



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**HOSPITAL ÁNGELES LOMAS**

**Determinación del poder mecánico en pacientes sometidos  
a anestesia general en el Hospital Ángeles Lomas**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:  
ANESTESIOLOGÍA**

**PRESENTA:  
CLAUDIA CAROLINA NANDO VILICAÑA**

**TUTOR O TUTORES PRINCIPALES:**

**Dr. José Rodrigo Fernández Soto  
Asesor de tesis**

**Dr. Gerardo Esteban Álvarez Reséndiz  
Profesor titular de Anestesiología**

**Huixquilucan, Estado de México, 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	3
1.1 Marco teórico.....	7
1.2 Planteamiento del problema .....	7
1.3 Justificación.....	7
1.4 Pregunta de investigación.....	7
1.5 Hipótesis.....	7
1.5.1 Hipótesis nula.....	7
1.5.2 Hipótesis alterna.....	7
1.6 Objetivo .....	8
2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
2.1 Tipo de estudio.....	8
2.2 Población de estudio.....	8
2.2.1 Criterios de inclusión.....	8
2.2.2 Criterios de exclusión.....	8
2.3 Metodología .....	9
2.3.1 Descripción de Variables .....	9
2.3.2 Muestra y muestreo .....	10
3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	10
3.1 Recolección de datos.....	10
3.2 Procesamiento y análisis de datos.....	11
3.3 Resultados.....	11
3.4 Discusión.....	15
3.5 Conclusiones.....	15
4. CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	15
5. ANEXOS .....	16
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Marco teórico

La ventilación mecánica es un sistema de soporte vital, que se utiliza para mantener una adecuada función pulmonar en pacientes sometidos a anestesia general o en pacientes críticamente enfermos, sin embargo, la ventilación mecánica produce alteraciones en la dinámica toraco-pulmonar, que pueden conducir a lesión pulmonar.<sup>1,2</sup> Esta lesión no depende solo de los parámetros ventilatorios sino también de las características pulmonares de cada paciente, del tipo de cirugía y posición durante el procedimiento.<sup>3,4,5</sup>

La anestesia general bajo ventilación mecánica, administrada a un nivel suficiente para generar hipnosis, amnesia, analgesia y arreflexia durante un procedimiento quirúrgico, se asocia con compromiso respiratorio importante, generando una disminución en la capacidad residual funcional (CRF), aproximadamente entre 0.4 a 1 L.<sup>6</sup> Además, la anestesia general, reduce la compliance del sistema respiratorio, secundario principalmente a pérdida del tono muscular. Este hecho se traduce en un desplazamiento cefálico de esa porción más dorsal del diafragma y un aumento de la presión pleural en las porciones declives del pulmón, que son las que presentan mayor superficie de colapso pulmonar favoreciendo la aparición de atelectasias<sup>7</sup>. Aunado a la disminución en CRF, puede contribuir a la aparición de complicaciones pulmonares posoperatorias<sup>8</sup>.

Actualmente, existen diversos modos de ventilación mecánica, utilizados en el quirófano. El modo de ventilación mandatorio continuo (CMV) es el más utilizado en anestesia general<sup>9,10</sup>. En todos los modos de CMV, el ventilador da una respiración en un intervalo de tiempo establecido, independientemente del esfuerzo del paciente. El intervalo de tiempo al cual una respiración es administrada está determinado por la frecuencia respiratoria. Por otra parte, la relación inspiración/expiración (I/E) determina la proporción de tiempo durante el cual cada ciclo ventilatorio permite la entrega de gas y la proporción de tiempo que permite la expiración pasiva<sup>11</sup>.

Los dos modos ventilatorios de CMV más utilizados para el manejo de la ventilación mecánica en anestesia general, son el modo controlado por volumen (VCV) y modo controlado por presión. En el primer modo se establece el volumen corriente que se desea administrar por el ventilador, en un tiempo preestablecido, la inspiración inicia desde la máquina de anestesia, administrando flujo de gas, el cual va incrementando rápidamente el ritmo al cual se alcanza el volumen corriente establecido con el tiempo inspiratorio permitido. En este modo ventilatorio, no es posible controlar la presión, sin embargo, la presión es dependiente de la resistencia en la vía aérea y de la compliance pulmonar.<sup>12</sup>

Las complicaciones pulmonares posoperatorias, son frecuentes y con un alto impacto en los costos y mortalidad de los pacientes sometidos a ventilación mecánica<sup>13,14</sup>. De acuerdo con Gulder y cols, las complicaciones pulmonares se definen, como cualquier tipo de alteración que afecta al sistema respiratorio, ya sea fatal o no fatal y que se presenta en el periodo posoperatorio<sup>15</sup>. Los cambios que se presentan en el sistema pulmonar ocurren inmediatamente después de la inducción anestésica y se estima que el sistema respiratorio recupere su función normal preoperatoria en aproximadamente 6 semanas.<sup>16</sup> En un ensayo clínico realizado por Canet et al, en una población de pacientes sometidos a cirugía, se demostró que el 5% de estos pacientes desarrollaron complicaciones pulmonares posoperatorias (infección pulmonar, falla respiratoria, derrame pleural, broncoespasmo, atelectasias, neumonitis por aspiración y neumotórax) dentro de los primeros 5 a 7 días posoperatorios.<sup>17</sup> asociándose con un incremento en la estancia hospitalaria y con mortalidad a los 30 días posterior a la cirugía<sup>17</sup>. Las principales complicaciones posoperatorias que describe la EPCO (European Perioperative Clinical Outcome) son<sup>18</sup>:

- Falla respiratoria<sup>19,20</sup>
- Lesión pulmonar inducida por ventilador (VILI)<sup>21</sup>
- Neumonía<sup>15</sup>
- Ventilación mecánica prolongada o no planeada<sup>15,21</sup>
- Hipoxemia<sup>19</sup>
- Atelectasias<sup>22</sup>

Actualmente, se sugiere que, para reducir la incidencia de complicaciones pulmonares posoperatorias, es recomendable utilizar ventilación protectora durante el transoperatorio, sin embargo, no existe un consenso sobre el manejo perioperatorio de la ventilación protectora.<sup>23</sup> La evidencia reciente, menciona que ventilación protectora, con volúmenes corrientes bajos, aplicación de PEEP y uso de maniobras de reclutamiento reduce la incidencia de complicaciones pulmonares posoperatorias.<sup>24,25</sup> Se ha encontrado que, presiones de distensibilidad ventilatorias altas, están asociadas con mayor incidencia complicaciones pulmonares posoperatorias.<sup>26</sup> A pesar de la evidencia, hoy en día un gran número de pacientes son ventilados con volúmenes corrientes altos, con o sin PEEP y presiones de distensibilidad altas.<sup>27,28</sup>

La lesión inducida por ventilador (VILI) se produce por la interacción generada entre el ventilador y el paciente. Específicamente las causas relacionadas al ventilador son la presión, volumen, flujo y frecuencia respiratoria. Mientras que, las causas asociadas al paciente dependen principalmente de la cantidad de edema que presente el paciente, lo cual, le predispone a una disminución en las dimensiones pulmonares, incremento del estrés y colapso pulmonares<sup>29</sup>. Recientemente, se ha demostrado que la ventilación mecánica promueve la aparición de daño pulmonar de manera aguda y crónica.<sup>30</sup>

Se han estudiado los distintos mecanismos que pueden generar VILI, así como el rol de cada parámetro del ventilador para inducir o prevenir lesión pulmonar, sin

embargo, el umbral óptimo de cada parámetro del ventilador para reducir la aparición de VILI es poco clara, sobre todo en pacientes sin comorbilidades pulmonares en el periodo perioperatorio.<sup>31</sup> Los principales factores que pueden producir lesión pulmonar inducida por ventilador son, presión (barotrauma), volumen (volutrauma) y la constante apertura y cierre de unidades pulmonares (atelectrauma)<sup>32</sup> y la entrega de energía del ventilador transmitido a la vía aérea (ergotrauma)<sup>33</sup>

El termino barotrauma hace referencia al exceso de presión que conlleva a la ruptura macroscópica del parénquima pulmonar. El barotrauma, incluye entidades clínicas como neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo y neumoperitoneo. Mientras que el termino volutrauma hace referencia a la expansión excesiva de unidades alveolares, la gran mayoría de las ocasiones se debe a ventilación con volumen corriente alto. Por otro lado, el atelectrauma es una lesión causada por el reclutamiento y desreclutamiento de alvéolos inestables en cada respiración, se atribuye principalmente a presiones bajas en la vía aérea.<sup>32</sup>

El ergotrauma hace referencia al poder mecánico (PM) este se define como la descripción matemática de energía mecánica entregada al sistema respiratorio en un periodo determinado tiempo.<sup>33,34</sup> La ecuación matemática de la energía mecánica se obtiene multiplicando cada componente de la ecuación por el volumen corriente. Con lo anterior, se obtiene la energía entregada al pulmón en cada ciclo respiratorio. Este resultado, multiplicado por la frecuencia respiratoria, da como resultado el PM aplicado al sistema respiratorio. La ecuación del PM es la siguiente:

$$PM = 0.098 \times V_t \times F_r \times P_{pico} - (P_{plat} - PEEP/2)^{35}$$

En donde, 0.098 es el factor de conversión de Litros x cmH<sub>2</sub>O a joules.

La presión pico (Ppico), se define como la presión máxima medida al final de la inspiración, representa el gradiente de presión total a un flujo fijo para superar las propiedades elásticas, resistivas y visco elásticas del sistema respiratorio<sup>36</sup>, las vías aéreas artificiales y el circuito del ventilador incluye los componentes elástico y resistente del tejido pulmonar, de la vía aérea y del equipo (tubo endotraqueal). En pacientes sin comorbilidades, no debe exceder de 15-20 cmH<sub>2</sub>O/L/seg. Existen factores que puede elevar la Ppico, entre ellos se encuentran, el diámetro del tubo endotraqueal, la intensidad (velocidad) del flujo y diámetro de vías aéreas, principalmente. Se ha demostrado una asociación significativa entre Ppico > 18 cmH<sub>2</sub>O y la mortalidad intrahospitalaria en pacientes sin comorbilidades.<sup>37</sup>

La presión plateau (Pplateu), se define como la presión que se mide al final de la fase inspiratoria posterior a una pausa inspiratoria. Al momento de la medición no hay flujo, por lo tanto, se equiparán las presiones en diferentes zonas pulmonares, por lo que, la Pplateu se considera equivalente a la presión transalveolar. Generalmente, la Pplateu, es un buen indicador del riesgo de sobredistensión alveolar. Los valores superiores a 35 cmH<sub>2</sub>O, se correlacionan con un riesgo incrementado de barotrauma.<sup>35</sup>

La presión positiva al final de la espiración (PEEP), se define como la presión alveolar superior a la presión atmosférica al final de la espiración. La PEEP extrínseca, es la presión positiva que se aplica durante la VM, la cual previene el colapso pulmonar<sup>38</sup>. La PEEP compensa la reducción en la CRF producida por la anestesia. Por tanto, previene que el volumen pulmonar al final de la espiración caiga a niveles similares a la capacidad de cierre, evitando el colapso de las vías aéreas pequeñas <sup>6</sup>. Sin embargo, niveles de PEEP elevados también pueden producir lesión pulmonar por sobre distensión, Hasta la fecha, los datos indican que la PEEP no debe superar los 5 cmH<sub>2</sub>O en pacientes sin SDRA.<sup>39</sup>

Presión de distensibilidad (driving pressure), es un de los componentes que conforman la ecuación del poder mecánico. Se obtiene restando la P<sub>plateau</sub> – PEEP. Actualmente se considera a la driving pressure como uno de los mejores predictores de lesión pulmonar inducida por ventilador (VILI), sobre todo en pacientes con SIRA (síndrome de insuficiencia respiratoria aguda) <sup>40</sup> y pacientes sometidos a anestesia general <sup>32</sup>.

La frecuencia respiratoria (FR), es un parámetro determinante en la ventilación alveolar, esta variable se debe titular con el objetivo de mantener niveles de PaCO<sub>2</sub> entre 32-37 mmHg y un volumen minuto individualizado con las demandas metabólicas.<sup>37,41</sup> Al incrementar la FR se incrementa también el espacio muerto y se altera la relación inspiración espiración produciendo PEEP intrínseco<sup>37</sup>. Se ha establecido de manera clara el papel de la FR como determinante de VILI, Desde un punto de vista fisiológico, la FR puede reflejar el número de ciclos de estrés y tensión lesionados en el parénquima pulmonar.<sup>36</sup> al incrementarse se incrementa de manera exponencial el PM, aunque esta estará condicionada por el estrés dinámico del ciclo <sup>33,42</sup>

El poder mecánico es una variable unificadora que incorpora la mayoría de los factores asociados al desarrollo de VILI, si el daño mecánico al parénquima pulmonar está en función del PM, es posible que diferentes combinaciones de sus componentes generen un poder mecánico mayor que el umbral que produce VILI.<sup>39</sup> Hasta el momento, no se han realizado estudios para determinar el poder mecánico en el contexto del paciente bajo anestesia general y con ventilación mecánica en el quirófano, aunque se sugiere que en un paciente con pulmones normales bajo anestesia general los valores deben estar dentro de límites muy bajos, alrededor de 12 J/min <sup>36</sup>

Recientemente se demostró que el poder mecánico en pacientes sometidos a cirugía mayor bajo ventilación mecánica, se asoció de forma independiente con un mayor riesgo de complicaciones pulmonares posoperatorias (CPP) e insuficiencia respiratoria aguda dentro de los primeros 7 días del período postoperatorio<sup>43</sup>. La exposición a un mayor PM, se asoció con un mayor riesgo de CPP <sup>43</sup>, sin embargo aún no está claramente determinado el umbral de PM en en pacientes con ventilación mecánica bajo anestesia general.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El poder mecánico se ha descrito ampliamente en pacientes con o sin patología pulmonar que se encuentran en terapia intensiva, con ventilación mecánica invasiva. El umbral del poder mecánico, para determinar si el paciente se encuentra en riesgo de presentar complicaciones pulmonares, se ha documentado y se ha comprobado en esta misma población, se ha determinado un rango de PM con el cual se incrementa el riesgo de presentar lesión pulmonar, va desde 12-13 J/min. <sup>44</sup>Se sabe que, niveles superiores a este umbral de PM, tienen una relación directa con daño pulmonar severo.

Hasta el momento no se han realizado estudios para determinar el poder mecánico en el contexto del paciente bajo anestesia general y con ventilación mecánica en el quirófano, Por lo tanto, es de gran importancia determinar un valor de PM con el cual se pueda concluir que es seguro ventilar a los pacientes sin comorbilidades pulmonares en el periodo perioperatorio

## **1.3 Justificación**

Recientemente se demostró que el poder mecánico en pacientes sometidos a cirugía mayor bajo ventilación mecánica se asoció de forma independiente con un mayor riesgo de complicaciones pulmonares postoperatorias e insuficiencia respiratoria aguda dentro de los primeros 7 días del período postoperatorio <sup>43</sup>

Las variables que conforman el PM son parámetros modificables en la ventilación mecánica, estas variables pueden ajustarse para lograr disminuir el PM. Por lo que podría considerarse una potencial herramienta para optimizar la ventilación en pacientes sanos sometidos a anestesia general.

## **1.4 Pregunta de investigación.**

¿Cuál es el poder mecánico en pacientes sometidos a anestesia general bajo ventilación mecánica?

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 hipótesis nula**

No existen cambios en el poder mecánico en pacientes sometidos a anestesia general bajo ventilación mecánica invasiva

### **1.5.2 hipótesis alterna**

El poder mecánico se incrementa en pacientes sometidos a anestesia general bajo ventilación mecánica invasiva

## **1.6 Objetivo**

Determinar el poder mecánico en pacientes bajo anestesia general sometidos a ventilación mecánica controlada por volumen en el Hospital Ángeles Lomas

## **2. MATERIAL Y METODOS**

### **2.1 Tipo de estudio**

Por la determinación del Poder Mecánico:

- Observacional y descriptivo

Por la captura de información:

- Prospectivo

Por la determinación del Poder Mecánico en el tiempo:

- Longitudinal

### **2.2 Población de estudio**

Se estudiará a todos los pacientes del Hospital Ángeles Lomas, sometidos a cirugía bajo anestesia general que cumplan con los criterios de inclusión.

#### **2.2.1 Criterios de inclusión**

- Pacientes de 18 a 50 años.
- Programados para cirugía bajo anestesia general

#### **2.2.2 Criterios de exclusión**

Los pacientes con las siguientes características serán excluidos del estudio:

- Patología pulmonar crónica o aguda (EPOC, Asma, síndrome de distrés respiratorio, neumonía)
- Pacientes con apoyo de 2 vasopresores
- IMC >35 (Obesidad grado 2 clasificación OMS)
- Pacientes en posición prono
- Pacientes intubados antes de la cirugía
- Pacientes bajo ventilación mecánica controlada por presión
- Cirugía laparoscópica
- Cirugía de Tórax
- Pacientes con manejo de la vía aérea con mascarilla laríngea
- Índice Tabacoico  $\geq$  de 21.

## 2.3 Metodología

### 2.3.1 Descripción de variables

Variable	Definición	Dimensión Naturaleza	Según Continuidad (valores)	Escala de medición	Indicador
Edad	Años cumplidos desde el nacimiento hasta la fecha actual.	Cuantitativa	Discreta	Razón	Mayor de 18 años y menor de 50 años
Sexo	Caracteres genéticos, morfológicos y funcionales, que distinguen a los hombres de las mujeres.	Cualitativa		Nominal	Mujer Hombre
ASA	Clasificación del estado físico del paciente según la Sociedad Americana de Anestesiología.	Cualitativa		Ordinal	ASA I ASA II ASA III ASA IV
Índice tabáquico	Cantidad de cigarrillos fumados por día por la cantidad de años fumando/20 = número de paquetes/año	Cualitativa		Ordinal	Moderado: 10-20 Intenso: 21-40 alto riesgo:41-100
Tipo de Cirugía	El tipo de cirugía que involucra la manipulación mecánica de las estructuras anatómicas con un fin Médico.	Cualitativa		Nominal	No laparoscópica
Duración de la cirugía	Tiempo de duración de cada cirugía	Cuantitativa	Continua	Razón	Minutos
Tipo de anestesia	Técnica anestésica utilizada en la cirugía.	Cualitativa		Nominal	Anestesia total endovenosa Anestesia general balanceada Anestesia combinada
Dosis total de relajante neuromuscular	Cantidad de relajante neuromuscular administrado en la cirugía	Cuantitativa	Continua	Razón	Miligramos
Tren de cuatro	Nivel de relajación neuromuscular perioperatorio	Cuantitativa	Continua	Razón	Hz
Diámetro de tubo endotraqueal	Tamaño del tubo endotraqueal	Cuantitativa		Ordinal	Milímetros
Distancia del tubo endotraqueal	Distancia desde la arcada dentada hasta donde termina el tubo endotraqueal	Cuantitativa	Continua	Razón	Centímetros
Volumen Corriente	Cantidad de volumen administrada por el ventilador de la maquina de anestesia al paciente	Cuantitativa	Discreta	Razón	Litros
Frecuencia respiratoria	Numero de respiraciones del ventilador	Cuantitativa	Discreta	Razón	Respiraciones por minuto
Presión positiva al final de la espiración	La presión alveolar superior a la presión atmosférica al final de la espiración.	Cuantitativa	Discreta	Razón	cmH2O
Presión pico	La presión máxima medida al final de la inspiración	Cuantitativa	Discreta	Razón	cmH2O
Presión Plateau	La presión que se mide al final de la fase inspiratoria posterior a una pausa inspiratoria.	Cuantitativa	Continua	Razón	cmH2O
Presión media de la vía aérea	Promedio de la suma de todas las presiones en la vía aérea	Cuantitativa	Continua	Razón	cmH2O
ETCO2	CO2 al final de la espiración	Cuantitativa	Continua	Razón	mmHg
Poder mecánico	La descripción matemática de energía mecánica entregada al sistema respiratorio en un periodo determinado tiempo	Cuantitativa	Continua	Razón	Joules/min

### 2.3.2 Muestra y muestreo

Se obtendrá una muestra no probabilística por conveniencia de los pacientes sometidos a cirugía bajo ventilación mecánica controlada por volumen con la siguiente estandarización de los parámetros ventilatorios: Volumen corriente a 8 ml/kg calculado a peso predicho (talla cm – 152.4 \* 0.91 + 50 hombres o 45.5 mujeres), FR 16 rpm, R I: E: 1:2, PEEP: 4 y Fio2 60%, en el periodo comprendido entre mayo y junio del 2022.

## 3. ANALISIS ESTADÍSTICO

### 3.1 Recolección de datos

El estudio se realizará en el periodo de tiempo establecido, con sede en el Hospital Ángeles Lomas. Los datos se obtendrán de todos los pacientes programados para cirugía que cumplan con los criterios de inclusión del estudio.

Se recabarán los datos socio demográficos como edad, sexo, talla, peso, índice tabáquico y clasificación ASA. Los pacientes se analizarán de manera independiente. Posteriormente se obtendrá la información relevante a la anestesia, es decir, tipo de anestesia, así como características sobre el tubo endotraqueal y uso de relajante neuromuscular.

Además se recabará información sobre los parámetros ventilatorios, se obtendrán de las máquinas de anestesia Drager Perseus A500 del Hospital Ángeles Lomas, siendo los siguientes; Volumen corriente, frecuencia respiratoria, presión pico, presión plateau, presión media, PEEP, FIO2 y relación I: E, se hará el registro posterior a la intubación en los siguientes intervalos de tiempo: 5 minutos, 10 minutos y 30 minutos, se medirá el CO2 al final de la espiración (Etco2) y el grado de relajación muscular evaluado con tren de cuatro (TOF) en conjunto.

Para obtener los datos se utilizará un formato electrónico elaborado en Excel, donde se establecen los datos antes mencionados. Las tablas se mencionan en el apéndice 1.

El poder mecánico se obtendrá realizando la siguiente fórmula establecida con Gattinoni y cols:

- $PM = 0.098 * VT (Lt) * FR * (presión\ pico - P_{plateau} - PEEP/2)$

El cálculo se realizará de manera automática una vez obtenida toda la información en el formato de excel.

### 3.2 Procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados fueron analizados mediante el software estadístico IBM Statistics Statistical Package for Social Sciences (SPSS) v21.0. Las variables se expresan mediante frecuencias, medias  $\pm$  desviación estándar (DE) y proporciones según corresponda. Para conocer las diferencias se utilizó la prueba T de Student y Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) exacta de Fisher para variables cualitativas. Se considera un valor de  $p < 0.005$  como estadísticamente significativo.

### 3.3 Resultados

Se incluyeron un total de 50 pacientes, la media de edad fue de 39.9 [18 a 50] años (DE  $\pm$  10.21), el 60% son mujeres y el 40% hombres, la media de peso predicho fue de 61.2 [45.1 a 84.2] kg (DE  $\pm$  11.07), índice de masa corporal (IMC) 24.12 [18.1 a 30] kg m<sup>-2</sup> (DE  $\pm$  3.18), el 54% de los pacientes se clasificó como ASA II, el 20% refirió tabaquismo positivo con un índice tabaquico con una media de 13 puntos.

La cirugía plástica fue el procedimiento quirúrgico más común (50%) de los cuales el 28% fueron rinoseptoplastias. El 44% se realizó bajo anestesia total endovenosa y el 56% bajo anestesia total balanceada, el 82% de la relajación neuromuscular se realizó con rocuronio. (tabla 2).

Las variables ventilatorias se muestran en tabla 3. La media de Presión pico para todos los pacientes fue de 15.65 [11.0 a 22.0] cmH<sub>2</sub>O, presión platau 14.18 [10.0 a 21.0] cmH<sub>2</sub>O. Al analizar las presiones en la mecánica pulmonar, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los intervalos de tiempo en los que realizaron las mediciones.

En la determinación del poder mecánico se obtuvo dentro de los intervalos de tiempo establecido; T0 con una media de 7.003 (DE  $\pm$  2.75) IC 95% (-0.44 a 0.25); T1 con una media de 7.099 (DE  $\pm$  2.72) IC 95% (-0.44 a 0.37), T2 con una media de 7.138 (DE  $\pm$  2.83) IC 95% (-0.38 a 0.11), se determinó un poder mecánico promedio de 7.08 joules (tabla 4)

**Tabla 1. Características demográficas y comorbilidades**

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
		n = 50	Porcentaje
Sexo	Femenino	30	60%
	Masculino	20	40%
Edad		39.9	( 10.21 )
Talla		167.72	( 10.07 )
Peso		68.326	( 13.47 )
Peso Predicho		61.203	( 11.07 )
IMC		24.126	( 3.18 )
ASA	I	23	46%
	II	27	54%
Tabaquismo		10	20%
Indice tabaquico		*13	( 10 a 18 )

Media (DE); \*Mediana(RIQ)

**Tabla 2. Condiciones anestésico-quirúrgicas**

Condiciones anestésico-quirúrgicas		n = 50	Porcentaje
Tipo de cirugía			
Rinoseptoplastia		14	28%
Hernioplastia		9	18%
Amigdalectomia		1	2%
Mamoplastia de aumento		5	10%
Tumor partes blandas		5	10%
Fractura/artroplastia de miembro torácico		2	4%
Fractura/ artroplastia de miembro pélvico		4	8%
Histerectomia vaginal		4	8%
Cirugía plástica facial		6	12%
Duración		153.6	( 120.22 )
Tipo de anestesia			
Total endovenosa		22	44%
General balanceada		28	56%
Bloqueador neuromuscular			
Rocuronio		41	82%
Cisatracurio		6	12%
Vecuronio		3	6%
Dosis Inicial		39.98	( 16.94 )
Dosis Total		53.46	( 30.26 )
Díametro interno de TOT		*7	( 7 a 8 )
Distancia a la arcada dental TOT		*21	( 20 a 22 )

Media (DE); \*Mediana(RIQ)

**Tabla 3. Variables ventilatorias**

<b>Mecanica Pulmonar</b>						
	T-0 Media (DE)		T-1 Media (DE)		T-2 Media (DE)	
Volumen tidal			488.9	( 87.54 )		
Frecuencia Respiratoria			16	( 0.00 )		
PEEP			4	( 0.00 )		
Presión Meseta	13.84	( 2.60 )	14.2	( 2.65 )	14.50	( 2.69 )
Presion Media	7.34	( 1.53 )	7.531	( 1.53 )	7.65	( 1.45 )
Presión Pico	15.36	( 2.54 )	15.62	( 2.51 )	15.98	( 2.40 )
TOF	0.16	( 0.51 )	0.12	( 0.39 )	0.50	( 0.68 )
etCO2	30.34	( 3.23 )	27.08	( 2.60 )	24.82	( 3.26 )

**Tabla 4. Determinación del poder mecánico**

<b>Poder Mecanico</b>						
	Media (DE)		Dif. Medias	IC 95%	Sig.	
T-0	7.003	( 2.75 )	-0.10	( -0.44 a 0.25 )	0.577 *	
T-1	7.099	( 2.72 )	-0.04	( -0.44 a 0.37 )	0.847 ▲	
T-2	7.138	( 2.83 )	-0.13	( -0.38 a 0.11 )	0.271 ▲	

Prueba T; \* Par T-0 vs T-1; ▲ Par T-1 vs T-2; ▲ Par T-0 vs T-2

### **3.4 Discusión**

Se determino la media del poder mecánico por medio de la formula establecida en el protocolo mediante la estandarización de los parámetros de ventilación de cada paciente, se determino un poder mecánico promedio de 7.08 joules [7.003–7.1]. La búsqueda sistemática no proporciono ningún estudio similar al realizado, por lo que el resultado no puede compararse, sin embargo, un estudio reciente demostró la asociación entre un poder mecánico de 9,7 jolues [7,9 a 12,2] y un mayor riesgo de presentar complicaciones pulmonares postoperatorias.

Dentro de nuestras variables encontramos una asociación entre el habito tabáquico y el incremento del poder mecánico con una  $p < 0.01$  estadisticamnete significativa por lo que podríamos sugerir que la distensibilidad pulmonar afectada en estos pacientes constituye un factor de riesgo importante para el desarrollo de VILI y complicaciones pulmonares postoperatorias.

### **3.5 Conclusiones**

En este estudio se determino el poder mecánico intraoperatorio en pacientes sanos bajo anestesia general, podemos concluir que los pacientes que se someten a cirugía bajo ventilación mecánica en nuestro hospital se encuentran dentro de los parámetros seguros de poder mecánico, sin embargo debido al numero de muestra no podemos determinar si es una condición que se cumpla en todos los pacientes.

Existen principalmente dos formas de reducir el poder mecánico en la práctica clínica: reducir la frecuencia respiratoria y con el volumen corriente. Hasta el momento, este equilibrio no se ha evaluado en pacientes quirúrgicos por lo que se sucontinuar con estudios que nos ayuden a determinar este equilibrio.

Nuestros hallazgos proporcionan una justificación para la realización de estudios en pacientes con tabaquismo positivo durante la ventilación mecánica intraoperatoria con el fin de determinar el impacto real sobre el poder mecánico.

### **4.Consideraciones éticas**

El estudio de investigación que se plantea realizar no implica ningún riesgo que pudiera afectar las condiciones de vida o físicas de los pacientes participantes del estudio, dado que es un estudio analítico, observacional y no experimental, no se modificarán variables que afecten al paciente. No se violan los principios básicos de la declaración de Helsinki acerca de la investigación científica en humanos.

Todos los procedimientos realizados en este protocolo se apegan a la declaración de Helsinki de 1964 y sus posteriores modificaciones, así como al reglamento de la Ley General de Salud. Se notificará al médico tratante sobre los parámetros que se van a obtener y los momentos de la cirugía en donde se medirán los parámetros

No será recabado el nombre de los sujetos en la hoja de captación de la información, para fines de identificación de los casos serán registrados con un numero conforme su ingreso a la base de datos. Con lo que se busca garantizar su privacidad.

## 6. Anexo 1

Información general							
Edad	Sexo	Talla (cm)	Peso (kg)	Peso predicho	IMC	ASA	Indice tabaquico

Relajante muscular			Informacion Anestesia		
Tipo	Dosis Inducción	Dosis total	Tipo de anestesia	Tubo endotraqueal	
				Diametro	Distancia

Informacion Cirugia		
Tipo de cirugia	Posición	Duracion (minutos)

Ventilación Mecánico									
T0 (5 min)									
VC	FR	Relación I:E	PEEP	Pplateau	Pmedia	Ppico	PM	TOF	ETCO2
T1( 10 min)									
VC	FR	Relación I:E	PEEP	Pplateau	Pmedia	Ppico	PM	TOF	ETCO2
T0 (5 min)									
VC	FR	Relación I:E	PEEP	Pplateau	Pmedia	Ppico	PM	TOF	ETCO2

## 2 Bibliografía

1. Effects of anesthesia on the respiratory system. Hedenstierna, Goran. 2015, Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, pp. 273-284.
2. Ventilator induced lung injury. . Slusky, AS. s.l. : The New England Journal of Medicine , 2013, Vol. 369
3. The basics of respiratory mechanics: ventilator-derived parameters. Leme-Silva, Perdo. 2018, Annals of Translational Medicine , pp. 1-11
4. Optimal mechanical ventilatio strategies to minimize ventilator induced lung injury in non injured and injured lungs. Silva, PL. s.l. : Expert Rev Respir Med, 2016, Vol. 10.
5. The physical basis of ventilator induced lung injury. Plataki, M. s.l. : Expert Rev Respir Med , 2010, Vol. 4.
6. Ventilatory management during routine general anaesthesia . Hans, Gregory. 2009, European Journal of Anaesthesiology , pp. 26-31.
7. Mechanical ventilation in the operating room: adjusting VT. PEEP and FIO2. Ferrando, Carlos. 2012, Trends in Anaesthesia and Critical Care .
8. Management of mechanical vetilation during laparoscopic surgery. Valenza, Franco. 2010, Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology , pp. 227-241.
9. Mechanical Ventilation of the anesthetized patient . Damico, Nicole. 2015 , Crit Care Nurs Clin N Am , pp. 147-155.
10. Principles of mechanical ventilation . Tol, Govind. 2010, Anesthesia and Intensive Care Medicine .
11. Modes of mechanical ventilation for the operating room. Ball, Lorenzo. 2015, Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology .
12. Are we fully utilizig the functionalities of modern operating room ventilators? Liu, Shujie. 2017, Current Opinion Anesthesiology .
13. Incidence, outcome and attributable resource use associated with pulmonary and cardiac complications after major small and large bowel procedures . Fleisher, Lee. Pennsylvania : Perioperative Medicine , 2014, Vol. 3.
14. Pulmonary complications after major abdominal surgery:National surgical quality improvment program analysis . Yang, Chun. New York : Journal of Surgical Research , 2015.
15. Intraoperative Protective Mechanical Ventilation for Prevention of Posoperative Pulmonary Complications. . Guldner, Andreas. 2015, Anesteshiology , pp. 692-713.
16. Posoperative pulmonary complications . Miskovic, A. 2017, British Journal of Anaesthesia.
17. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population -based surgical cohort. Canet, Jaume. 6, Barcelona : Anesthesiology , 2010, Vol. 113.
18. Standars for defintios and use of outcome measures for clinical effectiveness research in perioperatve medicine: European Perioperative Clinical Outcome definitions. EPCO. London : European Journal of Anaesthesiology , 2015, Vol. 32.
19. Development and validation of a risk calculator predicting posoperative respiratoy failure . Gupta, Himani. 5, Pittsburgh : Chest, 2011, Vol. 140.
20. Preoperative and intraoperative predictors of postoperative acute respiratory distress syndrome in a general surgical population . Blum, James. Michigan : Anesthesiology , 2013, Vol. 118.
21. Development and validation of a score for prediction of postoperative respiratory complications . Brueckmann, Britta. 6, Boston : Anesthesiology , 2013, Vol. 118.
22. Atelectasis during anaesthesia and in the postoperative period. Strandberg, A. Sweden

- : Acta Anaesthesiologica Scandinavica , 1986, Vol. 30.
23. Lung protective ventilation for the surgical patient: international expert panel based consensus recommendations . Christopher Young, Erica Harris, Charles Vacchiano, Stephan Bodnar. s.l. : British Journal of Anesthesiology , 2019.
  24. Protective lung ventilation in operating room; a systematic review. E Futier, JM Constantin, S Jaber. s.l. : Minerva Anesthesiologica , 2014 , Vol. 80.
  25. Lung protective ventilation in the operating room. Individualized Positive end expiratory pressure is needed. Robert Kacmarek, Jesus Villar. s.l. : Anesthesiology , 2018, Vol. 129.
  26. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. Ary Serpa-Neto, Sabine Hemmes, Carmen Barbas, Martin Beiderlinden, Ana Fernández-Bustamante. s.l. : Lancet Respiratory Medicine , 2016, Vol. 4.
  27. A multicentre observational study of intra-operative ventilatory management during general anaesthesia: tidal volumes and relation to body weight. S Jaber, Y Coisel, G Chanques, E Futier. s.l. : Anaesthesia , 2012, Vol. 67.
  28. A 5 year observational study of lung protective ventilation in the operating room: a single center experience . R Hess, Dhimiter Kondili, Edward Burns. s.l. : Journal of Critical Care , 2013, Vol. 28.
  29. Pathophysiology of ventilator associated lung injury. . Rocco, PRM. s.l. : Current Opinion Anesthesiology , 2012.
  30. Close down the lungs and keep them resting to minimize ventilator induced lung injury . Pelosi, Paolo. 2018, Critical Care .
  31. Mechanism of ventilator induced lung injury in healthy lungs . Pedro Leme-Silva, Daniela Negrini, Patricia Rieken. s.l. : Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology , 2015, Vol. 29.
  32. The future of mechanical ventilation: lessons from the present and the past . Gattinoni, Luciano. 2017, Critical Care .
  33. Mechanical Power and Development of Ventilator-induced Lung Injury. Cressoni M, Gotti M, Chiurazzi C, et al. *Anesthesiology*. 2016;124(5):1100-1108
  34. Driving Pressure and Mechanical Power: New Targets for VILI prevention . Tonetti, Tomaso. 2017, Annals of Translational Medicine.
  35. Is the mechanical power the final word on ventilator induced lung injury? we are not sure . Vasques, Francesco. 2018, Annals of translational Medicine .
  36. Silva, P.L., Rocco, P.R., & Pelosi, P. (2020). Ten Reasons to Use Mechanical Power to Guide Ventilator Settings in Patients Without ARDS.
  37. Simonis FD, Barbas CSV, Artigas-Raventos A, et al. Potentially modifiable respiratory variables contributing to outcome in ICU patients without ARDS: a secondary analysis of PROVENT. *Ann Intensive Care*. 2018;8:39.
  38. Respiratory Mechanics in Mechanically ventilated Patients . Hess, Dean. 2014, Respiratory Care .
  39. Algra AG, Pisani L, Bergmans DCJ, et al. RELAX—REstricted versus Liberal positive endexpiratory pressure in patients without ARDS: protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2018;19:272
  40. The Basics of Respiratory Mechanics: ventilator-derived parameters. Leme-Silva, Pedro. 2018, Annals of Translational Medicine .
  41. Ventilatory management during routine general anaesthesia . Hans, Gregory. 2009 , European Journal of Anesthesiology , pp. 1-8.
  42. Intraoperative ventilation and postoperative respiratory assistance . Ball, Lorenzo. 2017, British Journal of Anaesthesia , pp. 1-6.
  43. Intra-operative ventilator mechanical power as a predictor of postoperative pulmonary complications in surgical patients: A secondary analysis of a randomised clinical trial.

Karalapillai D, Weinberg L, Neto A S, Peyton P, Ellard L, Hu R, Pearce B, Tan CO, Story D, O'Donnell M, Hamilton P, Oughton C, Galtieri J, Wilson A, Eastwood G, Bellomo R, Jones DA Eur J Anaesthesiol. 2022 Jan 1;39(1):67-74.

44. *Intraoperative mechanical ventilation strategies to prevent posoperative pulmonary complications in patients with pulmonary and extrapulmonary comorbidities.* . Treschan, Tanja. 2015, Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology , pp. 341-355.