracelular requieren tiempo para adaptarse a cada variable del ventilador, lo que sugiere que los ajustes de configuración deben realizarse preferentemente en pequeños incrementos o decrementos.²⁰

2.5. VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA(VMI)

2.5.1. Concepto

La ventilación mecánica es una ayuda artificial a la respiración que introduce gas (oxígeno) en la vía aérea del paciente por medio de un sistema mecánico externo (ventilador mecánico).²¹ La ventilación mecánica invasiva es un tratamiento de soporte vital, en el que utilizando una máquina que suministra un soporte ventilatorio y oxigenatorio, se facilita el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes con insuficiencia respiratoria. El ventilador mecánico, mediante la generación de un gradiente de presión entre dos puntos (boca / vía aérea – alvéolo) produce un flujo por un determinado tiempo, lo que genera una presión que tiene que vencer las resistencias al flujo y las propiedades elásticas del sistema respiratorio obteniendo un volumen de gas que entra y luego sale del sistema.²²

2.5.2. Objetivos de la VMI

El propósito primario del sistema respiratorio es lograr un intercambio gaseoso efectivo, de manera segura y con un costo de energía aceptable. La ventilación mecaniza se instituye cuando estos objetivos no pueden alcanzarse con otros recursos terapéuticos. Es así como la ventilación mecánica puede ser necesaria:

²⁰Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, Protti A, Gotti M, Chiurazzi C, Carlesso E, Chiumello D, Quintel M (2016) Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med* 42:1567–1575

²¹ Kacmarek RM, Hess D. Basic principles of ventilation machi-nery. En: Tobin MJ, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill; 1994. p. 65-110.

²²Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.

- Para conseguir la ventilación adecuada a la situación clínica y poner en reposo los músculos respiratorios (por ejemplo, en fallo ventilatorio por debilidad neuromuscular u obstrucción severa al flujo aéreo).
- Para corregir la hipoxemia y la caída de volumen pulmonar (por ejemplo, en síndrome de dificultad respiratoria aguda, SDRA).
- Porque la ventilación espontánea resulta una demanda excesiva sobre un sistema cardiovascular comprometido (por ejemplo, shock o fallo ventricular izquierda).

Puntualizando con mayor precisión, entre los objetivos fisiológicos de la ventilación mecánica se cuentan:

- Mejorar el intercambio gaseoso:
 - Ventilación alveolar, en el fallo ventilatorio.
 - Oxigenación arterial, tanto en el fallo hipoxémico como en el ventilatorio.
- Mantener/restaurar:
 - El volumen pulmonar y modificar la relación presión/volumen.
 - Capacidad residual funcional (CRF) y volumen de fin de inspiración.
- Aumentar la distensibilidad.
- Prevenir la lesión pulmonar inducida por el respirador.
- Evitar el atrapamiento aéreo.
- Reducir el trabajo respiratorio:
 - Disminuir la carga de los músculos y el costo de oxígeno de la respiración.
 - Revertir la fatiga de los músculos respiratorios.
- Mejorar la oxigenación tisular:
 - Aumentar la disponibilidad de oxígeno en la sangre arterial.
 - Permitir la redistribución de la provisión de oxígeno hacia parénquimas vitales.²³

²³ Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.

2.5.3. Indicaciones de la ventilación mecánica.

Clásicamente las indicaciones de ventilación mecánica inicialmente son las mismas que para la intubación endotraqueal, las que básicamente son: Corregir la obstrucción de la vía aérea superior, facilitar la higiene bronquial y permitir la conexión a un ventilador mecánico; pero además se realiza una evaluación de algunos criterios puntuales para definir la necesidad de conectar al paciente en un ventilador mecánico, como es realizar una evaluación básica de la mecánica respiratoria evaluando frecuencia respiratoria, la medición de la capacidad vital, la determinación de la fuerza inspiratoria negativa, la medición de gases arteriales (GA) y también la pulsioximetría.

Cuando se toma la decisión de someter a un paciente a ventilación mecánica, se debe tener en mente con qué equipos se cuenta, en qué área se va a manejar, también se debe tener en cuenta el adecuado suministro de gases medicinales, así como contar con el personal entrenado para garantizar un soporte sin causar daño al paciente. Se debe considerar también el estado basal del paciente, así como su pronóstico de vida, ya que en muchas oportunidades se presentan pacientes con enfermedades evolutivas o irreversibles, cuyo estadio final evoluciona a insuficiencia respiratoria, en estos casos solo se lograría prolongar el proceso de muerte, por lo que se debe conversar con el paciente y sus familiares sobre las consecuencias que implica el soporte con ventilación mecánica.²⁴

2.5.3.1. Indicaciones Clínicas

- **Insuficiencia respiratoria tipo I o hipoxemia severa:** se define por hipoxemia con presión parcial de dióxido de carbono (PaCO_2) normal o bajo, gradiente alvéolo-arterial de oxígeno incrementada ($\text{AaPO}_2 > 20 \text{ mmHg}$).
- **Insuficiencia respiratoria II o hipercápnica:** producida por una falla de la ventilación alveolar que se caracteriza por hipoxemia con presión parcial de dióxido de carbono (PaCO_2) elevado y gradiente alveolo-arterial de oxígeno normal ($\text{AaPO}_2 < 20 \text{ mmHg}$).

²⁴ Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.

Teniendo en cuenta que esta elevación de la PaCO₂ se haya producido en forma aguda y tenga una disminución del nivel del pH por debajo de 7,25 y se verifique que está en riesgo la vida del paciente. En estos casos se puede decir que el pulmón está intrínsecamente sano, y que la causa de insuficiencia respiratoria se localiza fuera del pulmón, por lo que se debe pensar en otras enfermedades.

- **Compromiso neuromuscular de la respiración:** como en enfermedades desmielinizantes o post traumatismos de la médula espinal o del mismo sistema nervioso central.
- **Hipertensión endocraneana:** para manejo inicial con hiperventilación controlada, siempre en forma temporal mientras que se instalan otras formas de manejo para disminuir la presión intracraneana.
- **Profilaxis frente a inestabilidad hemodinámica:** situación en la cual hay una disminución de la entrega de oxígeno y disponibilidad de energía a los músculos respiratorios y un incremento en la extracción tisular de oxígeno con una marcada reducción del PvCO₂, por lo que es recomendable proporcionar un soporte ventilatorio y oxigenatorio de manera artificial.
- **Aumento del trabajo respiratorio:** generalmente como parte de la enfermedad del paciente que lo está llevando a la falla respiratoria y que puede conducirlo a la fatiga de los músculos respiratorios.
- **Tórax inestable:** como consecuencia de un trauma torácico, accidental o post quirúrgico, en el cual ya sea por dolor o por ausencia de arcos costales proporcionaremos un soporte que funcionará como férula neumática hasta que se normalice la situación.
- **Permitir sedación y/o relajación muscular:** necesarios para realizar una cirugía o un procedimiento prolongado.²⁵

²⁵ Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.

2.5.4. Programación de la ventilación mecánica invasiva

En la ventilación mecánica hay que programar los parámetros ventilatorios y las alarmas. Antes de conectar el respirador al paciente, es necesario calibrarlo, si el modelo lo requiere, y comprobar su correcto funcionamiento en un pulmón de prueba.

2.5.4.1. Modalidad de ventilación

Ésta dependerá del tipo de ventilador utilizado, la edad y el peso del paciente y su enfermedad. Tradicionalmente se utilizaban modalidades de presión en neonatos y lactantes hasta 5–10kg de peso y modalidades de volumen en los niños mayores, pero con los nuevos ventiladores es posible utilizar con seguridad modalidades de volumen, de presión o de doble control (mixtas) en cualquier tipo de paciente y con cualquier patología.

2.5.4.2. Parámetros ventilatorios

Algunos de los parámetros son específicos de la modalidad de ventilación elegida, mientras que otros son comunes a todas.

- **Volumen corriente (VC).** Es la cantidad de gas que el respirador manda al paciente en cada respiración. Se programa en las modalidades de volumen y en modalidades de doble control.
- **Frecuencia respiratoria (FR).** La FR (respiraciones por minuto que administra el respirador) depende de la edad y la patología.
- **Volumen minuto (VM).** Es el volumen de gas que el respirador envía al paciente en cada minuto de ventilación. Es el producto del volumen corriente (VC) por la frecuencia respiratoria (FR). El VM es el parámetro que está más directamente relacionado con la ventilación y, por lo tanto, con la presión arterial de dióxido de carbono (PaCO₂).
- **Tiempo inspiratorio (Ti).** Es el período de entrada del gas en la vía respiratoria (tubuladuras, tubo endotraqueal, tráquea y bronquios) y en los pulmones.

El T_i se programa tanto en las modalidades de volumen como en las de presión. En la ventilación por volumen, la inspiración está dividida en 2 fases: en la primera se produce la entrada del gas (T_i) y en la segunda (tiempo de pausa inspiratoria [T_p]), el aire se distribuye por el pulmón. En esta fase el flujo se hace 0. La pausa inspiratoria favorece que la ventilación sea más homogénea ya que permite una redistribución del gas por todos los alveolos, a pesar de que tengan distintas constantes de tiempo (resistencia y elasticidad). En la ventilación por presión, no se programa tiempo de pausa.

- **Relación inspiración/espriación (I/E).** Es la fracción de tiempo que se dedica a la inspiración y la espriación en cada ciclo respiratorio. Habitualmente se utiliza una relación I/E de 1/2 a 1/3. La programación de la relación I/E es muy diferente según el modelo de respirador. En unos se programa la FR y la relación I/E; en otros, el tiempo inspiratorio(T_i) y el espriatorio en segundos; en otros, la frecuencia respiratoria (FR) y el porcentaje de tiempo inspiratorio (T_i) y de tiempo de pausa inspiratoria (T_p) en porcentaje, y en otros, la FR y el T_i en segundos.²⁶

2.5.5. Monitorización de la ventilación mecánica

Aunque lo más importante es la vigilancia clínica, también es esencial una monitorización continua del estado de ventilación y oxigenación, generalmente con pulsioximetría y capnografía, de la función respiratoria y su representación gráfica y de la repercusión hemodinámica de la ventilación mecánica. Los parámetros fundamentales que se deben controlar en la ventilación mecánica son diversos en la mecánica ventilatoria destacan:

- **Presión máxima:** es la máxima presión alcanzada en la vía aérea cuando el respirador introduce aire en el paciente. En modalidades de volumen y mixtas, refleja la resistencia del tubo endotraqueal y las vías aéreas y la distensibilidad de los pulmones y la caja torácica. Puede aumentar por secreciones, acodamiento del

²⁶ López-Herce Cid J y Grupo de Respiratorio de la SEICP. Ventilación mecánica. En: López-Herce J, Calvo Rey C, Lorente Acosta M, Baltodano Agüero A, editores. Manual de cuidados intensivos pediátricos. 2.a ed. Madrid: Publimed; 2004. p. 677-707.

tubo, tubo en carina o bronquio, tos, broncoespasmo, lucha del paciente contra el respirador y empeoramiento de la enfermedad bronquial o pulmonar.

- **Presión meseta** (en modalidades de volumen): presión alcanzada al final de la inspiración. Depende sobre todo de la distensibilidad pulmonar (equivalente a la presión alveolar). Es un factor de barotrauma (daño alveolar). Puede aumentar en enfermedad pulmonar, neumotórax y atelectasia o por desplazamiento del tubo endotraqueal dentro del bronquio derecho.²⁷

Las curvas y bucles disponibles en los respiradores más recientes sirven para visualizar gráficamente los cambios de volumen, presión o flujo durante el ciclo respiratorio. Permiten detectar cambios en el estado clínico, optimizar la estrategia ventilatoria, valorar la respuesta al tratamiento y evaluar el curso de la retirada de la ventilación mecánica.²⁸

2.5.6. Modificación de la asistencia respiratoria

Después de la programación inicial, los parámetros se modifican de acuerdo con la monitorización clínica, gasométrica y de función respiratoria. Se debe alcanzar los valores de oxigenación y ventilación más parecidos a la normalidad si no es a costa de aumentar el riesgo de daño pulmonar. Nunca se debe intentar alcanzar la normoventilación y la normooxigenación a costa de parámetros agresivos del ventilador, pero tampoco se debe dejar severamente hipóxico a un paciente por miedo a subir los parámetros del ventilador.²⁹

2.5.7. Complicaciones de la ventilación mecánica

La ventilación mecánica (VM) constituye una importante herramienta en el tratamiento de los pacientes en situación de insuficiencia respiratoria, sin embargo, su aplicación no está exenta de riesgos ni de efectos adversos potencialmente letales. Uno de los cambios conceptuales, quizá el de mayor importancia, que se ha producido en el manejo de los

²⁷ López-Herce, J. & Carrillo, N. (2008). Ventilación mecánica: indicaciones, modalidades y programación y controles. *Anales de Pediatría Continuada*, 6(6), 321-329. [https://doi.org/10.1016/s1696-2818\(08\)75597-5](https://doi.org/10.1016/s1696-2818(08)75597-5)

²⁸ Bekos, V. & Marini, J. J. (2007b). Monitoring the Mechanically Ventilated Patient. *Critical Care Clinics*, 23(3), 575-611. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2007.07.007>

²⁹ A. Carrillo Alvarez. Monitorización de la ventilación mecánica: gasometría y equilibrio ácido base. *An Pediatr (Barc)*, 59 (2003), pp. 252-259

pacientes críticos, es que la propia ventilación mecánica puede dañar al pulmón e inducir o perpetuar la situación de lesión pulmonar aguda (LPA). Este fenómeno se produce tanto en los pulmones previamente sanos, como en aquellos ya previamente dañados, pero es de mucha mayor intensidad, tanto in vivo como en modelos experimentales, en aquellos pulmones con LPA preexistente.³⁰ Las complicaciones se pueden relacionar con la intubación, con la ventilación mecánica propiamente dicha o con la extubación.³¹

³⁰ Gordo Vidal, F., Delgado Arnaiz, C., & Calvo Herranz, E.. (2007). Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. *Medicina Intensiva*, 31(1), 18-26. Recuperado en 30 de noviembre de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912007000100003&lng=es&tlng=es.

³¹ Alí A. (2009). Complicaciones de la Ventilación Mecánica. Dueñas C. *Ventilación mecánica. Aplicación en el paciente crítico*. (51-56).

CAPÍTULO III

3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DESCRIPTIVA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
<p>El poder mecánico como meta de protección pulmonar para prevenir el desarrollo de Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VIL), en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva.</p>	<p>Poder mecánico: energía entregada por unidad de tiempo al sistema respiratorio por parte del ventilador mecánico, medida en Joules/minuto.</p> <p>Protección pulmonar: Estrategia de ventilación cuyo objetivo es evitar el daño pulmonar consecuencia de la ventilación mecánica utilizando parámetros ventilatorios individualizados.</p>	<p>El valor del poder mecánico se establecerá a partir de los parámetros ventilatorios programados en el ventilador mecánico y se calculará por medio de la fórmula matemática del Dr.Gattinoni. Y se evaluarán los beneficios como meta de protección pulmonar por medio de la monitorización de signos vitales, monitorización de mecánica ventilatoria.</p>	<p>Poder mecánico</p>	<p>Parámetros ventilatorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia respiratoria • Volumen corriente • Presión pico • Presión meseta • Presión positiva al final de la espiración (PEEP) • Presión de conducción • Fórmula matemática del poder mecánico

VARIABLE DESCRIPTIVA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
<p>Paciente bajo ventilación mecánica invasiva</p>	<p>Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI):</p> <p>Representa el resultado no deseado de una interacción compleja entre varias fuerzas mecánicas que actúan sobre las estructuras pulmonares.</p>	<p>El desarrollo de lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica dependerá de la interacción entre la programación de la ventilación mecánica y las características del parénquima pulmonar..</p>	<p>Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI)</p> <p>Signos vitales</p> <p>Evolución clínica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Barotrauma • Volutrauma • Atelectrauma • Biotrauma • Ergotrauma <ul style="list-style-type: none"> • Presión Arterial • Frecuencia Cardiaca • Saturación de Oxígeno <ul style="list-style-type: none"> • Mecánica ventilatoria • Fio2%

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO METODOLÓGICO.

TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio fue de tipo descriptivo y transversal.

Descriptivo

Se basó en describir el Poder mecánico como meta de protección pulmonar, por medio de la observación de los parámetros de monitorización de la mecánica ventilatoria y el monitoreo de los signos vitales del paciente.

Transversal

Fue transversal porque las variables en estudio se analizaron de forma simultánea en un tiempo determinado, haciendo corte en el mes de diciembre 2022, sin realizar seguimiento posterior a la fecha.

POBLACIÓN, MUESTRA Y TIPO DE MUESTREO

Población

Todos los pacientes de 18 a 85 años de edad, que requirieron el uso de ventilación mecánica invasiva (VMI) en la Unidad de Cuidados intensivos del Hospital Nacional El Salvador en el mes de diciembre 2022.

Muestra

La muestra para el presente estudio estuvo determinada por cuotas o intencional, donde el grupo investigador era el encargado de delimitar un número de 30 pacientes de ambos sexos entre las edades de 18 a 85 años ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador y reúnen todos los criterios de inclusión que se detallan a continuación.

Tipo de muestreo

La muestra se seleccionó por medio de muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo a todos aquellos que cumplan los criterios de inclusión.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión

1. Pacientes de 18 a 85 años de edad, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos.
2. Pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, que fueron manejados bajo modos convencionales de ventilación mecánica (Presión control, Volumen control o Presión soporte).
3. Pacientes que cumplan al menos 24 horas de estar bajo ventilación mecánica invasiva.

Criterios de exclusión

1. Pacientes menores de 18 años y mayores de 85 años de edad.
2. Mujeres embarazadas.
3. Pacientes que fueron manejados bajo modos ventilatorios no convencionales (diferentes a presión control, volumen control, o Presión soporte).
4. Pacientes que no cumplan con al menos 24 horas de estar bajo a ventilación mecánica invasiva.
5. Pacientes con enfermedad pulmonar preexistente
6. Pacientes con expediente incompleto.
7. Pacientes sin de registro completo de parámetros de mecánica ventilatoria y signos vitales.

4.1 METODOLOGÍA, METODO, TÉCNICA, PROCEDIMIENTO E INSTRUMENTO.

4.1.1 Metodología

El desarrollo de esta investigación se realizó por medio de la observación de los parámetros ventilatorios y la monitorización de los signos vitales registrados en los expedientes clínicos del Sistema Integrado de Salud (SIS) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva ingresados en el Hospital El Salvador.

4.1.2 Método

Se utilizó el método descriptivo para estudiar el comportamiento de las variables lo cual permitirá emitir conclusiones generales del estudio.

4.1.3 Técnica

La obtención de los datos se realizó mediante la observación directa de los parámetros ventilatorios y monitorización de cada paciente en estudio.

4.1.4 Procedimiento

El procedimiento que se siguió fue el siguiente: Se solicitó la autorización institucional del Hospital El Salvador, por medio del comité de ética, para la realización del estudio. Se seleccionó a los pacientes por medio del muestreo no probabilístico que cumplieran con los criterios de inclusión. Se identificaron a los pacientes y se registró sus datos generales, se realizó observación de los parámetros ventilatorios programados y calculados por el ventilador mecánico, de igual forma se registraron los signos vitales registrados en los expedientes clínicos del Sistema Integrado de Salud (SIS). Se realizó el cálculo del valor del poder mecánico, mediante la fórmula del Dr. Gattinoni. Todos estos datos se trasladaron a la guía de observación para su posterior análisis.

4.1.5 Instrumento

El instrumento que se utilizó en esta investigación fue la guía de observación tipo formulario, ya que se hizo un registro visual.

4.2 PLAN DE RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

4.2.1 Plan de recolección de datos

Se realizó de forma manual vaciando los resultados desde los expedientes clínicos al instrumento, en el cual se plasmaron todos los datos según las variables medidas. Posteriormente se trasladó toda la información a una base de cálculo del programa MS-Excel ® haciendo el cálculo de la frecuencia absoluta y frecuencia relativa.

Procesamiento de los datos.

Los datos que se obtuvieron con la guía de observación fueron tabulados con métodos estadísticos simples, cuadros, tablas con valores que se reflejaron en gráficos que permitieron realizar un breve comentario sobre las diversas variables que intervienen en el problema de estudio.

4.2.2 Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante la interpretación de las tablas y gráficos de los datos obtenidos por medio de la guía de observación, esto permitió obtener las conclusiones y establecer algunas recomendaciones sobre esta investigación.

4.3 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Al tratarse de un estudio descriptivo retrospectivo, los datos se tomaron a partir de las historias clínicas de cada paciente, las bitácoras de atención diaria del paciente en la Unidad de Cuidados Intensivos y de monitorización de los ventiladores, motivo por el cual no habrá ningún tipo de intervención hacia el paciente. Durante todo el proceso se guardó privacidad y confidencialidad de los datos de los participantes los cuales fueron utilizados únicamente con fines académicos. Al tratarse de un estudio sin ningún tipo de intervención ni requerimiento de información adicional por parte de pacientes o familiares, no se consideró necesario la implementación de un consentimiento informado para el estudio.

CAPÍTULO V

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Después de haberse aprobado el Protocolo de investigación denominado: “*Evaluación del poder mecánico como meta de protección pulmonar en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva entre los 18 a 85 años, ingresados en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Nacional El Salvador, en los meses de noviembre y diciembre 2022*”, se llevó a cabo el desarrollo del estudio, en el cual se contó con un total de 30 pacientes, de los cuales 21 fueron del sexo masculino y 9 del sexo femenino.

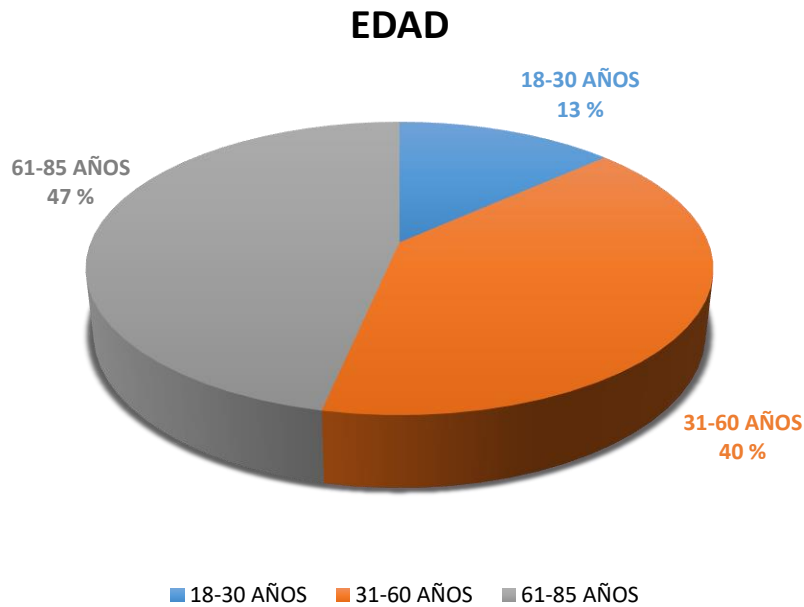
Los pacientes fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión. Los datos demográficos, clínicos y ventilatorios de los pacientes, se recopilaron con ayuda de la guía de observación, se tomaron los datos de los primeros 5 días bajo ventilación mecánica invasiva y se registraron en una base de datos del programa MS-Excel ®. Después de realizar el ordenamiento y procesamiento de dichos datos, se obtuvieron los siguientes resultados que a continuación se detallan:

Edad de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 1

EDAD	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
18-30 años	4	13 %
31-60 años	12	40 %
61-85 años	14	47 %
TOTAL	30	100 %

GRAFICO 1



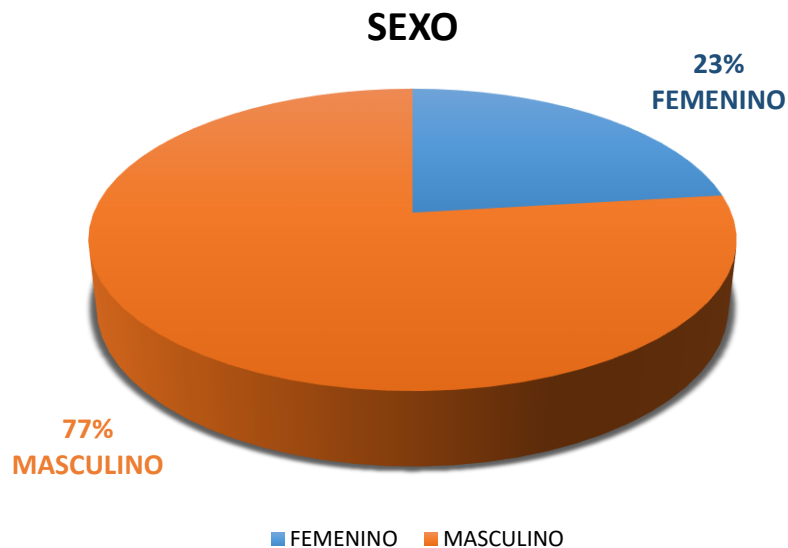
Análisis: La representación porcentual de la edad de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva muestra que el 47% de estos se encontraban dentro de las edades de 61 a 85 años, seguido de un 40% en las edades de 31 a 60 años, y en una menor proporción del 13% de 18-30 años.

Sexo de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 2

SEXO	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
Masculino	21	77 %
Femenino	9	23 %
TOTAL	30	100 %

GRAFICO 2



Análisis: La mayor proporción de pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados intensivos fue de sexo masculino con un 77% y en menor proporción del sexo femenino con un 23%

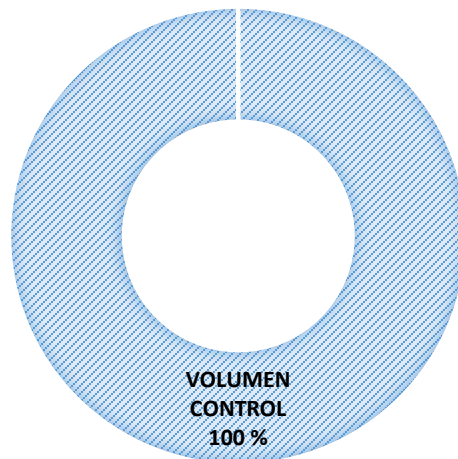
Modo ventilatorio de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 3

MODO VENTILATORIO	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
Volumen control	30	100 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICO 3

MODO VENTILATORIO



Análisis: El 100% de pacientes bajo a ventilación mecánica invasiva en la Unidad de Cuidados Intensivos, fueron ventilados bajo el modo ventilatorio de volumen control.

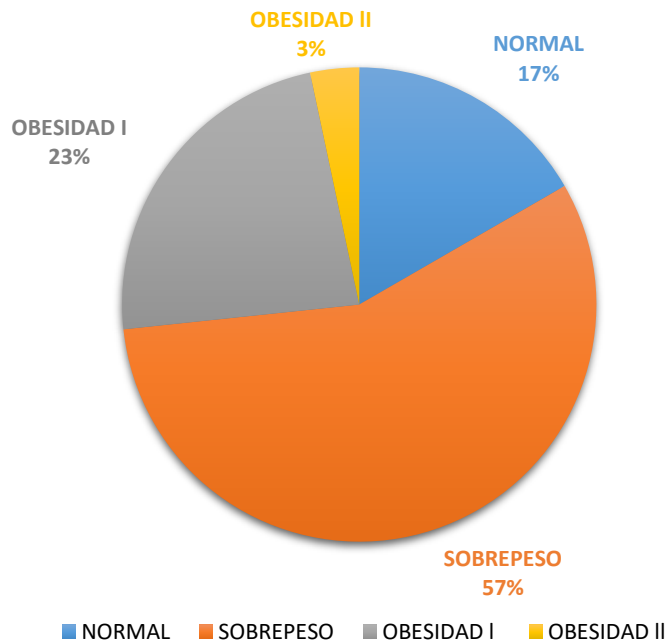
Índice de Masa Corporal (IMC) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 4

CATEGORIA DE IMC	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
Normal	5	17 %
Sobre peso	17	57 %
Obesidad I	7	23 %
Obesidad II	1	3 %
TOTAL	30	100 %

GRAFICA 4

ÍNDICE DE MASA CORPORAL



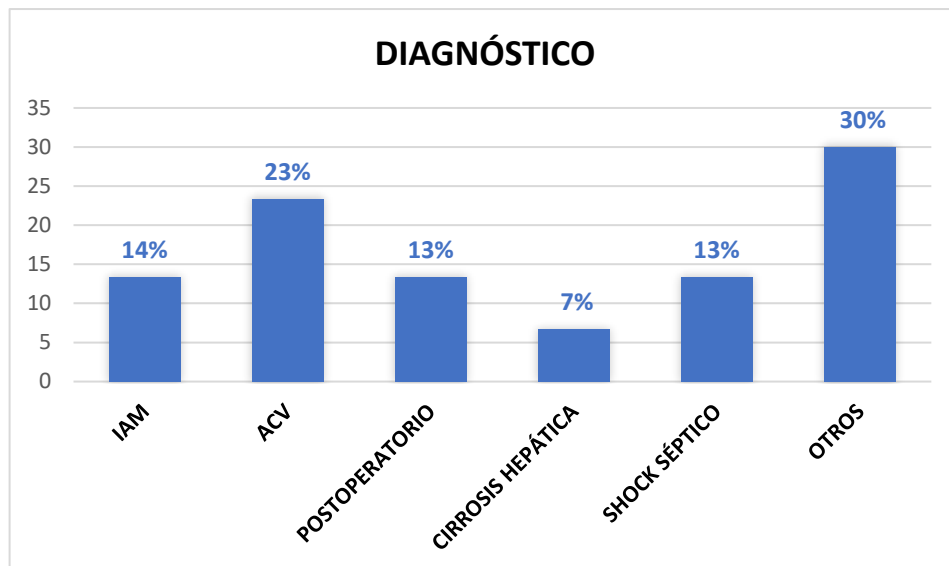
Análisis: según el índice de Masa corporal de los pacientes estudiados un 57% presentaba sobrepeso, el 23% se encontraba con obesidad I, un 17% presentó un rango normal y en menor proporción del 3% en obesidad II.

Diagnóstico de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 5

DIAGNÓSTICO	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
IAM	4	14 %
ACV	7	23 %
Postoperatorio	4	13 %
Cirrosis hepática	2	7 %
Shock séptico	4	13 %
Otros	9	30 %
TOTAL	30	100 %

GRAFICO 5



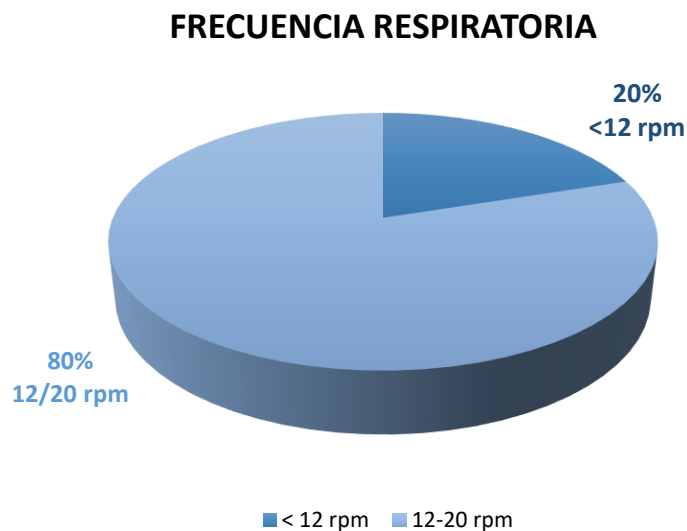
Análisis: El diagnóstico de ingreso de los pacientes en estudio fue en menor proporción del 7% por Cirrosis hepática, un 13% Postoperatorio, 13% por Shock Séptico, 14% por Infarto Agudo de Miocardio (IAM), un 23% por Accidente Cerebrovascular (ACV) y una mayor proporción del 30 % por otros diagnósticos variados.

Frecuencia respiratoria de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 6

FRECUENCIA RESPIRATORIA	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
< 12 rpm	6	20 %
12-20 rpm	24	80 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 6



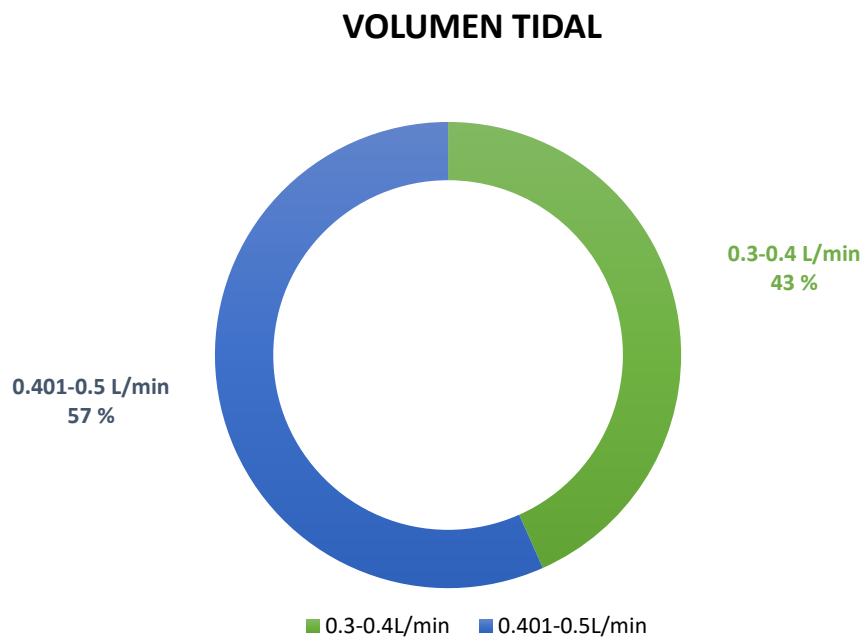
Análisis: El 80% de los pacientes bajo ventilación mecánica mantuvieron una frecuencia respiratoria en valores entre 12 a 20 respiraciones por minuto, mientras que el 20% la mantuvo con valores menores a 12 respiraciones por minuto.

Volumen Tidal de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 7

VOLUMEN TIDAL	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
0.3-0.4L/min	13	43 %
0.401-0.5L/min	17	57 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 7



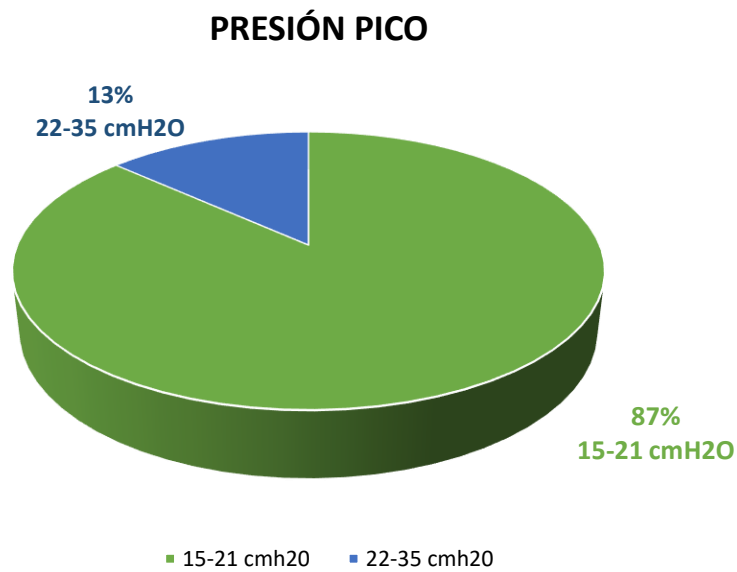
Análisis: El 57% de los pacientes en estudio, mantuvo un volumen tidal entre 0.401 a 0.50 litros por minuto, mientras que el 43% lo mantuvo en valores entre 0.30 a 0.40 litros por minuto.

Presión Pico de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 8

PRESIÓN PICO	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
15-21 cmh20	26	87 %
22-35 cmh20	4	13 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 8



Análisis: La mayor proporción de pacientes en un 87% mantuvieron valores de presión pico entre 15 a 21 cmh20 y en menor proporción del 13% en valores entre 22 a 35 cmh2o.

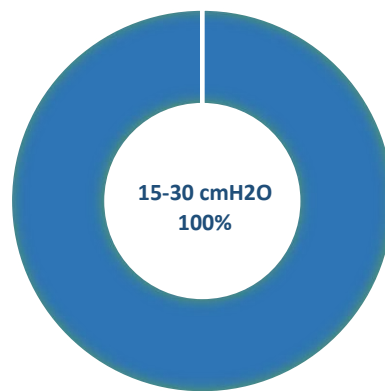
Presión meseta de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 9

PRESIÓN MESETA	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
15-30cmh20	30	100 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 9

PRESIÓN MESETA



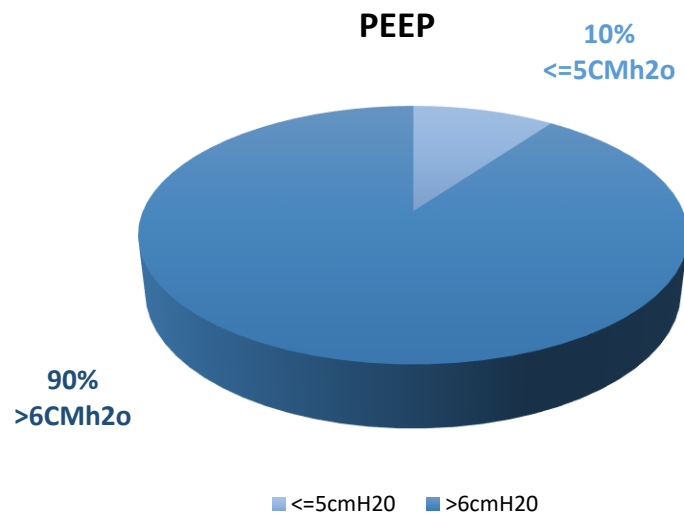
Análisis: El 100% de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos, mantuvo una presión meseta en los valores entre 15 a 30 cmH2O.

Presión positiva al final de la espiración (PEEP) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 10

PEEP	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
<=5cmH20	3	10 %
>6cmH20	27	90 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 10



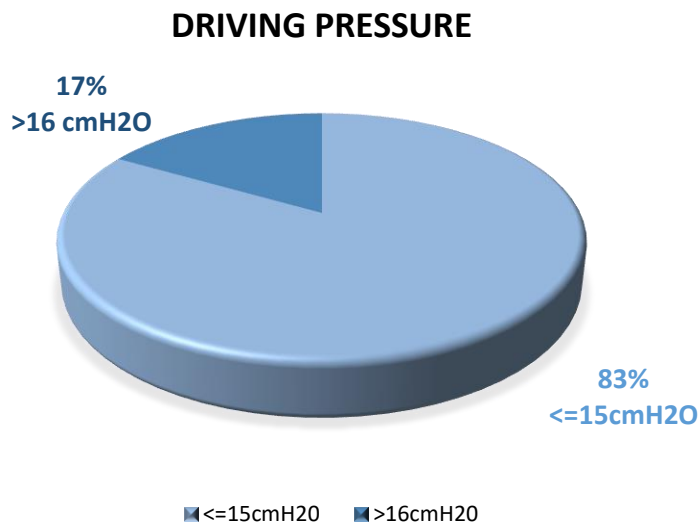
Análisis: La mayor proporción del 90% de los pacientes en estudio fue ventilado con Presión Positiva al final de la Espiración (PEEP) con valores menores o igual a 5 cmH2O, y una menor proporción del 10% con valores mayores a 6 cmH2O.

Presión de distensión (Driving Pressure) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 11

DRIVING PRESSURE	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
<=15cmH20	25	83 %
>16cmH20	5	17 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 11



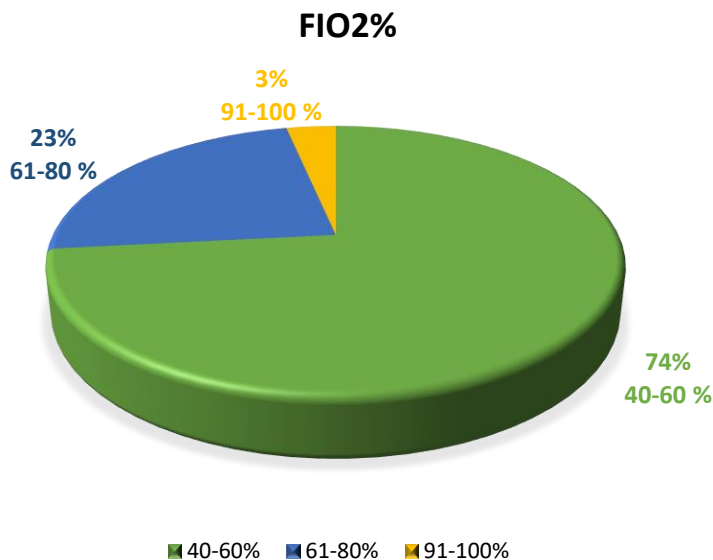
Análisis: el 83% de los pacientes mantuvieron valores de la presión de conducción (Driving Pressure) menores o igual a 15 cmH2O, y en menor proporción del 17% mantuvieron valores mayores a 16 cmH2O.

Fracción Inspirada de Oxígeno (Fio2%) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 12

FIO2	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
40-60%	22	74 %
61-80%	7	23 %
91-100%	1	3 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 12



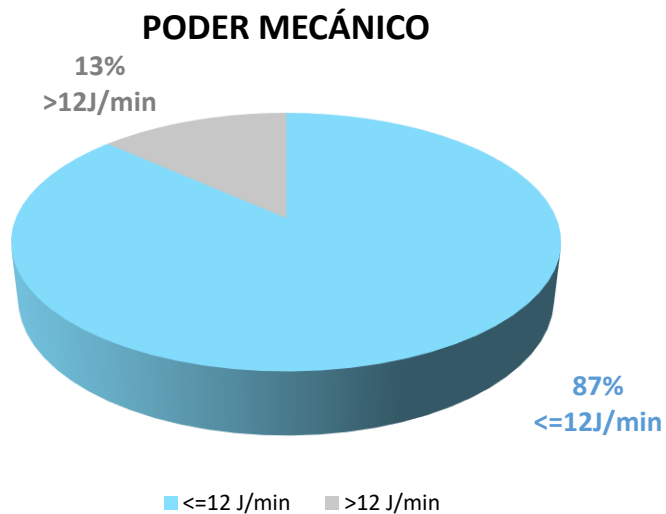
Análisis: La mayor proporción de pacientes en estudio en un 74% fueron ventilados con valores de Fio2% entre 40 a 60%, un 23% con valores de 61 a 80%, y en menor proporción del 3% con una Fio2 entre 91 a 100%.

Poder mecánico de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 13

PODER MECÁNICO	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
<12 J/min	26	87 %
>12 J/min	4	13 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 13



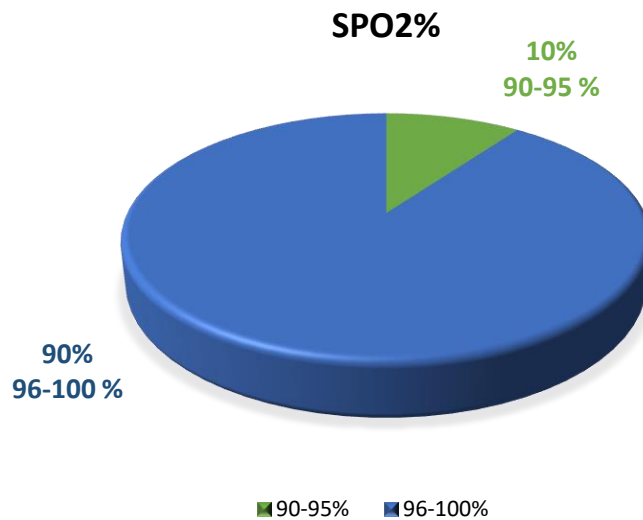
Análisis: De los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos, la mayor proporción de estos en un 87% mantuvieron un Poder Mecánico con valores menores o igual a 12 joules por minuto, y una proporción menor del 13% mantuvo valores mayores a 12 joules por minuto.

Saturación parcial de oxígeno (SPO2%) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 14

SPO2%	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
90-95%	3	10 %
96-100%	27	90 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 14



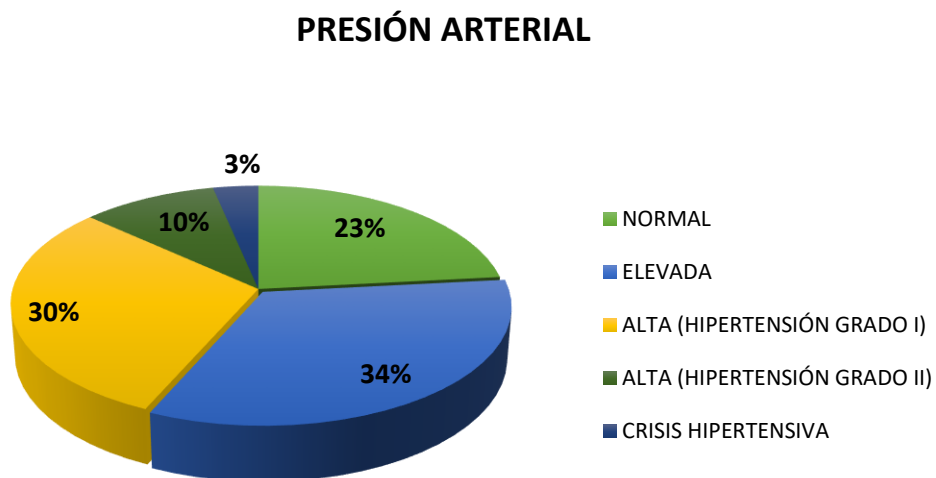
Análisis: El 90% de los pacientes en estudio mantuvieron una Saturación Parcial de Oxígeno (SPO2) entre 96 a 100%, una menor proporción del 10% mantuvieron valores entre 90 a 95%.

Presión arterial de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 15

PRESIÓN ARTERIAL	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
Normal	7	23
Elevada	10	33
Alta (hipertensión grado I)	9	30
Alta (hipertensión grado II)	3	10
Crisis hipertensiva	1	3
TOTAL	30	100

GRÁFICA 15



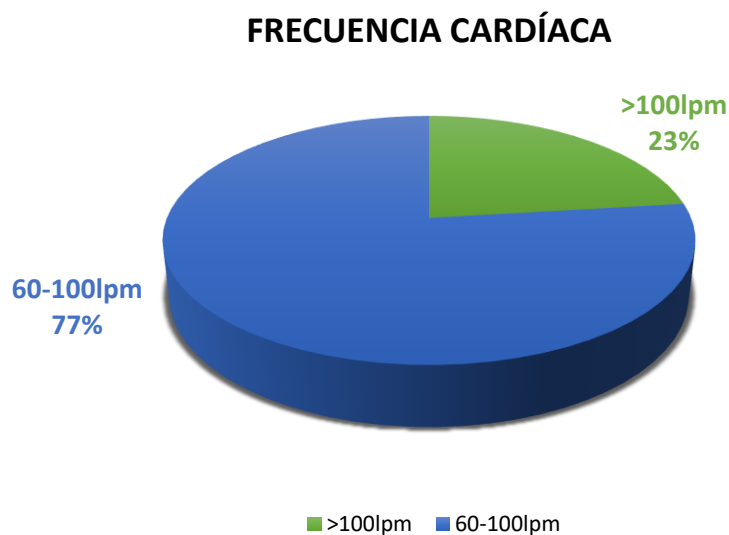
Análisis: el 34% de los pacientes mantuvieron valores de presión arterial elevada, un 30% presentó valores de hipertensión grado I, la presión arterial del 23% fue normal, el 10% presentó hipertensión grado II, y en menor proporción del 3% presentaron crisis hipertensiva.

Frecuencia Cardíaca de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 16

FRECUENCIA CARDÍACA	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
60-100lpm	25	77%
>100lpm	5	23%
TOTAL	30	100 %

GRÁFICO 16



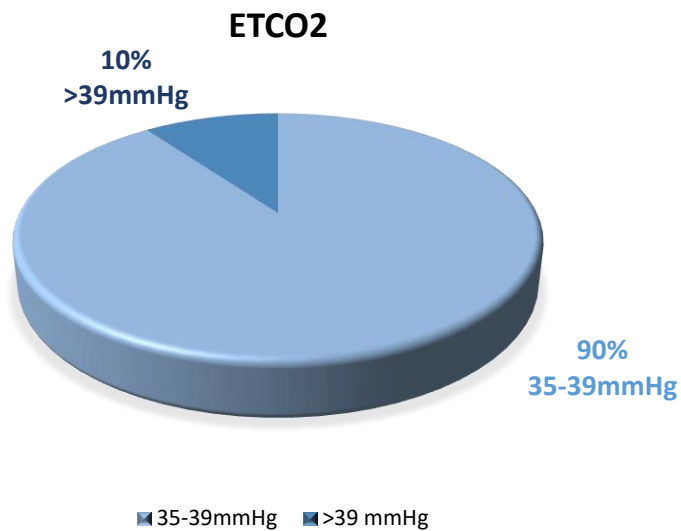
Análisis: La mayor proporción de pacientes con un 77% mantuvieron una frecuencia cardíaca con valores entre 60 a 100 latidos por minuto, mientras que el 23% de los pacientes mantuvieron valores mayores a 100 latidos por minuto.

CO2 espiratorio final (ETCO2) de los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 17

ETCO2	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
35-39 mmHg	27	90 %
>39 mmHg	3	10 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 17



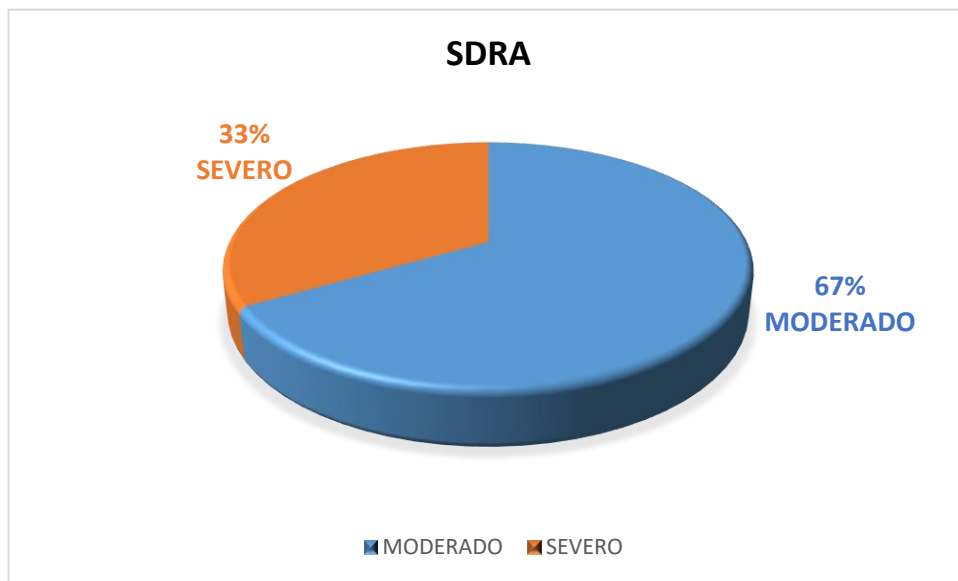
Análisis: El 90% de los pacientes bajo ventilación mecánica registró valores de CO2 espiratorio final (ETCO2) entre 35 a 39 mmHg, la menor proporción del 10% registró valores superiores a 39 mmHg.

Síndrome Distrés Respiratorio Agudo (SDRA) en los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 18

SDRA	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
Moderado	20	67 %
Severo	10	33 %
TOTAL	30	100 %

GRÁFICA 18

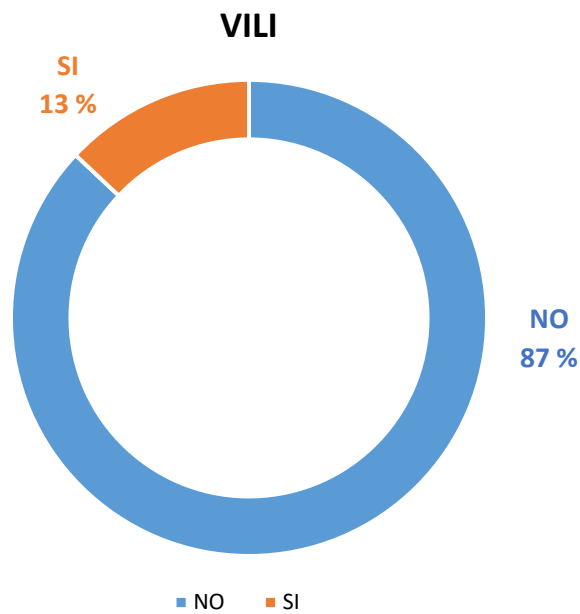


Análisis: De los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos, el 67% presentó Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA) moderado, y el 33% presento SDRA severo.

Lesión Pulmonar Inducida por la Ventilación Mecánica (VILI) en los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital El Salvador.

TABLA 19

VILI	F. ABSOLUTA	F. PORCENTUAL
NO	26	87%
SI	4	13%
TOTAL	30	100 %



Análisis: De los pacientes bajo ventilación mecánica invasiva ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos, el 87% no presentó Lesión Pulmonar Inducida por la Ventilación mecánica (VILI), mientras que el 13% si presentó.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

En relación con el estudio realizado y posterior a la recolección, procesamiento y análisis de los datos obtenidos con respecto a la evaluación del poder mecánico como meta de protección pulmonar en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva entre los 18 a 85 años, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional El Salvador, en los meses de noviembre y diciembre 2022, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Mantener los parámetros ventilatorios que conforman el poder mecánico dentro de los rangos normales permite realizar un soporte ventilatorio con protección pulmonar.
2. Medir el Poder mecánico mediante la fórmula matemática del Dr. Gattinoni permitió que un 87 % de los pacientes estudiados tuvieran un manejo ventilatorio de la manera correcta, disminuyendo la posibilidad de causar una lesión pulmonar inducida por ventilación mecánica, ya que los pacientes que presentaron riesgo de desarrollarla registraron modificaciones de los parámetros ventilatorios según sus requerimientos.
3. Se confirmó mediante la monitorización no invasiva que mantener un Poder mecánico dentro del rango normal permite que la actividad hemodinámica de los pacientes no presente alteraciones, ya que no se presentaron manifestaciones desfavorables ni alteraciones significativas sobre los signos vitales.
4. Se observó mediante el monitoreo ventilatorio que mantener un Poder mecánico adecuado evita que ocurra variaciones en los parámetros ventilatorios que excedan los rangos de protección pulmonar.
5. Mantener un poder mecánico <12 joules/min permite brindar una ventilación mecánica protectora, disminuyendo así el riesgo del paciente de desarrollar Lesión Pulmonar Inducida por la Ventilación mecánica.

RECOMENDACIONES

1. Estandarizar el cálculo del Poder mecánico como meta de protección pulmonar para los pacientes que requieran ventilación mecánica invasiva en la Unidad de Cuidados Intensivos.
2. Mantener valores normales del Poder mecánico según la situación clínica de cada paciente.
3. Realizar una monitorización de la mecánica ventilatoria y los signos vitales de manera conjunta, de modo que permita identificar alteraciones que puedan ser modificadas a tiempo en beneficio del Paciente.
4. Facilitar medios digitales que faciliten el cálculo del Poder mecánico a la cabecera del paciente de forma rutinaria, permitiendo así que se pueda identificar cualquier alteración y se intervenga de forma inmediata en la programación del ventilador mecánico.
5. Realizar investigaciones posteriores que permitan estudiar otras utilidades del Poder mecánico en el manejo ventilatorio de los Pacientes que ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Citada

1. Gómez R., J. (2018). Determinación del poder mecánico en pacientes en ventilación mecánica invasiva en modalidad espontánea. *Mediagraphic*, 32(1), 20-26. <https://www.mediagraphic.com/pdfs/medcri/ti-2018/ti181d.pdf>
2. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42(10):1567-1575.
3. Aşar S, Acicbe Ö, Çukurova Z, Hergünel GO, Canan E, Çakar N. Bedside dynamic calculation of mechanical power: A validation study. *J Crit Care*. abril de 2020; 56:167-70. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31931417/>
4. Vales, S. B. (2013, 19 septiembre). *Fundamentos de la ventilación mecánica* (primera edición). Marge Books.
5. HOTCHKISS, J., BLANCH, L., MURIAS, G., ADAMS, A., OLSON, D., WANGENSTEEN, O., LEO, P. & MARINI, J. (2000, 1 febrero). Effects of Decreased Respiratory Frequency on Ventilator-induced Lung Injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 161(2), 463-468. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.161.2.9811008>
6. ARDS Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000;342:1301
7. *Anatomía y monitorización respiratoria*. (s. f.). Monitorización del paciente en ventilación mecánica http://aula.campuspanamericana.com/Cursos/Curso01417/Temario/Experto_U_Patologia_Respiratoria_Grave/MIT4texto.pdf
8. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015; 372(8):747-55.
9. Gattinoni, L., Tonetti, T., Cressoni, M. et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016; 42(10), 1567–1575 (2016).
10. *Anatomía y monitorización respiratoria*. (s. f.). Monitorización del paciente en ventilación mecánica

http://aula.campuspanamericana.com/Cursos/Curso01417/Temario/Experto_U Patologia Respiratoria Grave/MIT4texto.pdf

11. España Ch. Jhoana. Lesión pulmonar inducida por la ventilación: una revisión. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/99ceed72-07ed-4e3a-9940-b7902962222a/content>
12. Alapont, M. I., V. (2019, 1 abril). Stress, strain y potencia mecánica. ¿Es la ingeniería de materiales la respuesta para prevenir la lesión inducida por el ventilador? | Medicina Intensiva. <https://www.medintensiva.org/es-stress-strain-potencia-mecanica-es-articulo-S021056911830192X>
13. Medina, O. (2021). Nuevas estrategias para la prevención del daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, 20(3), ECIMED. <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/769/pdf>
14. Webb HH, Tierney DF. Experimental pulmonary edema due to intermittent positive pressure ventilation with high inflation pressures. Protection by positive end-expiratory pressure. *Am Rev Respir Dis*. 1974; 110(5):556-565.
15. Arancibia FE. Daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. <https://www.researchgate.net/publication/266484600>
16. Tremblay LN, Slutsky AS. Ventilator-induced injury: from barotrauma to biotrauma. *Proc Assoc Am Physicians*. 1998;110(6):482-8.
17. Medina, O. (2021). Nuevas estrategias para la prevención del daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica. *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*, 20(3), ECIMED. <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/769/pdf>
18. Serpa NA, Oliveira CS, Manetta JA, Galvão MP, Crepaldi ED, de Oliveira Prado Pasqualucci M, et al. Association between use of lung-protective ventilation with lower tidal volumes and clinical outcomes among patients without acute respiratory distress syndrome a meta-analysis. *JAMA*. 2012; 308:1651-1659.
19. García Salas, Y., Cruz Muñoz, B., Ortiz Larios, F. & Torres Adalid, J. D. (2020). Medidas de protección alveolar en pacientes con COVID-19. *Medicina Crítica*, 34(6), 341-348. <https://doi.org/10.35366/98164>
20. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, Protti A, Gotti M, Chiurazzi C, Carlesso E, Chiumello D, Quintel M (2016) Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med* 42:1567–1575

21. Kacmarek RM, Hess D. Basic principles of ventilation machinery. En: Tobin MJ, editor. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: McGraw-Hill; 1994. p. 65-110.
22. Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.
23. Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.
24. Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.
25. Gutiérrez Muñoz, Fernando. (2011). Ventilación mecánica. *Acta Médica Peruana*, 28(2), 87-104. Recuperado en 20 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006&lng=es&tlng=es.
26. López-Herce, J. & Carrillo, N. (2008). Ventilación mecánica: indicaciones, modalidades y programación y controles. *Anales de Pediatría Continuada*, 6(6), 321-329. [https://doi.org/10.1016/s1696-2818\(08\)75597-5](https://doi.org/10.1016/s1696-2818(08)75597-5)
27. Bekos, V. & Marini, J. J. (2007b). Monitoring the Mechanically Ventilated Patient. *Critical Care Clinics*, 23(3), 575-611. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2007.07.007>
28. A. Carrillo Alvarez. Monitorización de la ventilación mecánica: gasometría y equilibrio ácido base. *An Pediatr (Barc)*, 59 (2003), pp. 252-259
29. Gordo Vidal, F., Delgado Arnaiz, C., & Calvo Herranz, E.. (2007). Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. *Medicina Intensiva*, 31(1), 18-26. Recuperado en 30 de noviembre de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912007000100003&lng=es&tlng=es.
30. Alí A. (2009). Complicaciones de la Ventilación Mecánica. Dueñas C. *Ventilación mecánica. Aplicación en el paciente crítico*. (51-56).

Consultada

1. Nieves, O. M. (2021, 17 diciembre). *Nuevas estrategias para la prevención del daño pulmonar inducido por la ventilación mecánica* | Medina Nieves | *Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias*. Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias. <http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/769/pdf>
2. Colegio Colombiano de Terapeutas Respiratorios. (2020). ANALISIS DE LA LESIÓN PULMONAR ASOCIADO A LA VENTILACIÓN MECANICA EN COVID-19. *Colegio Colombiano de Terapeutas Respiratorios*, 1–9.
3. Choez Quimis, A. T., Quiroz Moncerrad, L. X., Hidalgo Bermúdez, C. A., & González Plúa, C. L. (2021). Valor predictivo entre Mechanical Power y Driving Pressure. *RECIMUNDO*, 5(2), 119–127. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(2\).abril.2021.119-127](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(2).abril.2021.119-127)
4. Rosas, Guiérrez, Cerón, K. D. C. (2017). Asociación y Valor predictivo del poder mecánico con los días libres de ventilación mecánica. *Medigraphic*, 31(6), 1–6.
5. Cressoni, M., Gotti, M., Chiurazzi, C., Massari, D., Algieri, I., Amini, M., Cammaroto, A., Brioni, M., Montaruli, C., Nikolla, K., Guanziroli, M., Dondossola, D., Gatti, S., Valerio, V., Vergani, G. L., Pagni, P., Cadringer, P., Gagliano, N., & Gattinoni, L. (2016). Mechanical Power and Development of Ventilator-induced Lung Injury. *Anesthesiology*, 124(5), 1100–1108. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001056>
6. Ventrice, E., Martí-Sistac, O., Gonzalvo, R., Villagrà, A., López-Aguilar, J., & Blanch, L. (2007). Mecanismos biofísicos, celulares y modulación de la lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. *Medicina Intensiva*, 31(2), 73–82. [https://doi.org/10.1016/s0210-5691\(07\)74779-4](https://doi.org/10.1016/s0210-5691(07)74779-4)
7. Giosa, L., Busana, M., Pasticci, I., Bonifazi, M., Macrì, M. M., Romitti, F., Vassalli, F., Chiumello, D., Quintel, M., Marini, J. C., & Gattinoni, L. (2019). Mechanical power at a glance: a simple surrogate for volume-controlled ventilation. *Intensive Care Medicine Experimental*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40635-019-0276-8>
8. González-Castro, A., E, F., A, F., Escudero, P. S., Borregán, J. C. R., & Peñasco, Y. (2022). Poder mecánico mayor de 17 julios/min en pacientes con insuficiencia respiratoria secundaria a infección por SARS-CoV-2. *Medicina Intensiva*, 47(2), 115–117. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2022.05.002>.

9. Alapont, V. M., Carrascosa, M. A., & Villanueva, A. M. (2019). Stress, strain y potencia mecánica. ¿Es la ingeniería de materiales la respuesta para prevenir la lesión inducida por el ventilador? *Medicina Intensiva*, 43(3), 165-175. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2018.06.008>
10. Franck, C. L., Franck, G. M., & Feronato, R. G. (2022). Influence of age, mechanical power, its fragments and components on the mortality rate in SARS-CoV-2 patients undergoing mechanical ventilation. *Journal of mechanical ventilation*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.53097/jmv.10041>
11. Benjamin Garfield, Rhodri Handslip, Brijesh V. Patel, Ventilator-Associated Lung Injury, Editor(s): Sam M Janes, Encyclopedia of Respiratory Medicine (Second Edition), Academic Press, 2022, Pages 406-417, ISBN 9780081027240, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102723-3.00237-7>.
12. Van Meenen, D. M. P., Neto, A. S., Paulus, F., Merkies, C., Schouten, L. R. A., Bos, L. D. J., Horn, J., Juffermans, N. P., Cremer, O. L., Van Der Poll, T., & Schultz, M. J. (2020). The predictive validity for mortality of the driving pressure and the mechanical power of ventilation. *Intensive Care Medicine Experimental*. <https://doi.org/10.1186/s40635-020-00346-8>
13. Quimis, A. T. C., Moncerrad, L. X. Q., Bermúdez, C., & Plúa, C. L. G. (2021). Valor predictivo entre Mechanical Power y Driving Pressure. *RECIMUNDO*, 5(2), 119-127. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(2\).abril.2021.119-127](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(2).abril.2021.119-127)
14. Plata, A. E. H., Alonso, J. L., González, J. M. S., Enriquez, C. N. C., González, M. J. G., & Orozco, R. S. (2019). Limitar la presión de distensión protege contra la lesión pulmonar adquirida por la ventilación mecánica (VALI). *Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 33(1), 38-44. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medcri/ti-2019/ti191h.pdf>

GLOSARIO

Adaptabilidad pulmonar: describe el cambio en el volumen pulmonar para un determinado cambio en la presión.

Atelectrauma: daño causado por la deformación o el cizallamiento de las unidades alveolares sometidas a expansión alveolar durante la apertura y el cierre en cada ciclo.

Barotrauma: presión excesiva que conduce a la ruptura macroscópica del parénquima pulmonar.

Biotrauma: injuria bioquímica a través de la proliferación de células y mediadores inflamatorios que lesionan el pulmón.

Células endoteliales: células que se encuentra en el revestimiento interno de los vasos sanguíneos, los vasos linfáticos y el corazón.

Células epiteliales tipo I: células alveolares escamosas con finas membranas, permiten el intercambio gaseoso.

Células epiteliales tipo II: son las encargadas de reparar el epitelio alveolar cuando las células escamosas se encuentren dañadas, y secretar surfactante pulmonar.

Compliance dinámica: medición de la facilidad con que se expanden los pulmones y el tórax durante los movimientos respiratorios, determinada por el volumen y la elasticidad pulmonar.

Concentración de Dióxido de Carbono al final de la espiración (EtCO₂): es la concentración máxima de dióxido de carbono espirado durante un ciclo respiratorio.

Consolidación: se da cuando sobreviene una inflamación o un tumor y el aire se reemplaza por secreciones organizadas o masas tumorales y el parénquima se hace más compacto o sólido.

Driving Pressure(DP): presión necesaria para superar el retroceso elástico del sistema respiratorio mientras el volumen corriente es inflado.

Embolia gaseosa: es la obstrucción de una arteria del pulmón (arteria pulmonar) por una acumulación de material sólido transportado a través del torrente sanguíneo (émbolo), generalmente un coágulo sanguíneo (trombo) o, raramente, alguna otra sustancia.

Enfisema subcutáneo: es un trastorno consistente en la presencia anormal de aire en el tejido subcutáneo con la consiguiente distensión de partes blandas.

Ergotrauma: exceso de energía mecánica aplicada sobre una superficie pulmonar heterogénea.

Fracción inspirada de oxígeno (Fio₂): es la concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado.

Frecuencia cardíaca: Es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto).

Frecuencia respiratoria: como parámetro en ventilación mecánica invasiva, es la cantidad de respiraciones por minuto que administra el ventilador mecánico

Fuerza mecánica: cualquier acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo, es decir, de imprimirle una aceleración modificando su velocidad.

Gasometría arterial: es una prueba que permite analizar, de manera simultánea, el estado de oxigenación, ventilación y ácido-base de un individuo.

Índice de Kirby (PaO₂/FiO₂): cociente que mide indirectamente la lesión pulmonar.

Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica (VILI): resultado no deseado de la interacción compleja entre varias fuerzas mecánicas, que actúan sobre las estructuras pulmonares como las células epiteliales tipo I y II, las células endoteliales, los macrófagos, las vías respiratorias periféricas y la matriz extracelular (ECM), durante la ventilación mecánica.

Matriz extracelular: representa una red tridimensional que engloba todos los órganos, tejidos y células del organismo, ayuda a que las células se unan y se comuniquen con las células cercanas, y desempeña una función importante en la multiplicación celular, el

movimiento celular y otras funciones celulares. También participa en la reparación del tejido dañado.

Mecanotransducción: Conversión de un estímulo mecánico en señales bioquímicas y moleculares intracelulares.

Mediadores inflamatorios: son aquellos mensajeros que actúan sobre los vasos sanguíneos, células inflamatorias y otras células, e inician y regulan la respuesta inflamatoria del organismo.

Modo ventilatorio: es un patrón predeterminado de interacción entre el paciente y el ventilador.

Neumomediastino: se define como la presencia de aire en el mediastino (espacio en medio del tórax entre los pulmones y alrededor del corazón).

Neumotórax: se produce cuando el aire se filtra dentro del espacio que se encuentra entre los pulmones y la pared torácica. El aire hace presión en la parte externa del pulmón y causa el colapso.

Parénquima pulmonar: tejido encargado del intercambio gaseoso.

Ph: Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución.

Poder mecánico: es la energía entregada por unidad de tiempo al sistema respiratorio por parte del ventilador mecánico.

Presión alveolar: presión del aire dentro de los alvéolos.

Presión arterial de dióxido de carbono (PaCO₂): mide la cantidad de gas dióxido de carbono disuelto en la sangre.

Presión arterial de Oxígeno (PaO₂): presión parcial de oxígeno disuelto en la sangre arterial

Presión arterial: es la fuerza que la sangre ejerce contra las paredes arteriales.

Presión elástica: es el producto de la retracción elástica de los pulmones y la caja torácica (elastancia) y del volumen de gas administrado.

Presión meseta (Pplt): es la presión medida al final de la fase inspiratoria.

Presión pico (Ppeak): es la presión máxima de la vía aérea registrada al final de la inspiración durante la ventilación de presión positiva, y representa la presión total necesaria para vencer todas las fuerzas opuestas a la respiración.

Presión positiva al final de la espiración (PEEP): presión residual en el sistema respiratorio luego de la espiración.

Radiografía de tórax: es un tipo de radiación de alta energía que puede atravesar el cuerpo y plasmarse en una película para tomar imágenes de las áreas internas del tórax; estas se pueden usar para diagnosticar enfermedades.

Relación inspiración/espiración (I/E). Es la fracción de tiempo que se dedica a la inspiración y la espiración en cada ciclo respiratorio.

Retroceso elástico: capacidad del pulmón expandido para volver a la posición inicial.

Saturación periférica de oxígeno (SPO2): El porcentaje de saturación de oxígeno unido a la hemoglobina en la sangre arterial.

Signos vitales: Son aquellos signos que denotan el funcionamiento de los sistemas orgánicos más importantes del cuerpo humano

Síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA): es un tipo de lesión pulmonar, inflamatoria, difusa y aguda, caracterizada por el incremento en la permeabilidad vascular y la pérdida de la aireación pulmonar.

Strain: es la deformación inducida en un cuerpo por la fuerza aplicada.

Stress: fuerza o tensión aplicada sobre un cuerpo.

Tiempo inspiratorio (Ti). Es el período de entrada del gas en la vía respiratoria (tubuladuras, tubo endotraqueal, tráquea y bronquios) y en los pulmones.

Ventilación mecánica invasiva (VMI): Tratamiento de soporte vital, en el que utilizando una máquina que suministra un soporte ventilatorio y oxigenatorio, se facilita el intercambio gaseoso y el trabajo respiratorio de los pacientes.

Ventilación mecánica protectora: estrategia de ventilación cuyo objetivo es evitar el daño pulmonar consecuencia de la ventilación mecánica utilizando parámetros ventilatorios individualizados.

Ventilador mecánico: aparatos que funcionan como fuelle para permitir que el aire entre y salga de los pulmones.

Volumen minuto (VM). Es el volumen de gas que el respirador envía al paciente en cada minuto de ventilación. Es el producto del volumen corriente (VC) por la frecuencia respiratoria (FR).

Volumen tidal (VT): es la cantidad de aire inhalada y exhalada en un ciclo de respiración.

Volutrauma: tipo de lesión que se genera por un volumen corriente alto

ANEXOS

Anexo 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA



“EVALUACIÓN DEL PODER MECÁNICO COMO META DE PROTECCIÓN PULMONAR EN PACIENTES BAJO VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA ENTRE LOS 18 A 85 AÑOS, INGRESADOS EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL HOSPITAL NACIONAL EL SALVADOR, EN LOS MESES DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE 2022”.

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA
EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA

Presentado por:

Kevin Alexander Campos Tejada CT17002

Iliana Lisbeth Pérez Ticas PT13001

Asesor de tesis:

Lic. Luis Eduardo Rivera Serrano

Ciudad Universitaria “Dr. Fabio Castillo Figueroa”, El Salvador, julio de 2023



FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
LICENCIATURA EN ANESTESIOLOGÍA E INHALOTERAPIA



INSTRUMENTO
GUÍA DE OBSERVACIÓN

INVESTIGACIÓN: El Poder mecánico como meta de protección pulmonar en Pacientes bajo ventilación mecánica invasiva entre los 18 a 85 años, ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Nacional El Salvador, en los meses de noviembre y diciembre 2022.

INVESTIGADORES: Kevin Alexander Campos Tejada CT17002
Iliana Lisbeth Pérez Ticas PT13001

1. DATOS GENERALES DEL PACIENTE

Edad: _____	Sexo: _____	
Peso: _____	Talla: _____	Servicio: _____
Modo ventilatorio: _____	Ventilador mecánico marca: _____	

Diagnóstico de ingreso:

2. PARÁMETROS VENTILATORIOS

	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5
Frecuencia respiratoria					
Volumen corriente					
Presión pico (Ppeak)					
Presión meseta					
Presión positiva al final de la espiración (PEEP)					
Driving pressure					
Fio2%					

3. VALOR DE PODER MECÁNICO (PM) CALCULADO

	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5
Poder mecánico					

4. SIGNOS VITALES

	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5
Saturación periférica de oxígeno (SPO2)					
Presión arterial					
Frecuencia cardíaca					
Concentración de Dióxido de Carbono al final de la espiración (EtCO2)					

5. GRADO DE SÍNDROME DE DISTRÉS RESPIRATORIO AGUDO

DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5

6. LESIÓN PULMONAR INDUCIDA POR LA VENTILACIÓN MECÁNICA

SÍ	NO

Anexo 2: monitorización y control durante la ventilación mecánica.

Clínica	Coloración central, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, uso de músculos accesorios, expansión torácica, entrada de aire a la auscultación
Intercambio de gases	Invasiva: gasometría arterial continua o discontinua, venosa o capilar No invasiva: pulsioximetría, CO ₂ espirada, PO ₂ y PCO ₂ transcutáneas
Función respiratoria	Presiones: pico, meseta, PEEP Volúmenes: volumen corriente y volumen minuto espirado Curvas: presión-tiempo, volumen-tiempo, flujo-tiempo, flujovolumen y volumen-presión Distensibilidad, resistencia Trabajo respiratorio
Radiología	Posición del tubo endotraqueal, alteraciones pulmonares, signos de volutrauma-barotrauma
Hemodinámica	Frecuencia cardíaca, presión arterial, presión venosa central, diuresis

PCO₂: presión parcial de CO₂; PEEP: presión al final de la espiración; PO₂: presión parcial de oxígeno.

Fuente: López-Herce, J. & Carrillo, N. (2008). Ventilación mecánica: indicaciones, modalidades y programación y controles. Anales de Pediatría Continuada, 6(6), 321-329. [https://doi.org/10.1016/s1696-2818\(08\)75597-5](https://doi.org/10.1016/s1696-2818(08)75597-5)

Anexo 3: resumen de los parámetros ventilatorios iniciales

Parámetro ventilatorio	Valor inicial
Modalidad ventilatoria	Asistida-controlada por volumen
Sensibilidad	<i>Trigger</i> por presión: 0,5-2 cm H ₂ O <i>Trigger</i> por flujo: 1-3 l/min
Volumen minuto (l/min)	7-10
Volumen circulante (ml/kg)	4-10
Presión inspiratoria en VCP (cm H ₂ O)	10-15 para presión máxima <30 cm H ₂ O
Frecuencia respiratoria (resp/min)	8-25
Flujo inspiratorio (l/min)	40-80
Patrón de flujo	Constante o decelerado
Relación I:E	1:2
Tiempo inspiratorio (s)	0,8-1
Pausa inspiratoria (s)	0,5-2
F _I O ₂	1,0
PEEP (cm H ₂ O)	5-8

Fuente: Vales, S. B. (2013, 19 septiembre). *Fundamentos de la ventilación mecánica* (primera edición). Marge Books.

Anexo 4: Evolución del concepto de VILI

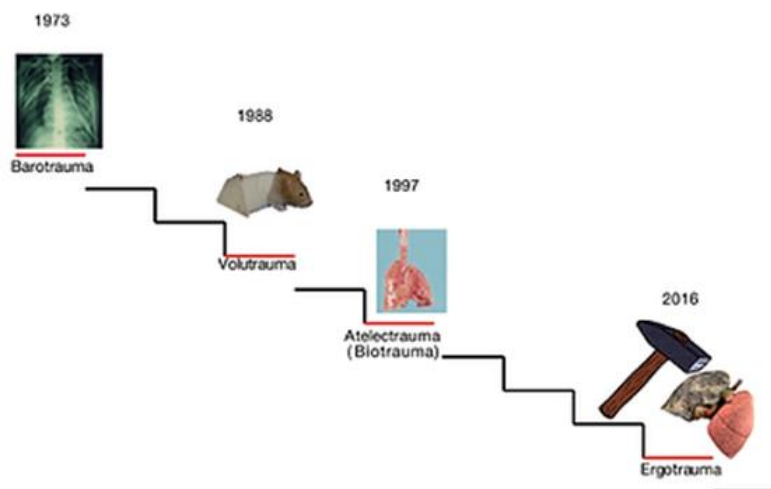


Figure 1 Evolution of the concept of VILI. From left to right: barotrauma (2), volutrauma (3), atelectrauma/biotrauma (4), ergotrauma (5). VILI, ventilator-induced lung injury.

FUENTE: Tonetti T, Vasques F, Rapetti F, Maiolo G, Collino F, Romitti F, Camporota L, Cressoni M, Cadrinhe P, Quintel M, Gattinoni L. *Ann Transl Med.* 2017,5:286. <https://tinyurl.com/ybg7pxlr>

Anexo 5: Ventilador marca Leistung Modelo Luft 3



Anexo 6: Tabal de clasificación del Índice de Masa Corporal

Índice de Masa Corporal (IMC): tabla de la OMS para mujeres y hombres

- Tabla de la Organización Mundial de la Salud (OMS):

IMC	Estado
Por debajo de 18.5	Bajo peso
18,5–24,9	Peso normal
25.0–29.9	Pre-obesidad o Sobrepeso
30.0–34.9	Obesidad clase I
35,0–39,9	Obesidad clase II
Por encima de 40	Obesidad clase III

Fuente: OMS (2022)