



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Medicina

División de Estudios de Posgrado

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

Unidad Médica de Alta Especialidad

Hospital de Especialidades "Dr. Antonio Fraga Mouret"

Centro Médico Nacional "La Raza"

Tesis:

**"Parámetros De Protección Pulmonar Durante La Ventilación
Mecánica Intraoperatoria En Una Unidad Médica De Alta
Especialidad"**

Que para obtener el grado de **Médico Especialista en Anestesiología**

Presenta:

Dr. Edgar Santamaría Salgado

Asesores:

Dra. Juana Yunien López Solorio

Dr. Arnulfo Calixto Flores



Ciudad de México 2020



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.

Hoja de Autorización de Tesis:

Dr. Benjamín Guzmán Chávez

Profesor Titular del Curso Universitario de Anestesiología-Jefe del Servicio de Anestesiología
U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”
Centro Médico Nacional “La Raza”IMSS

Dr. Juana Yunién López Solorio

Asesor de Tesis

Dr. Edgar Santamaría Salgado

Médico Residente del Tercer Año de la Especialidad en Anestesiología
Sede Universitaria U.M.A.E. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”
Centro Médico Nacional “La Raza”IMSS

Número de Registro CLIS: R-2019-3501-138

Índice

Resumen	4
Summary	5
Antecedentes específicos	6
Materiales y métodos	10
Resultados	12
Discusión	17
Conclusiones	19
Referencias bibliográficas	20
Anexos	24

Resumen

Introducción. Las estrategias de ventilación mecánica protectora intraoperatoria mejoran los resultados de pacientes que se someten a cirugía, y existe una asociación entre el volumen corriente, la PEEP y la presión de distensión transoperatorias con el desarrollo de complicaciones pulmonares postoperatorias. **Objetivo:** determinar qué parámetros de protección pulmonar (driving pressure $<13\text{cmH}_2\text{O}$, VC 6-8ml/kg, FiO_2 baja -suficiente para mantener $\text{SPO}_2 \geq 94\%$ -, pausa inspiratoria y PEEP), se utilizan durante la ventilación mecánica intraoperatoria. **Material y métodos.** Estudio descriptivo, observacional de 214 pacientes. Se analizaron variables demográficas y parámetros de ventilación mecánica: FiO_2 , modo de ventilación, VC, PEEP, presiones inspiratorias pico, plateau y máximas, complianza dinámica y estática, pausa inspiratoria; espirometría. Análisis estadístico con pruebas de normalidad (Kolmogorov Smirnov), T de Student o U de Mann Whitney y χ^2 (se consideró significativo $p < 0.05$); análisis de regresión logística para determinar el riesgo de una driving pressure alterada (OR, IC 95%). **Resultados.** 115 mujeres (53.7%), 99 hombres (46.3%), edad promedio 50.57 ± 14.18 y 53.23 ± 15.89 años, respectivamente; al 77.5% se le programaron parámetros de protección pulmonar (58.9% FiO_2 baja; PEEP 100%; VC 6-8ml/kg 100%; driving pressure 13-15 cmH_2O); se encontró con respecto a la driving pressure OR=0.339 IC 95% 0.06-1.79 para el turno matutino y la posición quirúrgica en prono y sedente (OR 0, IC95% 0.0, $p=0.999$) como factores protectores. **Conclusiones.** Los parámetros de protección pulmonar se programan en la mayoría de los pacientes; en 77.5% se logran las recomendaciones de la ventilación mecánica intraoperatoria. **Palabras clave.** Seguridad en el paciente, cirugía, ventilación mecánica, fisiología pulmonar, anestesia general, presión espiratoria positive.

Abstract

Introduction. Intraoperative protective mechanical ventilation strategies improve the results of patients undergoing surgery, and there is an association between tidal volume, PEEP and intraoperative driving pressure with the development of postoperative pulmonary complications. **Objective:** to determine which parameters of lung protection (driving pressure $<13\text{cmH}_2\text{O}$, VC 6-8ml / kg, low FiO_2 -sufficient to maintain $\text{SPO}_2 \geq 94\%$, inspiratory pause and PEEP), are used during intraoperative mechanical ventilation. **Material and methods.** Descriptive, observational study of 214 patients. Demographic variables and mechanical ventilation parameters were analyzed: FiO_2 , ventilation mode, VC, PEEP, peak, plateau and maximum inspiratory pressures, dynamic and static compliance, inspiratory pause; spirometry. Statistical analysis with normality tests (Kolmogorov Smirnov), Student's T or Mann Whitney's U and χ^2 ($p < 0.05$ was considered significant); Logistic regression analysis to determine the risk of an altered driving pressure (OR, 95% CI). **Results:** 115 women (53.7%), 99 men (46.3 %), average age 50.57 ± 14.18 and 53.23 ± 15.89 years, respectively; 77.5% were programmed lung protection parameters (58.9% FiO_2 low; PEEP 100%; VC 6-8ml / kg 100%; driving pressure 13-15 cmH_2O); It was found with respect to the driving pressure OR = 0.339 95% CI 0.06-1.79 for the morning shift and the prone and seated surgical position (OR 0, 95% CI 0.0, $p = 0.999$) as protective factors. **Conclusions:** Lung protection parameters are programmed in most patients; only 77.5% achieve the recommendations of intraoperative mechanical ventilation.

Keywords. Patient safety, surgery, mechanical ventilation, pulmonary physiology, general anaesthesia, positive-end expiratory pressure

Antecedentes Específicos

La ventilación mecánica perioperatoria durante la anestesia general juega un papel importante en el manejo transoperatorio de los pacientes de alto riesgo respiratorio¹ que pueden desarrollar complicaciones pulmonares postoperatorias (CPP) e incrementar la morbimortalidad, los ingresos a la unidad de cuidados intensivos (UCI) y la estancia intrahospitalaria.²

En el siglo XVI, Andreas Vesalius describió cómo se insertó un tubo de caña en la traquea de un animal y a través de él se sopló aire y así se le mantuvo vivo, quizás es una de las primeras descripciones de la intubación y la ventilación artificial.^{3, 4} Cuatro siglos después, el pulmón de hierro⁵ fue el primer ventilador de presión negativa utilizado con éxito en la práctica clínica, aunque, el cuidado del paciente era difícil porque el cuerpo del paciente estaba completamente encerrado en un tanque de metal. A partir de estos experimentos iniciaron los avances de la ventilación mecánica (VM) y un episodio reconocido fue la epidemia de poliomielitis en la década de los años 50 ya que los pacientes requerían de intubación orotraqueal y VM⁶ y su aplicación disminuyó la mortalidad del 87% al 40% y se conoce que aproximadamente 1500 estudiantes de medicina proporcionaron ventilación manual apretando bolsas de goma conectadas a tubos endotraqueales durante 165,000 horas estimadas⁷; a partir de estos eventos se desarrollaron los primeros ventiladores mecánicos (Claus Bang, un médico danés y Carl-Gunnar Engström, un anestesiólogo sueco, fueron los primeros inventores) e inició la evolución de la VM con el desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas aplicadas al contexto clínico.⁸ El Servo 900A (Siemens-Eléma) lanzado en 1972 fue el primer

ventilador mecánico con PEEP, y las servoválvulas que controlaban el flujo permitieron la introducción de nuevos modos de ventilación.

En la actualidad, millones de pacientes se someten a procedimientos quirúrgicos y anestesia general y la incidencia de CCP continua alta y un factor de riesgo es la VM⁹, lo que ha hecho necesario el desarrollo de mejoras para disminuir la mortalidad. La última década ha visto un gran interés en la posibilidad de reducir la incidencia de CPP mediante la adopción de estrategias de ventilación destinadas a minimizar el daño potencial inducido por la ventilación mecánica, es decir, el uso de ventilación protectora.^{10, 11} Sin embargo, la configuración óptima del ventilador durante la anestesia general todavía está en debate. Existe consenso en que la reducción del volumen corriente (VC) a 6–8 ml por kg de peso corporal predicho mejora la función respiratoria¹² y reduce la incidencia de CPP.¹³ El papel de la PEEP es más debatido, y varios autores proponen el uso de niveles más altos de PEEP, pero los ensayos informan resultados inconsistentes.^{14, 15}

La VM durante la anestesia general puede ocasionar efectos potencialmente perjudiciales sobre el tejido pulmonar si no se administra protección alveolar e inducir lesión pulmonar como resultado del sobreesfuerzo cíclico de los alvéolos aireados con ventilación de alto volumen corriente, de la apertura y cierre repetidos de las vías respiratorias periféricas, del bajo volumen pulmonar asociado con el reclutamiento y el desreclutamiento de unidades pulmonares inestables, y de la aplicación de altas presiones de las vías respiratorias, sin embargo, sigue en controversia si la exposición corta a la VM es potencialmente perjudicial en pacientes con pulmones sanos sometidos a un procedimiento anestésico-quirúrgico.¹⁶ Actualmente no se conoce el

manejo óptimo de la ventilación mecánica intraoperatoria y existe incertidumbre con respecto al volumen tidal óptimo y la necesidad y el valor óptimo de la PEEP, ^{17, 18} y hace indispensable la comprensión de la fisiología del sistema respiratorio, ya que en el entorno perioperatorio, debido al uso de bloqueo neuromuscular y fármacos que reducen el impulso respiratorio, el componente muscular se reduce notablemente o, como ocurre en la mayoría de los casos, se elimina por completo y como consecuencia, el ventilador debe crear el flujo de aire, para generar una presión positiva y un volumen corriente, independientemente de la acción de los músculos respiratorios, por lo tanto el monitoreo de la VM es muy importante. ^{19, 20}

Los ensayos clínicos publicados respaldan el uso de una estrategia de bajo volumen tidal y la aplicación de PEEP en pacientes críticos con lesión pulmonar aguda o síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), que requieren ventilación mecánica prolongada. Estos hallazgos sugieren que puede ser fisiológicamente lógico y deseable aplicar una estrategia de ventilación similar a otros grupos de pacientes, como los sometidos a ventilación intraoperatoria bajo anestesia general. Un reciente ensayo clínico controlado aleatorizado de pacientes con riesgo de complicaciones respiratorias sometidos a cirugía abdominal mayor mostró que una estrategia de bajo volumen tidal y la aplicación de PEEP tenían ventajas clínicas sobre la atención estándar. ²¹ Además, recientemente un gran ensayo multicéntrico en una cohorte similar de pacientes comparó una estrategia de PEEP baja versus alta cuando se combinó con un volumen corriente de 8 ml/kg y no encontró diferencias significativas en la incidencia de complicaciones respiratorias¹⁴ y que se ha descrito ya en otros ensayos clínicos sobre VM intraoperatoria que han demostrado que la reducción del volumen corriente

combinado con altos niveles de PEEP durante la ventilación intraoperatoria para reducir el estrés mecánico relacionado con la atelectasia y prevenir las complicaciones pulmonares postoperatorias.^{22, 23 24}

Por otro lado, se sugiere una asociación entre una alta presión de conducción (*driving pressure*: diferencia entre la presión meseta y el nivel de PEEP) y el resultado para pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda aunque no está claro si existe una asociación similar para la alta *driving pressure* durante la cirugía y la aparición de complicaciones pulmonares postoperatorias, de hecho, en pacientes sometidos a cirugía, los efectos clínicos de los parámetros ventilatorios y la importancia relativa de la presión meseta, el volumen corriente y la PEEP en la patogénesis de la lesión pulmonar inducida por el ventilador no están completamente claros y debido a que la complianza del sistema respiratorio está fuertemente relacionado con el volumen pulmonar al final de la espiración, especialmente en los pulmones sanos, se ha postulado que la *driving pressure*, que es el volumen normalizado para la complianza del sistema respiratorio, sería un mejor predictor de CPP que el cálculo del volumen corriente con el peso predicho.²⁵

Por lo tanto, la optimización de la VM intraoperatoria será importante para minimizar la lesión pulmonar inducida por el ventilador y mejorar el resultado y la tendencia es la recomendación del uso de la *driving pressure* para optimizar el volumen corriente pero no la PEEP durante la cirugía, y en pacientes críticos con y sin SDRA.²⁶

Materiales y Métodos

Diseño: Prospectivo, observacional, transversal, descriptivo y analítico. Incluyó a 214 pacientes que ingresaron a quirófano y fueron sometidos a anestesia general y ventilación mecánica, con el objetivo de determinar qué parámetros de protección pulmonar, recomendados a nivel internacional (driving pressure $<13\text{cmH}_2\text{O}$, volúmenes corrientes bajos 6-8ml/kg, FiO_2 baja -suficiente para mantener $\text{SPO}_2 \geq 94\%$ -, pausa inspiratoria y PEEP individualizado), se utilizan durante la ventilación mecánica intraoperatoria. Incluyó a pacientes mayores de 18 años, procedimientos electivos y de urgencia, monitoreo completo de la VM intraoperatoria. La recolección de los datos fue realizada por un solo observador incluyó todos turnos del servicio de anestesia, se revisó el expediente clínico, registros de anestesia y monitores de VM, se obtuvieron las características demográficas, las comorbilidades del paciente, el tipo de ventilador y la duración prevista de la cirugía, el tipo de anestesia y los detalles de la ventilación intraoperatoria, incluida la interfaz paciente-ventilador utilizada, la concentración de oxígeno inspirado, el modo de ventilación, volumen corriente, frecuencia respiratoria, uso y cantidad de PEEP aplicada, presiones inspiratorias pico, plateau y máximas; complianza dinámica y estática, la relación inspiración:expiración, la pausa inspiratoria; el patrón de la espirometría; todo se registró en el instrumento de recolección de datos y se determinó el IMC y la driving pressure en una hoja de cálculo. Al terminar el procedimiento anestésico quirúrgico se verificó en el registro anestésico si hubo cambios en el modo ventilatorio o complicaciones transoperatorias y si el paciente egresó con ventilación mecánica o no y todos los datos ingresaron a una base de datos para su análisis estadístico. Se valoró la simetría o normalidad de la muestra mediante

Kolmogorov Smirnov y en su caso se aplicó T de Student para variables cuantitativas continuas de acuerdo con la distribución de la muestra y X^2 para variables categóricas y se realizó el análisis de regresión logística multivariada y el área bajo la curva para determinar el riesgo de no presentar la presión de distensibilidad recomendada y que puede representar un factor de riesgo de CPP, además de determinar el OR e IC. Se consideró como significativo una $p < 0.05$ con intervalo de confianza de 95%.

Resultados

Se incluyó a 214 pacientes, 115 fueron mujeres (53.7%) y 99 hombres (46.3%) con una edad promedio de 50.57 ± 14.18 años y 53.23 ± 15.89 años (se exploraron los datos en general para determinar su normalidad con la prueba de Kolmogorov Smirnov), se encontró significancia estadística (T de student) en la muestra para el peso, talla, edad e IMC con $p < 0.05$.

Con respecto a las recomendaciones para la ventilación protectora, a 126 pacientes (58.9%) se les administró una FiO_2 menor a 60%, a los 214 (100%) se les programó PEEP pero solo a 177 (82.7%) se les programó PEEP a partir de 5 cmH_2O , a todos los pacientes ($n=214$) se les programó el volumen corriente de 6 a 8 ml/Kg y solo 70 pacientes (32.7%) tuvieron la driving pressure recomendada de 13-15 cmH_2O .

A partir de estos resultados, se dividió a los pacientes en dos grupos: Grupo 1 o Ventilación Mecánica con Parámetros de Protección Pulmonar y Grupo 2 o Ventilación Mecánica sin Parámetros de Protección Pulmonar y se clasificó entonces las variables demográficas en intraoperatorias para cada uno y se realizó la comparación entre ellas para determinar el nivel de significancia, se incluyeron variables de la monitorización de ventilación mecánica, el tipo de cirugía programada, la técnica anestésica, los tiempos de cirugía y anestesia, el peso que se utilizó para la programación del ventilador y como una variable sumamente importante el turno en el que se dio la atención al paciente, se registraron de acuerdo a su distribución después de realizar las pruebas de normalidad y se registraron entonces como desviación estandar y media o como mediana y percentil, además de las frecuencias y porcentajes (Tabla 1).

Tabla 1. Datos demográficos.		Ventilación mecánica con parámetros de protección pulmonar	Ventilación mecánica sin parámetros de protección pulmonar	P
n= 214		n= 168 (100 %)	n= 46 (100 %)	
Edad (años)		51.22 ± 14.81	53.93 ± 15.73	0.278 ^a
Peso (Kg)		72.84 ± 15.62	68.32 ± 12.91	0.074 ^a
Talla (m)		1.62 ± 0.08	1.63 ± 0.11	0.6570 ^a
Sexo				
	Femenino	90 (53.6%)	25 (54.3%)	0.355 ^b
	Masculino	78 (46.4%)	21 (45.7%)	
Estado Físico de la ASA				
	ASA 1	1 (0.6%)	2 (4.3%)	0.000 ^b
	ASA 2	72 (42.9%)	15 (32.6%)	
	ASA 3	90 (53.6%)	27 (58.7%)	
	ASA 4	0 (0%)	0 (0%)	
	ASA 5	5 (3%)	2 (4.3%)	
IMC (kg/m²)				
	Bajo peso (<18.9 kg/m ²)	4 (2.4%)	1 (2.2%)	0.000 ^b
	Peso normal (18.9 - 24.9 kg/m ²)	57 (33.9%)	24 (52.2%)	
	Sobrepeso (25 - 29.9 kg/m ²)	57 (33.9%)	15 (32.6%)	
	Obesidad grado I (30 - 34.9 kg/m ²)	39 (23.2%)	6 (13%)	
	Obesidad grado 2 (35.39.9 kg/m ²)	3 (1.8%)	0	
	Obesidad grado 3 (>40 kg/m ²)	8 (4.8%)	0	
Cirugía				
	Electiva	143 (85.159)	38 (82.6%)	0.000 ^b
	Urgente	25 (14.9%)	8 (17.4%)	
Servicio				
	Angiología y cirugía vascular	19 (11.3)	8 (17.4%)	0.000 ^b
	Cirugía cardíaca	16 (9.5%)	0	
	Cirugía de cuello	9 (5.4%)	5 (10.9%)	
	Cirugía general	41 (24.4%)	13 (28.3%)	
	Cirugía maxilofacial	2 (1.2%)	0	
	Cirugía plástica	3 (1.8%)	1 (2.2%)	
	Neurocirugía	38 (22.6%)	9 (19.6%)	
	Trasplante renal	15 (8.9%)	5 (10.9%)	
	Urología	25 (14.9%)	5 (10.9%)	
Peso utilizado para programar ventilador				
	Ideal	92 (54.8%)	29 (63%)	0.000 ^b
	Corregido	3 (1.8%)	0	
	Predicho	73 (43.6%)	17 (37%)	
Volumen corriente programado (ml)		400 (380-450)	380 (375-402.5)	0.015 ^c
Técnica anestésica				
	General balanceada	141 (83.9%)	44 (95.7%)	0.000 ^b
	TIVA	27 (16.1%)	2 (4.3%)	
Tiempo de cirugía (minutos)		165 (100-250)	130 (80-180)	0.006 ^c
Tiempo de anestesia (minutos)		150 (120-300)	200 (100-200)	0.007 ^c
Turno hospitalario				
	Matutino	97 (57.7%)	27 (58.7%)	0.000 ^b
	Vespertino	44 (26.2%)	11 (23.9%)	
	Nocturno	27 (16.1%)	8 (17.4%)	

Los valores se muestran, según su normalidad, como promedio ± DE o mediana y percentiles. P<0.05 se condira como significativa. IMC= Índice de masa corporal; ASA= American Society of Anesthesiologist; TIVA: Anestesia total intravenosa. ^aT de Student; ^bChi², ^cU de Mann-Whitney

La ventilación mecánica fue controlada por volumen en el 100% de los pacientes estudiados y todos los parámetros de su monitorización fueron registrados, además de la pulsioximetría el CO₂ al final de la espiración y se determinó su significancia estadística. Tabla 2.

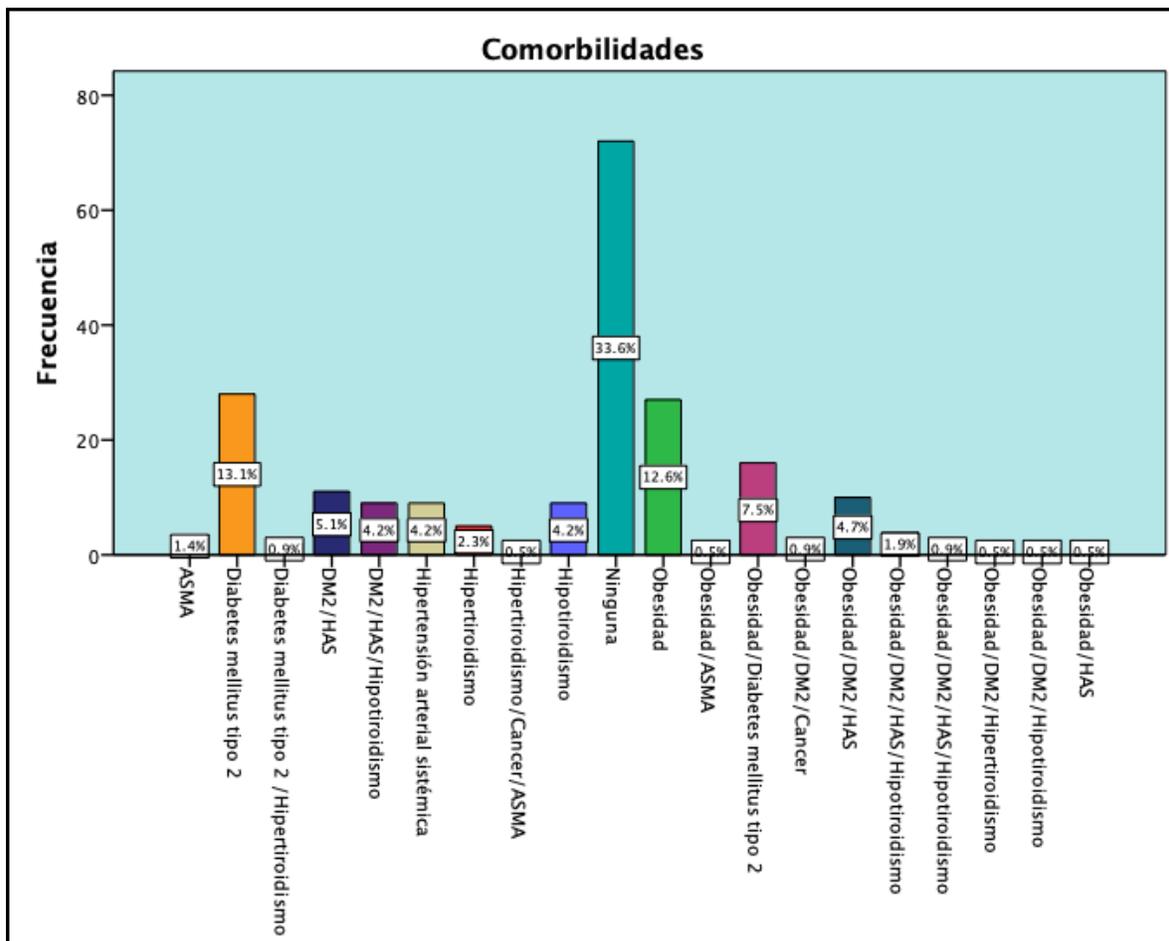
Tabla 2. Parámetros del monitoreo de la ventilación mecánica.			
n= 214	Ventilación mecánica con parámetros de protección pulmonar	Ventilación mecánica sin parámetros de protección pulmonar	P
	n= 168 (100 %)	n= 46 (100 %)	
Compliance dinámica	29.61 ± 8.83	29.24 ± 9.1	0.278 ^a
Compliance estática	35.49 ± 13.33	34.43 ± 10.55	0.074 ^a
Driving pressure cmH₂O	12.88 ± 3.89	12.10 ± 2.9	0.212 ^b
FiO₂ monitoreada	53.87 ± 12.77	66 ± 13.79	0.006 ^a
Pulsioximetría	98.19 ± 1.36	98.26 ± 1.6	0.876 ^a
End tidal CO₂	32 ± 1.84	31.65 ± 1.96	0.274 ^a
PEEP programado	6.26 ± 1.46	4.97 ± 1.84	0.000 ^a
PEEP monitoreado	6.24 ± 1.43	4.97 ± 1.84	0.000 ^a
Presión máxima	21.04 ± 7.73	17.48 ± 9.31	0.002 ^a
Presión pico	21.81 ± 4.6	19.4 ± 3.93	0.004 ^a
Presión plateau	19.17 ± 4.52	17.22 ± 3.42	0.11 ^a

Los valores se muestran, según su normalidad, como promedio ± DE. P<0.05 se condira como significativa. FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno; PEEP: presión positiva al final de la espiración. ^aU de Mann-Whitney. ^bT de student.

Durante la recolección de los datos se registró también la posición quirúrgica y en 172 pacientes (80.4%) fue decúbito súpino; decúbito lateral izquierdo para 5 (2.3%) y lateral derecho 9 (4.2%), decúbito prono 9 (4.2%), posición sedente (8 (3.7%), park bench 7 (3.3%) y litotomía 4 (1.9%); 61 procedimientos fueron laparoscópicos (28.5%). También se encontró que 21 pacientes (9.8%) tenían antecedente de tabaquismo sin enfermedades pulmonares diagnosticadas.

También se registraron las comorbilidades en todos los casos y se aplicó la prueba Chi² para determinar su significancia y encontró p<0.05, además todos estos datos se encontraban dentro de la normalidad (p<0.05), y se registraron en la Figura 1 como frecuencias y porcentajes.

Figura 1. Comorbilidades de los pacientes de la muestra.



Para ampliar nuestros resultados, aumentar el poder y evaluar el efecto del diseño del estudio sobre la asociación entre los parámetros de protección pulmonar y su impacto en la driving pressure, realizamos un análisis secundario en el que los datos de pacientes individuales se modelaron simultáneamente para un análisis regresión logística multivariable. Para esto se determinó la presión de distensión o driving pressure durante la ventilación intraoperatoria, se promedió por paciente. Construimos un modelo multivariable para cuantificar el efecto de la edad, el IMC, el estado físico de la ASA, la posición quirúrgica, los parámetros de protección pulmonar (volumen corriente, pausa inspiratoria, PEEP, FiO₂), el peso utilizado para programar el volumen

corriente y el turno de servicio sobre los valores de la presión de distensión o driving pressure y determinar el factor de riesgo e IC del 95% para predecir su resultado. Tabla

3.

Tabla 3. Análisis multivariable de los factores que afectan el resultado final de la presión de distensión o driving pressure

	Odds ratio	IC 95%	P
	n= 214 (100 %)		
Edad	1.02	0.95-1.04	0.935
IMC	1.004	0.87-1.14	0.956
Procedimiento laparoscópico	0.973	0.17-5.42	0.975
Posición			
Decúbito supino	0.000	0.000	0.999
Decúbito lateral izquierdo	9.34	0.000	1
Decúbito lateral derecho	4.92	0.000	1
Decúbito prono	0.000	0.000	0.999
Posición sedente	0.000	0.000	0.999
Park bench	24.33	0.000	1
Volumen corriente ml/kg	0.778	0.28-2.11	0.778
Pausa inspiratoria cmH₂O	1.18	1.03-1.35	0.14
Volumen corriente 6-8mlKg	0.989	0.98-0.99	0.026
PEEP	1.3	0.92-1.82	0.131
Turno			
Matutino	0.339	0.06-1,79	0.203
Vespertino	1.92	0.25-14.48	0.535

Se registraron las variables que resultaron un factor de riesgo o factor protector para mantener la presión de distensión o driving pressure en parámetros normales (13-15cmH₂O). Los valores se muestran, según su normalidad, como promedio ± DE. P<0.05 se condira como significativa. PEEP: presión positiva al final de la espiración.

Se observó que los factores que predisponen que la presión de distensión no se encuentren en valores recomendados fueron los cambios de posición quirúrgica, la pausa inspiratoria y el volumen corriente y también el turno de servicio (para evitar posibles sesgos resultantes de la gravedad inicial, preajustamos todos los modelos de medición por el mismo conjunto de covariables incluidas en el modelo multivariable).

Discusión

Nuestros resultados demostraron que la ventilación mecánica intraoperatoria, en este centro hospitalario, se realiza con parametros de protección pulmonar solo en el 78.5% (168 pacientes) y no se programan de forma convencional a todos (a 58.9% se les administró FiO_2 menor al 60%; al 100% si se les programó PEEP pero solo al 82.7% se les programo a partir de 5 cmH_2O ; el unico parámetro que cumplio al 100% su recomendación fue el volumen corriente de 6 a 8 ml/Kg) a pesar de la evidencia reciente del incremento de mortalidad o el desarrollo de complicaciones pulmonares posoperatoria que pueden estar asociados con el valor de la presión de distensión fuera de rango, que en este estudio solo el 32.7% alcanzó los valores recomendados.²⁶

Estos resultados apoyan la evidencia sobre cómo seleccionar el volumen corriente y el nivel de PEEP de acuerdo con la presión de distensión durante la cirugía. Los pacientes se sometieron a diferentes tipos de cirugía y posición quirúrgica, sin embargo lo observado se compara con ensayos clínicos previos que muestran que el daño celular y tisular está más estrechamente relacionado con la amplitud del estiramiento cíclico que con el estiramiento máximo o sostenido y que esta relacionado directamente con los valores de la compliance estática y dinámica y que pudimos observar que eran menores a las recomendaciones^{27,28}, así como con experimentos que demuestran los efectos nocivos del reclutamiento alveolar cíclico o la alta tensión pulmonar con alta presión de distensión ^{29,30,31}. Nuestros hallazgos también respaldan los resultados de investigaciones que muestran una asociación entre la presión de distensión y los efectos de la ventilación protectora, sin embargo no pudimos establecerlo como predictor de mortalidad ya que el estudio no tenía ese objetivo y solo fue observacional. Sin embargo presenta similitudes con el análisis de Amato y colegas³¹ que incluyó pacientes críticos con síndrome de dificultad respiratoria aguda sometidos a ventilación a largo plazo donde reportaron el papel de la ventilación protectora y el papel potencial de la presión de conducción como factor de riesgo de mortalidad.

En el pasado, la ventilación con volúmenes corrientes de hasta 15 ml/kg predicho se recomendó para tratar y prevenir la atelectasia y la hipoxemia³², sin embargo, a pesar de que los volúmenes corrientes altos en la ventilación intraoperatoria han disminuido

en los últimos 20 años, todavía se siguen utilizando hasta 10ml/Kg; a pesar de que se sabe que la ventilación con volúmenes tidales tan grandes en combinación con una baja compliance debido a la atelectasia podría dar lugar a una alta presión de distensión y dar origen a mayor riesgo de complicaciones pulmonares postoperatorias.^{33,34} De hecho, la presión de distensión. El papel protector de la PEEP intraoperatoria ha sido un tema de intenso debate. Nuestro estudio demostró que el uso de altos niveles de PEEP se asocia con menor presión de distensión. Teóricamente, el reclutamiento de tejido pulmonar mediante el uso de niveles más altos de PEEP podría conducir a una disminución en la presión de conducción, ya que un aumento en el tejido pulmonar aireado resulta en una presión de conducción más baja cuando no se cambian los volúmenes de cierre. Si la presión de conducción no cambia, o cuando aumenta, podría significar que el aumento del nivel de PEEP no da como resultado el reclutamiento de tejido pulmonar, o que el tejido pulmonar se estira demasiado. Se cuestiona cada vez más si la protección del pulmón contra los efectos nocivos de la ventilación con presión positiva podría ser más importante que optimizar el intercambio de gases. Sin embargo, esas hipótesis deben confirmarse en ensayos controlados aleatorios de ventilación intraoperatoria que comparen la ventilación guiada por la presión de conducción con la atención habitual. El análisis de regresión logística multivariado mostró que existe una relación directa entre la presión de distensión y la programación y valores de los parámetros de protección pulmonar y es igual a la descrita con otros investigadores.

Una variable muy importante observada fue el turno de atención de los pacientes, donde aparentemente el se cumplirán las recomendaciones de ventilación protectora por la mañana y será un factor de riesgo por la tarde (turno matutino OR=0.339 IC 95% 0.06-1.79, p= 0.203, turno vespertino OR=1.92 IC 95% 0.25-14,48 p00.535). La posición quirúrgica parece jugar un papel muy importante sobre la posibilidad de lograr presiones de distensión recomendados con el uso de ventilación protectora y además llaman la atención para el desarrollo de nuevas recomendaciones de ventilación intraoperatoria contextualizados al procedimiento quirúrgico y posición; encontramos que la posición en decúbito lateral es un factor de riesgo (lateral izquierdo OR 9.34, IC

95% 0.000, $p=1$; derecho OR 4.92, IC 95% 0.000, $p=1$) y a la ventilación en prono y posición sedente como factor protector con un OR para ambas de 0.0 y $p=0.999$.

Conclusiones

La ventilación mecánica intraoperatoria en esta unidad es manejada con parámetros de protección recomendados a nivel internacional pero no se aplica en todos los casos y no todos los parámetros por lo que la ventilación mecánica no es protectora en un tercio de los pacientes que se atienden. En conclusión, la presión de distensión intraoperatoria alta y un cambio en el nivel de PEEP que resulta en un aumento de la presión de distensión se asocian con mayor riesgo de complicaciones pulmonares postoperatorias. Sin embargo, para confirmar estos hallazgos, es necesario un ensayo controlado aleatorio que compare la ventilación basada en la presión de conducción versus la atención habitual, además de vigilar algunas variables como la posición quirúrgica.

Referencias Bibliográficas

-
- ¹ Ball L, Pelosi P. Intraoperative ventilation and postoperative respiratory assistance. *BJA Education*, 2017; 17 (11): 357–362.
 - ² Sabate´ S, Mazo V, Canet J. Predicting postoperative pulmonary complications: implications for outcomes and costs. *Curr Opin Anaesthesiol* 2014; 27: 201–9.
 - ³ Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical Ventilation: State of the Art. *Mayo Clin Proc*. 2017; 92 (9): 1382-1400.
 - ⁴ Slutsky AS. History of mechanical ventilation: from Vesalius to ventilator-induced lung injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015; 191 (10): 1106-1115.
 - ⁵ Drinker P, Shaw LA. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration, I: A design for adults and children. *J Clin Invest*. 1929; 7(2) :229-247.
 - ⁶ Ibsen B. The anæsthetist’s viewpoint on the treatment of respiratory complications in poliomyelitis during the epidemic in Copenhagen, 1952. *Proc R Soc Med*. 1954; 47 (1): 72-74.
 - ⁷ Lassen HCA. A preliminary report on the 1952 epidemic of poliomyelitis in Copenhagen with special reference to the treatment of acute respiratory insufficiency. *Lancet*. 1953; 1 (6749): 37-41.
 - ⁸ Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. *Lancet*. 1967; 2 (7511): 319-323.
 - ⁹ Ball L, Costantino F, Fiorito M, Amodio S, Pelosi P. Respiratory mechanics during general anaesthesia. *Ann Transl Med* 2018;6(19):379.
 - ¹⁰ Ball L, Costantino F, Orefice G, et al. Intraoperative mechanical ventilation: state of the art. *Minerva Anesthesiol* 2017; 83: 1075-88.
 - ¹¹ Cruz FF, Ball L, Rocco PRM, et al. Ventilator-induced lung injury during controlled ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome: less is probably better. *Expert Rev Respir Med* 2018; 12: 403-14.
 - ¹² Severgnini P, Selmo G, Lanza C, et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function. *Anesthesiology* 2013; 118: 1307-21.

-
- ¹³ Güldner A, Kiss T, Serpa Neto A, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers. *Anesthesiology* 2015; 123: 692-713.
- ¹⁴ PROVE Network Investigators for the Clinical Trial Network of the European Society of Anaesthesiology, Hemmes SN, Gama de Abreu M, et al. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2014; 384: 495-503.
- ¹⁵ Ferrando C, Soro M, Unzueta C, et al. Individualised perioperative open-lung approach versus standard protective ventilation in abdominal surgery (iPROVE): a randomised controlled trial. *Lancet Respir Med* 2018; 6: 193-203.
- ¹⁶ Karalapillai et al.: Current ventilation practice during general anaesthesia: a prospective audit in Melbourne, Australia. *BMC Anesthesiology* 2014; 14: 85.
- ¹⁷ Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998; 338: 347–354.
- ¹⁸ Parsons PE, Eisner MD, Thompson BT, Matthay MA, Ancukiewicz M, Bernard GR, Wheeler AP. NHLBI Acute Respiratory Distress Syndrome Clinical Trials Network: Lower tidal volume ventilation and plasma cytokine markers of inflammation in patients with acute lung injury. *Crit Care Med* 2005; 33: 1–6.
- ¹⁹ Grinnan DC, Truwit JD. Clinical review: respiratory mechanics in spontaneous and assisted ventilation. *Crit Care* 2005; 9: 472-84.
- ²⁰ Tobin MJ. *Principles And Practice of Mechanical Ventilation*. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 2012.
- ²¹ Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, Futier E, Pascal J, Eurin M, et al. IMPROVE Study Group: A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Eng J Med* 2013; 369: 428–437.

-
- ²² Severgnini P, Selmo G, Lanza C, et al. Protective mechanical ventilation during general anesthesia for open abdominal surgery improves postoperative pulmonary function. *Anesthesiology* 2013; 118: 1307–21.
- ²³ Ge Y, Yuan L, Jiang X, Wang X, Xu R, Ma W. Effect of lung protection mechanical ventilation on respiratory function in the elderly undergoing spinal fusion. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 2013; 38: 81–85.
- ²⁴ Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med* 2013; **369**: 2126-36.
- ²⁵ Neto AS, Hemmes SNT, Barbas CSV, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E et al. 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. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2016; SSS3:1-9.
- ²⁶ Pelosi P, Ball L. Should we titrate ventilation based on driving pressure? Maybe not in the way we would expect. *Ann Transl Med* 2018; 6 (19): 389.
- ²⁷ Tschumperlin DJ, Oswari J, Margulies AS. Deformation-induced injury of alveolar epithelial cells. Effect of frequency, duration, and amplitude. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 357–62.
- ²⁸ Garcia CS, Rocco PR, Facchinetti LD, et al. What increases type III procollagen mRNA levels in lung tissue: stress induced by changes in force or amplitude? *Respir Physiol Neurobiol* 2004; 144: 59–70
- ²⁹ Dreyfuss D, Saumon G. Role of tidal volume, FRC, and end-inspiratory volume in the development of pulmonary edema following mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993;148: 1194–203.
- ³⁰ Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, et al. Lung opening and closing during ventilation of acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 181: 578–86.
- ³¹ Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving-pressure as a mediator of survival in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS). *N Engl J Med* 2015; 372: 747–55.

³² Bendixen HH , Hedley-Whyte J, Laver MB. Impaired oxygenation in surgical patients during general anesthesia with controlled ventilation. A concept of atelectasis. N Engl J Med 1963; 269: 991–96

³³ Karalapillai D, Weinberg L, Galtieri J, et al. Current ventilation practice during general anaesthesia: a prospective audit in Melbourne, Australia. BMC Anesthesiol 2014; 14: 85.

³⁴ Wanderer JP, Ehrenfeld JM, Epstein RH, et al. Temporal trends and current practice patterns for intraoperative ventilation at U.S. academic medical centers: a retrospective study. BMC Anesthesiol 2015; 15: 40.

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

Hoja 1/2

Instituto Mexicano del Seguro Social
UMAE Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” CMN La Raza
Departamento Clínico de Anestesiología

Protocolo de Investigación

“Parámetros De Protección Pulmonar Durante La Ventilación Mecánica Intraoperatoria En Una Unidad Médica De Alta Especialidad”

Paciente:				NSS:	
Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (m)	IMC kgm²	Fecha:	
				1 Electivo. 2 Urgencia.	
Diagnóstico: _____ Cirugía programada: _____					
Cirugía realizada: _____ Posición: _____					
Servicio: _____ Laparoscópica: 1.-Si 2.- No Presión programada _____					
Sexo:	Estado físico de la ASA:				
1 Masculino	1. 2. 3. 4. 5. 6. Donación				
2 Femenino	Modo de ventilación				
	1. Controlado por volumen 2. Controlado por presión 3. Controlado por presión y volumen garantizado 4. SIMV 5. Presión soporte 6. Otros _____				
Presión pico _____			Driving pressure	Compliance	
Presión plateau _____				1. Estática _____ 2. Dinámica _____	
Presión máxima _____					
PEEP 1.Si. 2.No					
PEEP programado _____					
PEEP monitoreado _____					
Auto PEEP _____					
Pausa inspiratoria (%) _____					

Frecuencia respiratoria por minuto	Fracción inspirada de oxígeno (%)	Volumen corriente _____ ml/kg _____
Pulsioximetría %	Promedio etCO₂	Peso utilizado para programar la ventilación 1.- Ideal. 2. Predicho. 3. Corregido
Comorbilidades:		Presión soporte programada
Enfermedades respiratorias previas: 1.- si. 2.- No		Tipo de anestesia: 1.- General balanceada 2.- Total intravenosa 3.- Combinada 4.- Otra
Instrumentación de vía aérea: 1.-Tubo endotraqueal 2.- Dispositivo supraglótico 3.- Traqueostomía		Tiempo de anestesia (min) _____ Tiempo de cirugía (min) _____
Persona que programó la ventilación 1.- Residente 2º 2.- Residente 3º 3.- Anestesiólogo adscrito	Tipo y modelo de ventilador	Turno: 1.- Matutino 2.- Vespertino 3. Nocturno Se cambió el modo de ventilación al cambiar de turno: 1.- Si 2.- No