



BUAP

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Medicina

Hospital General De Zona Norte De Puebla “Bicentenario De La Independencia”

**RATIO VENTILATORIO COMO MONITOREO DE ATELECTASIAS PERIOPERATORIAS EN
PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL EN HOSPITAL GENERAL DE ZONA
NORTE PUEBLA**

Tesis para obtener el Diploma de Especialidad en: Anestesiología

Presenta: Javier Iván Magaña Vázquez

Asesor Metodológico: Ma. De Jesús García Mora.

Asesor Experto: Jorge Alberto Gordillo Paniagua.

Heroica Puebla de Zaragoza, Noviembre 2023



No. Registro: HGZNP/CI/R25/2022

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis asesores de tesis, la Dra. Ma de Jesús García Mora y al Dr. Jorge Alberto Gordillo Paniagua, por haberme guiado desde el primer momento en que les presenté mi trabajo, por regalarme esas horas de su tiempo en favor de mi aprendizaje y brindarme la certeza de realizar un buen estudio.

También agradezco a mis colegas, que me mostraron el compañerismo a lo largo de estos 3 años de la residencia, que aporta un gran porcentaje a mi formación como profesional. A mis médicos adscritos y maestros, que estuvieron presentes, por darme la oportunidad de colaborar con ellos y de manejar a los pacientes, además de las enseñanzas dentro y fuera de quirófano.

Y finalmente, agradezco a mi hospital sede por permitirme el realizar las acciones necesarias para la realización de mi proyecto de investigación.

DEDICATORIA

Hago un extenuante reconocimiento y dedico de manera muy especial a mis seres más amados en este mundo, los cuales son los responsables de mi existencia; a mi mamá, quien me enseñó a tener perseverancia y jamás darme por vencido, luchar para poder ser el mejor siempre y a mi papá, dándome su apoyo incondicional, quien me guió de la mano a base de disciplina y valores necesarios para desarrollarme como una persona funcional que aporta el bien a la sociedad.

A mi abuela, porque sé, que desde el más allá, verás que lo logré y sé que estarás feliz por mí; a mis otros 3 abuelos por estar conmigo aún y cuidarme siempre y por el resto de mi familia, por apoyarme a lo largo de toda mi formación.

Por último, más no menos especial, a mi compañera incondicional de vida, por ser el pilar más fuerte, por darme apoyo en todo momento y por acompañarme en esta experiencia en la cual sembramos nuestro futuro.

¡Gracias!

INDICE

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN	7
3. ANTECEDENTES	
3.1 GENERALES	8
3.2 ESPECIFICOS	12
4. JUSTIFICACION	13
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
6. OBJETIVOS	
6.1 OBJETIVO GENERAL	13
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICO	13
7. MATERIAL Y METODOS	
7.1 DISEÑO DEL ESTUDIO	14
7.2 UBICACIÓN ESPACIO TEMPORAL	14
7.3 ESTRATEGIA DE TRABAJO	14
7.4 MUESTREO	
7.4.1 DEFINICION DE LA UNIDAD DE POBLACION	14
7.4.2 SELECCIÓN DE MUESTRA	14
7.4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS UNIDADES MUESTREO	14
7.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ESCALAS DE MEDICION	14
7.6 METODOS DE RECOLECCION DE DATOS	15
7.7 TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS	16
8. LOGISTICA	
8.1 RECURSOS HUMANOS	16
8.2 RECURSOS MATERIALES	16
8.3 RECURSOS FINANCIEROS	16
9. CONSIDERACIONES ETICAS	16
10. RESULTADOS	16
11. DISCUSION	20
12. CONCLUSIONES	22
13. ANEXOS	23
14. BIBLIOGRAFIA	25

RESUMEN

Introducción: Las atelectasias están presentes en la mayoría de los pacientes durante la anestesia general y son la principal causa de hipoxemia.

Los factores de riesgo corresponden a la predisposición del paciente mismo, relacionados con el manejo anestésico y en tercer lugar pero no menos importante a la cirugía misma. El estándar de oro en su diagnóstico es la tomografía axial computarizada, sin embargo se pueden usar algunas otras herramientas como la telerradiografía de tórax o USG pulmonar. El tratamiento inmediato se basa en reclutamiento alveolar

El ratio ventilatorio es una herramienta que nos evidencia ineficiencia ventilatoria cuando se obtienen valores por encima de 2, sin embargo una alteración por encima de la basal, sugiere deterioro ventilatorio leve.

Métodos: Se realizó un estudio observacional, prospectivo, longitudinal, donde se asoció la relación del ratio ventilatorio con el monitoreo de atelectasias perioperatorias, con la alteración del mismo en límites superiores en el ratio pre-extubación, comparado con el ratio pre-intubación. Probando el papel que juega el ratio ventilatorio como herramienta para dicho objetivo y predictor de resultados.

Resultados: Se analizaron 100 pacientes con 2 gasometrías (pre-intubación y pre-extubación), calculando ratio ventilatorio en cada una de ellas y obteniendo odds ratio (92.765) determinante como factor de riesgo para desarrollo de atelectasia cuando este se veía alterado en la gasometría pre-extubación y como factor protector al CO₂, odds ratio (0.206), en valores normales en gasometría pre-intubación.

Conclusiones: El ratio ventilatorio pre-extubación aumentado (reflejando ineficiencia ventilatoria), se asocia con un aumento de la probabilidad de atelectasia, asimismo el obtener normocapnia previa a la extubación es un factor protector para el desarrollo de las atelectasias perioperatorias.

Palabras clave: Atelectasia, ratio ventilatorio, perioperatorio, anestesia general.

ABSTRACT

Introduction: Atelectasis is present in most patients during general anesthesia and is the main cause of hypoxemia. The risk factors correspond to the predisposition of the patient himself, related to the anesthetic management and thirdly but not least to the surgery itself. The gold standard in its diagnosis is computed axial tomography, however some other tools can be used such as chest teleradiography or pulmonary USG. Immediate treatment is based on alveolar recruitment

The ventilatory ratio is a tool that shows ventilatory inefficiency when values above 2 are obtained, however an alteration above the baseline suggests mild ventilatory deterioration.

Methods: An observational, prospective, longitudinal study was carried out, where the relationship of the ventilatory ratio with the monitoring of perioperative atelectasis was associated, with its alteration in upper limits in the pre-extubation ratio, compared to the pre-intubation ratio. Testing the role that the ventilatory ratio plays as a tool for said objective and predictor of results.

Results: 100 patients with 2 artery blood gases (pre-intubation and pre-extubation) were analyzed, calculating the ventilatory ratio in each of them and obtaining odds ratio (92,765), a determining factor as a risk factor for the development of atelectasis when this was altered in the pre-extubation blood gas analysis and as a protective factor against CO₂, odds ratio (0.206), in normal values in pre-intubation blood gas analysis.

Conclusions: The increased pre-extubation ventilatory ratio (reflecting ventilatory inefficiency) is associated with an increased probability of atelectasis, and obtaining normocapnia prior to extubation is a protective factor for the development of perioperative atelectasis.

Keywords: Atelectasis, ventilatory ratio, perioperative, general anesthesia.

INTRODUCCION

Las atelectasias están presentes en la mayoría de los pacientes durante la anestesia general y son la principal causa de hipoxemia.

En los últimos años, hemos sido testigos de los avances en el campo del manejo anestésico del paciente, individualizando técnicas acorde a cirugía a realizar, factores de riesgo implicados en valoración preanestésica, recursos necesarios para desarrollar la técnica que se vaya a implementar, etcétera. La anestesia general, en todas sus modalidades, es una de ellas, la cual ha evolucionado a lo largo del tiempo.

Sin embargo, aún se tiene evidencia de las complicaciones perioperatorias y postoperatorias de este manejo anestésico, haciendo énfasis en una de las más comunes, que son las atelectasias. Esta situación se produce en todos los niveles hospitalarios y alrededor de todo el mundo, incluso en los países desarrollados y en centros donde se tiene acceso a la tecnología necesaria, en cualquier tipo de pacientes, acentuando y aumentando el riesgo acorde a factores de riesgo establecidos. Además de mecanismos de diagnóstico para dicha complicación que varían depende del nivel hospitalario en el cual nos encontremos, sobre todo el alcance y disponibilidad de los estudios de imagenología.

Atelectasia deriva de las palabras griegas *atelez*, que significa "imperfecto" y *ektasiz*, que significa "expansión".

Con este estudio se pretende hacer hincapié en las causas, el diagnóstico y en las diferentes estrategias para reducir o evitar la formación de atelectasias

El mecanismo por el cual ocurre la atelectasia se debe a uno de tres procesos: Compresión del tejido pulmonar, absorción de aire alveolar (gas), o alteración de la producción y/o función del surfactante pulmonar.

La forma en que ocurre el colapso pulmonar, es más acentuada con algunos factores de riesgo predisponentes, como lo son: el uso de oxígeno al 100% durante la inducción, en obesos mórbidos, en cirugía laparoscópica, torácica y abdominal alta, entre otros, teniendo en cuenta que existen factores de riesgo relacionados con el paciente, relacionados con la técnica anestésica y propios de la cirugía.

Revisando la literatura se describen diferentes técnicas que son usadas para prevenir las atelectasias o reabrir el tejido pulmonar colapsado; por ejemplo el uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP), el uso de volumen corriente supramaximo o presión alta en la vía aérea.

Dichas estrategias conocidas como estrategias de reclutamiento alveolar podrían reducir o evitar la aparición de atelectasias y así disminuir las complicaciones pulmonares postoperatorias.

Para monitorear el progreso de los pacientes en ventilación con presión positiva, se utilizan tradicionalmente las medidas de oxigenación. La eliminación de CO₂ depende de su producción y de la ventilación alveolar, que en conjunto determinan la PaCO₂. La ventilación alveolar es la parte eficiente de la ventilación por minuto. En el entorno clínico, los problemas con la eliminación de CO₂ se observan como un aumento de la PaCO₂, un aumento de la ventilación por minuto o ambos. En las pruebas convencionales de la función respiratoria, las mediciones reales se comparan con frecuencia con las mediciones previstas. Sin embargo, este enfoque rara vez se ha aplicado a la medición de la eficiencia ventilatoria, por lo cual el ratio ventilatorio es una excelente herramienta para corroborar dichas medidas.

ANTECEDENTES.

- **Generales**

Definición

Etimológicamente atelectasia tiene sus raíces de las palabras griegas *atelez*, que significa "imperfecto" y *ektasis*, que significa "expansión". Per se, se refiere a la expansión incompleta de los alvéolos y los bronquiolos terminales. [1].

Habitualmente se habla de que las atelectasias durante la anestesia general con ventilación mecánica, son una complicación irremediablemente esperada, incluso con pacientes con función pulmonar normal, esto lo demostró Bendixen et al, en 1963. [1]. G. Martínez y P. Cruz observaron en su revisión, que hasta el 90% de los pacientes sometidos a dichos procedimientos, presentaban la complicación, además de que los cambios eran reversibles con hiperinsuflación pulmonar [5].

Brismar et al, demostró mediante tomografía computarizada en 1985, que a los 5 minutos de haber iniciado la inducción anestésica, se observaban imágenes hiperdensas pulmonares, en pacientes previamente sanos. [1,5].

Hedenstierna obtuvo biopsias pulmonares en 1989, de las áreas que correspondían las imágenes hiperdensas localizadas en la tomografía computada y mediante estudios histopatológicos confirmó que se trataba de atelectasias. [5].

Datos epidemiológicos

Hedenstierna G. encontró que de un 2–4% de las cirugías electivas torácicas o abdominales presentan complicaciones pulmonares postoperatorias incrementándose al 20% en la cirugía de carácter urgente. "Las atelectasias perioperatorias generalmente, carecen de relevancia, ya que no dejan rastro ni secuelas en su gran mayoría posterior a 24 horas de la cirugía" como lo menciona Pablo Rama Maceiras en su estudio de 2009. [6].

G. Martinez, P. Cruz, consideraron actualmente a las atelectasias como la principal causa de hipoxemia durante el perioperatorio apareciendo en los primeros minutos de iniciada la inducción anestésica, de hecho, dicha técnica potencia su formación. Masoud Tarbiat, et al en su reporte de caso confirmaron que esta complicación aumenta la estancia hospitalaria, mayor incidencia de neumonía y presenta activación de la cascada de la inflamación. [5, 22]. En su gran mayoría se forman en las zonas de declive observándose en tomografía cuando el paciente pasa desde el decúbito supino al lateral, las densidades persistían en la región dorsal del pulmón declive. [6]. Afectan hasta a un 5-6% del pulmón aumentando hasta en un 50% en determinadas cirugías. [5].

Shailendra K. Patel, et al, demostraron en su estudio que aun sin patología pulmonar de base ó complicaciones transoperatorias , la anestesia general puede resultar en el colapso del 10% -15% del tejido pulmonar. [7], ya que durante dicho procedimiento, la ventilación predomina en las regiones pulmonares ventrales respecto a las dorsales. [6].

Datos fisiopatológicos y clasificación

Grott K, et al, acorde a su publicación "Atelectasis" (2023), especifican tres procesos primarios que funcionan como mecanismos desencadenantes de atelectasia: Compresión del tejido pulmonar, (*Atelectasia compresiva*), absorción de aire alveolar, (*Atelectasia de reabsorción*) o alteración de la producción y/o función del surfactante pulmonar. [2].

Compresión:

Como resultado a consecuencia de las fuerzas ejercidas en el alveolo que aumentan la presión pleural y sobrepasan la presión transpulmonar que lo mantiene abierto. [2,6].

Congli Zeng, et al (2022), reportan en su investigación que "de manera normal en paciente con ventilación espontánea, la excursión caudal del diafragma durante la contracción muscular provoca una disminución de la presión intrapleural y la presión alveolar". Como resultado, se permite el movimiento pasivo de aire hacia los pulmones. Dicho mecanismo es inhibido por la anestesia general debido a la relajación diafragmática. Además, pacientes en decúbito supino tienen un desplazamiento cefálico del diafragma, lo que reduce aún más el gradiente de presión transmural y aumenta la probabilidad de atelectasia. [1, 2, 6].

Reabsorción:

Grott K, et al, (2023) en su estudio se describe que cuando el aire alveolar se absorbe distal a una lesión obstructiva a consecuencia de una oclusión completa de la vía aérea pequeña, deja un porcentaje (en forma de bolsa), de gas distal atrapado, inminentemente colapsa debido a que sangre venosa mixta que pasa por los capilares pulmonares sigue captando oxígeno por gradiente de difusión. Pablo Rama-Maceiras (2009) en su reporte, coincide en que la obstrucción “inhibe parcial o completamente la ventilación del área. Se mantiene la perfusión del área” sin embargo, continúa la absorción de gas en la sangre, dando como resultado la formación de atelectasia. [2,6].

Alteración del surfactante pulmonar:

Congli Zeng, et al, (2022), detallan en su investigación que es una mezcla de fosfolípidos en su mayoría, además de proteínas hidrófobas específicas de bajo peso molecular, de características tensoactivas, actuando en la reducción de la tensión superficial del alveolo y funge como estabilizador. De manera paralela también Pablo Rama-Maceiras (2009), recalca en su publicación que al formarse una atelectasia por zonas mal aireadas, se reduce la producción del surfactante, debido a lesión pulmonar inflamatoria resultante de la endotoxemia mediada por neutrófilos, conduce a una disminución de la producción de fosfolípidos del surfactante, aumento de la renovación del surfactante, disminución de la mielina tubular y expresión alterada del gen de la proteína A del surfactante, lo que facilita el colapso y aunque ese alveolo se reabra, será más inestable, consecuentemente se produce la desactivación del agente tensoactivo por compresión de la película que reviste las paredes alveolares y la eliminación de esta. [1,6].

Partiendo desde que la reserva y el recambio de surfactante son aproximadamente de 14 horas, involucrarlo en la génesis perioperatoria de las atelectasias no resulta relevante en pacientes con pulmón sano. Teniendo en cuenta que la absorción del gas atrapado y la compresión son los dos mecanismos fundamentales de producción de atelectasias durante el período perioperatorio. [5,6].

Las atelectasias perioperatorias tienen factores de riesgo, en los cuales se evidencia la susceptibilidad de los pacientes a desarrollar dichas complicaciones:

❖ Relacionados con el paciente:

Henrik Reinius, et al (2019), concluyeron que “IMC >25kg/m², con más acentuación en los obesos mórbidos, altera la mecánica ventilatoria, conllevando a mayor riesgo de hipoxemia”, se ha demostrado que la cantidad de atelectasias es proporcional al peso corporal [14], Komal Ray, et al (2014), encontraron en su investigación la relación con la oclusión de la vía aérea pequeña dependiente de la edad, inflamación pulmonar aguda, edema agudo pulmonar no inflamatorio, disfunción diafragmática y de los músculos respiratorios, hipertensión abdominal, congestión bronquial, aspiración crónica. [3,8]

❖ Relacionados con la anestesia:

Park M, et al, (2021), comenta en su estudio que alta fracción inspirada de oxígeno (FiO₂), es un factor latente. Por lo contrario la disminución de la FiO₂ durante la anestesia y recuperación, no causa eventos hipoxicos, sino que al contrario, reduce la atelectasia postoperatoria inmediata, por se “FiO₂ intraoperatorio 35% y FiO₂ durante inducción y recuperación 70%”. [9].

David Lagier, et al (2022), adjuntaron “la disfunción diafragmática, volumen tidal bajo (sin PEEP), reversión inapropiada del bloqueo neuromuscular, depresión respiratoria postoperatoria debido a opioides y sedantes, sobrecarga hídrica, lesión pulmonar relacionada con transfusión” [3,8].

Masoud Tarbiat , et al (2020), en su reporte mencionan “la intubación endobronquial involuntaria, teniendo un rango de 5%-28% de los intentos de intubación traqueal” [22].

❖ Relacionados con la cirugía

David Lagier, et al (2022), encontraron alteraciones en relación con la posición corporal: “Supino [reducción de la capacidad residual funcional en 27%], neumoperitoneo [cefalización diafragmática, reducción de volumen pulmonar espiratorio final, 35% en los no obesos y 15% en los obesos], ventilación unipulmonar, bypass cardiopulmonar, duración de la cirugía” [8].

Patel SK, Bansal, et al (2022), por otro lado mencionan en su estudio que “la aplicación de neumoperitoneo va a tener como resultado una reducción de la distensibilidad pulmonar debido al desplazamiento cefálico del diafragma generando alteraciones del volumen pulmonar intraoperatorio, lo que puede contribuir al establecimiento de atelectasias” [7,8].

Claro está, existen efectos fisiopatológicos de la atelectasia:

Globales: Congli Zeng, et al (2022), explican en su estudio que a grandes rasgos principalmente relacionados con la mecánica ventilatoria y los volúmenes pulmonares. La posición supina reduce la capacidad residual funcional exacerbándose aún más por la anestesia general y el bloqueo neuromuscular. [1,3].

Intercambio de gases: Congli Zeng, et al (2022), afirman que “de manera inicial podemos observar a la hipoxemia como el efecto clínicamente más evidente de la atelectasia pulmonar”. Los mecanismos son cocientes ventilación perfusión bajos y shunt intrapulmonar de derecha a izquierda. [1,3].

Vasoconstricción pulmonar hipóxica: Congli Zeng, et al (2022), explican que se trata de un mecanismo reflejo de constricción, haciendo énfasis en las arterias pulmonares distales y vénulas participando en respuesta a la hipoxia. La detección de O₂ se realiza a nivel alveolocapilar, (mitocondria capta hipoxia) y las células endoteliales se despolarizan, transmitiendo la señal a las arteriolas y de ahí al musculo liso (vasoconstricción). Se iguala la perfusión con la ventilación para mantener oxigenación optima mediante la migración de flujo arterial, provocando vasoconstricción en el área afectada mandándolo a las áreas donde hay adecuada perfusión alveolar. [1].

Respuesta inflamatoria: Congli Zeng, et al (2022) y Komal Ray, et al, (2014) coinciden en que la respuesta inflamatoria tiene parte en el proceso fisiopatológico de las atelectasias, incluye la presencia de citocinas proinflamatorias (IL-1, IL-6, IL-8 y TNF) relacionadas directamente con la duración de las atelectasias y lesión pulmonar, células inmunitarias como los neutrófilos, (atraídas por agentes quimiotácticos potentes) contribuyendo a infiltración celular y daño tisular alveolar. [1,3].

Disfunción del tensoactivo: Congli Zeng, et al (2022) además de Komal Ray, et al, (2014) explican que se trata de un compuesto por un complejo lipoproteico obtenido a partir de los neumocitos tipo II que revisten la capa interna alveolar cuya función radica en reducir la tensión superficial manteniendo estabilidad alveolar (la comprensión por encima del 50% del tensoactivo de su área, produce ruptura de la película encargada de la re expansión y perdida de función como resultado). [1,3,4].

Diagnostico

Tanto en los estudios de Pablo Rama-Maceiras (2009) y David Lagier, et al, (2022), el abordaje diagnostico radica en mediciones fisiológicas relacionadas con la mecánica ventilatoria y el intercambio gaseoso, debido instauración rápida, sospechando al tener datos clínicos de hipoxemia temprana, disminución de compliance o aumento de resistencias pulmonares. Para realizar un diagnóstico morfológico y preciso es indispensable cuantificar tejido pulmonar colapsado mediante técnicas de imagen. [6,8].

Komal Ray, et al, (2014), menciona en su investigación que el método inicial y simple se basa en radiografía de tórax “con signos directos basados en la perdida de volumen pulmonar y lóbulos colapsados ó signos indirectos relacionados con la respuesta compensatoria debido a la perdida de volumen pulmonar” [3]. Masoud Tarbiat, et al, (2020), explica que eventualmente y cuando se tiene el recurso, “la radiografía de tórax portátil se puede utilizar en unidad de recuperación post anestésica al ser un método rápido y simple” [22].

Yongsheng Zhao (2021), reporta en su meta análisis que el ultrasonido es util (basándose en la aparición de más de 2 líneas B, para demostrar alteración en la ventilación) [10], David Lagier, et al (2022), expresó el “tener zonas pulmonares con desaeración permite que aumente la ecogenicidad del parénquima pulmonar”. Hasta los más complejos y novedosos como la tomografía de

impedancia eléctrica [8]. La tomografía computarizada es el estándar de oro para diagnosticar atelectasias así como cuantificación directa del colapso alveolar. [3, 8, 9].

Tratamiento

David Lagier, et al (2022) afirmó en su estudio que para su tratamiento, basado en la evidencia, múltiples abordajes terapéuticos han sido propuestos, sin embargo, han ido cambiando a lo largo de los años. Es imperativo tener un manejo integral, “realizando acciones desde preoperatorio (identificando y modificando factores de riesgo) mediante la valoración preanestésica y adoptando manejos tales como la fisioterapia respiratoria preoperatoria (1 sola sesión, 30 minutos)” en pacientes que requieran, esto habla de un correcto plan de tratamiento y abordaje ya que se puede evitar complicaciones graves e incluso minimizar las atelectasias, sin repercusión clínica [8].

Yongsheng Zhao (2021), sugiere que en periodo transoperatorio, se han analizado varias intervenciones, las cuales han resultado de manera eficaz en la protección pulmonar y tratamiento de las atelectasias (PEEP continua, ventilación soporte de presión no invasiva, regulación de la fracción inspirada de oxígeno, maniobras de reclutamiento alveolar). [8, 10].

Karen B. Domino (2019), agregó que “el uso de FiO₂ altas en dichos pacientes con un adecuado manejo de PEEP no aumenta significativamente las atelectasias” [12].

Una vez en periodo postoperatorio se da prioridad a medidas de higiene de la vía aérea, por ejemplo el correcto aspirado de secreciones y presión positiva pre extubación. Además, David Lagier et al (2022), demostraron en su estudio que “el uso de CPAP y la ventilación no invasiva mejora el intercambio gaseoso y aumentan la presión en la apertura de las vías respiratorias” [8].

Ratio ventilatorio

Athanasia Proklou, et al (2021), explican que el ratio ventilatorio, es una herramienta de medición que se rige por la medición en la producción de dióxido de carbono y la eficiencia ventilatoria de manera sinérgica. [16, 17].

Mediante la fórmula: [18].

$(\text{Volumen minuto medido}) (\text{PaCO}_2 \text{ medido}) / (\text{Volumen minuto ideal}) (\text{PaCO}_2 \text{ ideal})$

- **PaCO₂ ideal= 37.5 mmHg. (5kPa)**
- **Volumen minuto ideal= Peso predicho X 100**
- **Peso predicho = *Hombres: 50 + 0.91 [Altura en cm – 152.4].
*Mujeres: 45.5 + 0.91 [Altura en cm – 152.4].**

Athanasia Proklou, et al (2021), refieren en su investigación que “se predicen valores menores a 1 para individuos normales y un valor mayor a 2 nos daría como sugerencia una pobre eficiencia ventilatoria, una mayor producción o retención de CO₂ o ambos”, además de que se asocia con una mayor duración del destete ventilatorio. [16, 20]. Pratik Sinha, et al (2018), mencionan en su estudio que un valor elevado de ratio ventilatorio representa el aumento del espacio muerto, aumento en la producción de CO₂ o ambos. [19].

Pratik Sinha, et al (2013), afirman que “es un índice simple que puede ser tomado de manera rápida y nos permite un reconocimiento de la ventilación deteriorada de manera temprana” [18]. Antoni Torres (2021), en su estudio resalta que su interpretación resulta compleja, “actualmente se puede considerar como un marcador sustituto del espacio muerto fisiológico” [20].

Por ende Luis Morales-Quinteros (2019), en su estudio, comenta que en pocas palabras, “es un índice indirecto que mide la ventilación deteriorada además de la eficiencia ventilatoria y se asocia a una mortalidad cuando se encuentra alterado” [21].

- **Específicos.**

Patel SK, Bansal, et al (2022), en su estudio observacional comentan que “una vez desarrollada, la atelectasia puede persistir durante varios días en el período posoperatorio”, puede ser un foco de infección y otras complicaciones pulmonares. [7].

Erland Östberg, et al (2018), utilizó un estudio controlado aleatorizado y ciego para el evaluador en el cual se vio que durante la cirugía no abdominal “el uso de presión positiva al final de la espiración adecuada es suficiente para que las atelectasias se minimicen en pacientes sin patología pulmonar omitiendo las maniobras de reclutamiento” [11].

Heejoon Jeong, et al (2021), en su ensayo aleatorio, controlado, doble ciego demostraron en su investigación que al momento de progresar para extubar que “el uso de ventilación mecánica con presión soporte tuvo menor incidencia de atelectasias comparado con la ventilación espontánea” [13].

Martin JB, et al (2015), en su estudio de lista de verificación de evaluación crítica del JBI para ensayos aleatorios de control/pseudoaleatorizados, recopilaron evidencia de que al “disminuir la FiO₂ a parámetros de protección pulmonar (<60%) en combinación con maniobras de reclutamiento a (+40 cmH₂O) durante 15 segundos + PEEP a (+10 cmH₂O) estadísticamente tuvo impacto positivo en la disminución de atelectasia” [15].

Singh B, et al. (2020), en su estudio comparativo, prospectivo, monocéntrico, intervencionista, divide en 3 grupos a pacientes: (grupo 1 manejado con PEEP cero, grupo 2 manejado con PEEP 6 cmH₂O y grupo 3 manejado con reclutamiento alveolar intraoperatorio) monitoreando a los pacientes mediante el cálculo de la relación PaO₂/FiO₂, teniendo como resultado una disminución significativa de dicha relación en el grupo 1 de pacientes. Concluyendo que el uso de PEEP tanto de maniobras de reclutamiento tienen evidencia de ser un adecuado manejo [23].

Fernández-Bustamante A, et al, (2017), en su estudio observacional, prospectivo, multicéntrico, observaron 2 principales complicaciones pulmonares postoperatorias (la necesidad de oxigenoterapia prolongada 19.6% y las atelectasias 17.1%) a pesar del manejo ventilatorio de protección pulmonar. Dichas complicaciones se asociaron con mortalidad temprana, ingreso a UCI y duración de estancia hospitalaria [24].

Odor PM, et al, (2020), mediante un estudio de revisión sistemática y meta-análisis de ensayos controlados aleatorizados obtuvieron como resultado que las intervenciones con más evidencia para limitar las complicaciones postoperatorias pulmonares hasta en un 25% son la fisioterapia pulmonar profiláctica, analgesia epidural, vías de recuperación mejoradas y terapias hemodinámicas dirigidas a objetivos [25].

Athanasia Proklou, et al (2021), en su análisis retrospectivo, se incluyeron pacientes con ventilación mecánica de al menos 24 horas, los cuales tuvieron un destete ventilatorio adecuado y se lograron extubar, a los cuales se observó que un ratio ventilatorio >2 al momento del inicio de la ventilación mecánica tuvieron una media del retiro de la ventilación de 3 días, en comparación con el grupo que tuvo ratio <2, en los cuales la duración de 0.5 días [19].

Pratik Sinha, et al, (2013), observaron en su análisis de estudios 2 diferentes grupos, a los cuales en el primero se monitorizaron mediante capnografía volumétrica y calculando ratio ventilatorio mediante valores gasométricos, al segundo grupo solamente se le calculó ratio sin monitoreo de CO₂ con el fin de compararlo con el espacio muerto, a lo cual resultó que dicha medición es útil al momento de querer cuantificarlo, además de que no hubo gran diferencia entre los dos grupos al momento de los resultados del ratio ventilatorio [18].

JUSTIFICACIÓN

La evidencia científica nos marca que aproximadamente el 90% de los pacientes sometidos a anestesia general manejados con ventilación mecánica, desarrollan atelectasias en el periodo perioperatorio. A lo largo del tiempo se ha visto que la gran mayoría de los manejos ventilatorios están dirigidos a una adecuada oxigenación en primer plano, cuando el monitoreo del CO₂ es igual de importante para guiar la adecuada ventilación.

Cuando existe un problema clínico con la eliminación de CO₂ la respuesta refleja inmediata es la elevación de la PaCO₂, un requerimiento de aumento de la ventilación minuto o una combinación de ambos, esto combinado con el manejo de anestesia general nos genera el riesgo latente de desarrollar atelectasia, viéndose incluso afectados los pacientes en el periodo postoperatorio con mayor duración de estancia hospitalaria por ejemplo. De aquí entonces, la utilidad del uso de una herramienta simple y fácil de medir como lo es el ratio ventilatorio, con el fin de dar un preámbulo de complicaciones ventilatorias tempranas y asimismo tomar las acciones necesarias para evitarlas y ofrecer un manejo óptimo a los pacientes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las atelectasias perioperatorias forman la complicación ventilatoria más común e inmediata en pacientes sometidos a anestesia general, las cuales se pueden minimizar en su mayoría con un adecuado manejo ventilatorio y con un monitoreo simple por medición de gases. Es una práctica habitual no realizar dichas pruebas diagnósticas de monitoreo durante el periodo transanestésico, por lo cual se minimiza el tratamiento intraoperatorio para mejorar la mecánica ventilatoria. En contexto, ¿Es de utilidad usar el ratio ventilatorio como monitoreo de atelectasias perioperatorias?

OBJETIVOS.

Objetivo general.

- ◆ Evaluar la relación de ratio ventilatorio para la detección de atelectasias en pacientes sometidos a ventilación mecánica en anestesia general.

Objetivos específicos.

- ❖ Conocer el porcentaje de pacientes que tuvieron alteraciones ventilatorias compatibles con probable atelectasia acorde a ratio ventilatorio.
- ❖ Conocer la eficiencia ventilatoria de la ventilación mecánica a la que sometemos de manera convencional a los pacientes de anestesia general.
- ❖ Explicar las maniobras en el manejo transanestésico ventilatorio, para disminuir incidencia de atelectasias.
- ❖ Conocer el porcentaje de pacientes que tuvieron alteraciones en PaCO₂ compatibles con probable atelectasia acorde a ratio ventilatorio.
- ❖ Analizar la relación de la PaCO₂ como predisponente y su relación con las atelectasias.

MATERIAL Y MÉTODOS

Después de obtener las aprobaciones del comité de ética institucional, este estudio observacional se llevó a cabo en el área de quirófano del Hospital General de Zona Norte de Puebla. El estudio inscribió a pacientes con estado físico grado I-II de la Sociedad Americana de Anestesiólogos (ASA) de ambos sexos que se sometieron a cirugías electivas bajo anestesia general y cumplieron con los criterios de inclusión del estudio. El estudio se llevó a cabo entre Mayo de 2022 y Marzo de 2023.

Los pacientes que se inscribieron en el estudio fueron informados del procedimiento y se les dio su consentimiento informado por escrito.

Se manejó a todos los pacientes ventilación mecánica en modo CMV con parámetros de protección pulmonar establecidos: Volumen tidal: 6-8 ml/kg (peso ideal), presión límite de 35 cmH₂O, relación inspiración espiración 1:2, FR: 12-14 PEEP: 5 cmH₂O, FiO₂ (Inducción y recuperación: 70%, transanestésico 40-60%)

DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio observacional, descriptivo, prospectivo, longitudinal.

UBICACIÓN ESPACIO – TEMPORAL

- Área de quirófano del Hospital General de Zona Norte de Puebla “Bicentenario de la Independencia” en el periodo Abril 2022- Marzo 2023.

ESTRATEGIA DE TRABAJO

- Serán seleccionados los pacientes sometidos a cirugía, manejados con anestesia general balanceada.

MUESTREO

- **Definición de la unidad de población**
Serán seleccionados por muestreo no probabilístico, por conveniencia.
- **Selección de muestra**
Determinación por Z crítica de población riesgo.
- **Criterios de selección de las unidades de muestreo**
 - **Criterios de inclusión**
 - Pacientes sometidos a anestesia general balanceada durante acto quirúrgico.
 - Pacientes sometidos a anestesia general balanceada en los cuales hubo manejo avanzado de la vía aérea con tubo endotraqueal.
 - Pacientes sometidos a ventilación mecánica durante transanestésico.
 - **Criterios de exclusión**
 - Pacientes los cuales cuenten con patología pulmonar previa diagnosticada.
 - Pacientes con factores de riesgo para neumopatías crónicas.
 - Pacientes con exposición crónica a biomasa.
 - Pacientes con IMC $>40 \text{ kg/m}^2$
 - Pacientes obstétricas.
 - Pacientes aquellos con signos activos de enfermedad arterial coronaria.
 - Pacientes ASA III-VI
 - **Criterios de eliminación**
 - Pacientes que fallecieron durante acto quirúrgico.
 - Pacientes que al momento de colocar catéter venoso central hubo neumotórax.
 - Pacientes con manejo de anestesia combinada (regional y general), anestesia general endovenosa.
- **Diseño y tipo de muestreo**
 - Muestreo no probabilístico.
- **Tamaño de la muestra**
 - Selección por conveniencia

DEFINICION DE VARIABLES Y ESCALAS DE MEDICION

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	UNIDADES DE MEDIDA
Ratio ventilatorio	Herramienta utilizada para medir la eficiencia ventilatoria	Índice que se identifica la ventilación deteriorada, estimando de manera indirecta el	Cuantitativa	Continua	0-2

		espacio muerto, medido rutinariamente mediante el PaCO ₂ total en gasometría arterial, multiplicándolo por el Volumen minuto medido, dividiéndolo entre la multiplicación del volumen minuto ideal por el PaCO ₂ ideal.			
PaCO ₂	Mide la presión del dióxido de carbono que se disuelve en sangre.	Expresa la eficacia de la ventilación alveolar, dada la gran capacidad de difusión de este gas. Es un buen indicador de la función respiratoria y refleja la cantidad de ácido en la sangre.	Cuantitativa	Continua	Valores gasométricos médicos. Normal: 35-45 mmHg.
Probable atelectasia	Expansión incompleta de los alvéolos y los bronquiolos terminales	Colapso de las paredes alveolares, ocasionado por compresión (por presiones ejercidas sobre el alveolo), reabsorción (por absorción en posterior a lesiones distales) o alteraciones en surfactante pulmonar (desequilibrio en su producción o barrido). Categorizadas en obstructivas y no obstructivas.	Cualitativa	Nominal	-Presente. -Ausente.

METODOS DE RECOLECCION DE DATOS

El servicio de anestesiología del Hospital General de Zona Norte de Puebla cuenta con una programación diaria de procedimientos quirúrgicos, los cuales previamente se les realiza valoración preanestésica en consulta externa o en hospitalización.

Dicho registro contiene datos generales del paciente (nombre, edad), diagnóstico, procedimiento a realizar, establecidos por médicos tratante. Mediante muestreo por conveniencia y acorde a los criterios de inclusión, exclusión y eliminación se seleccionaron pacientes candidatos para dicho estudio.

Una vez aplicados los criterios de selección, se recolectó la información de acuerdo a las variables de estudio y se registró tanto en Excel, como en SPSS v.25 (Statistical Package for the Social Sciences versión 25), para el posterior análisis estadístico.

TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS

1. La investigación se llevó a cabo a través de la toma de gasometría arterial en los pacientes sometidos a anestesia general balanceada en área de quirófano del Hospital General de Zona Norte.
2. Se tomó gasometría arterial en 2 ocasiones, (previa a intubación endotraqueal y previa a la extubación), realizando el cálculo del ratio ventilatorio.
3. La información recopilada se registró en una base de datos en el programa Excel de Office y posteriormente se codificó en el programa de estadística SPSS v.25.
4. Finalmente se realizó el análisis estadístico.

LOGISTICA

Recursos humanos.

Apoyo de los médicos adscritos y médicos residentes del servicio de anestesiología para el registro de información correcta, completa y verídica.

Residente responsable: Javier Iván Magaña Vázquez.

Recursos materiales.

Base de datos proporcionada por el servicio de anestesiología.

Computadora con programas básicos (Office, Adobe Acrobat Reader).

IBM SPSS Statistics 25.

Impresora.

Memoria USB.

Internet.

Bolígrafos.

Jeringas para gasometría. (Debiendo tomarse gasometría arterial en sala de quirófano y ser procesada en laboratorio del Hospital General de Zona Norte de Puebla).

Recursos financieros.

Los gastos generados a lo largo de la investigación fueron propios del autor de la tesis, salvo los insumos materiales hospitalarios como lo son las jeringas para gasometrías y el proceso de las mismas.

CONSIERACIONES ETICAS

La investigación se realizó con base al Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación, conforme al artículo 17, el cual clasifica a la investigación como sin riesgo, riesgo mínimo y riesgo mayor. A este estudio se le clasificó con "riesgo mínimo" acorde al tipo de procedimientos invasivos generados en el paciente.

Por ende al ser una investigación de este tipo se requirió de consentimiento informado firmado por el paciente, previamente habiendo explicado los riesgos y beneficios de dichos procedimientos.

RESULTADOS

En el análisis de los datos fue de estadística descriptiva a razón de momios (Odds Ratio), además de cuantificación de frecuencias.

A continuación, se muestran los resultados de una población de 100 pacientes incluidos en el estudio a los cuales se les realizaron toma de 2 gasometrías arteriales (una previa a la intubación y otra previa a la extubación):

Tabla 1. Tabla cruzada ratio ventilatorio versus probable atelectasia

Ratio Ventilatorio	Ratio	Pre-	Recuento	Probable atelectasia		Total
				Presente	Ausente	
	extubación			83	17	100
			% dentro de Pb. Atelectasia	94.3%	15.2%	50.0%
	Ratio Pre-intubación			5	95	100
			% dentro de Pb. Atelectasia	5.7%	84.8%	50.0%
Total			Recuento	88	112	200
			% dentro de Pb. Atelectasia	100.0%	100.0%	100.0%

De un total de 200 gasometrías, (100 pre-intubación y 100 pre-extubación).

El ratio ventilatorio pre-intubación nos muestra resultados compatibles con alteración probable para desarrollar atelectasia en 5.7%, mientras que un 84.8% de los pacientes no cuentan con alteraciones.

El ratio ventilatorio pre-extubación por lo contrario, nos muestra resultados compatibles con alteración ventilatoria probable para atelectasia en un 94.3%, mientras que un 15.2% permanece sin alteraciones ventilatorias.

Teniendo un total de 88 muestras con rangos de probable atelectasia y 112 muestras con rangos de riesgo ausente acorde a ratio ventilatorio.

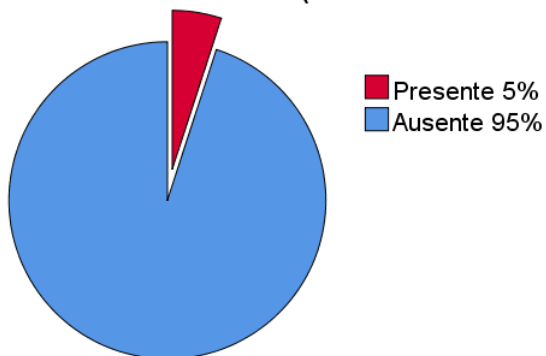
Tabla 2. Estimación de riesgo de ratio ventilatorio para probable atelectasia.

	Estimación de riesgo		
	Valor	Intervalo de confianza de 95 %	
		Inferior	Superior
Razón de ventajas para Ratio Ventilatorio (Ratio Pre extubacion / Ratio Pre-intubacion)	92.765	32.798	262.373

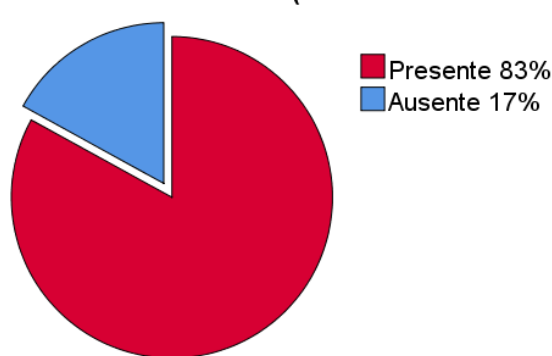
El valor de Odds Ratio dio como resultado 92.765, el cual correlacionando con el intervalo de confianza entre el límite inferior (32.798) y superior (262.373), se distingue que se encuentran los dos dentro del factor de riesgo. Por lo cual, los pacientes que presentan alteraciones en el ratio ventilatorio pre-extubación, tienen 92.765 veces más riesgo de padecer atelectasias después de un manejo con anestesia general y ventilación mecánica.

Grafico 1. Frecuencia de alteraciones en ratio ventilatorio. (Porcentaje)

PROBABLE ATELECTASIA (RATIO PRE-INTUBACION)



PROBABLE ATELECTASIA (RATIO PRE-EXTUBACION)



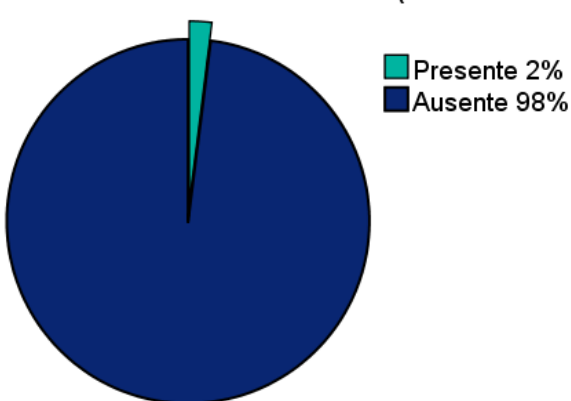
Acorde a las frecuencias en base a los pacientes (100), se obtuvieron las siguientes graficas:

En el grafico 1, la frecuencia de individuos con alteraciones en el ratio ventilatorio compatibles con la probabilidad de atelectasia se agrupan en resultados de ratio pre-intubación (ausente: 95% y presente: 5%), mientras que en ratio pre-extubación (ausente: 17% y presente: 83%).

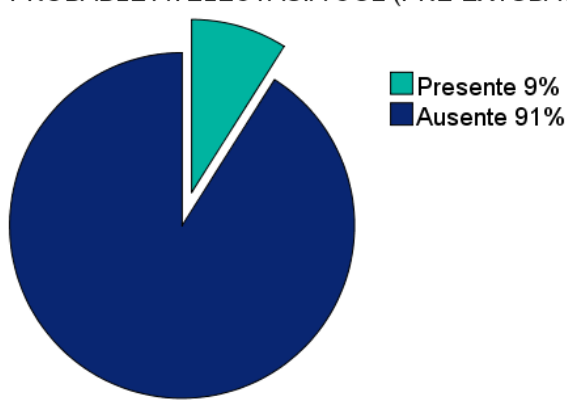
La eficiencia ventilatoria se ve alterada en la comparación del ratio pre intubación y el ratio pre extubación, sin embargo ningún paciente tuvo alteraciones clínicas significativas debido al uso de maniobras de ventilación pulmonar protectora que se usó en el periodo transanestésico (FiO2 40-60%, volumen tidal 6-8 ml/kg, PEEP: 5 cmH2O, presión máxima <35cmH2O).

Gráfico 2. Frecuencia de alteraciones en CO2 / atelectasia. (Porcentajes)

PROBABLE ATELECTASIA CO2 (PRE-INTUBACION)



PROBABLE ATELECTASIA CO2 (PRE-EXTUBACION)



Acorde a las frecuencias en base a los pacientes (100), se obtuvieron las siguientes graficas:

El grafico 2 muestra la frecuencia de individuos con alteraciones en el CO2 compatibles con la probabilidad de atelectasia se agrupan en resultados de CO2 pre-intubación (ausente: 98% y presente: 2%), mientras que en CO2 pre-extubación (ausente: 91% y presente: 9%).

Tabla 3. Tabla cruzada CO2 / Probable atelectasia

			Probable Atelectasia		Total
			Presente	Ausente	
CO2	CO2 Pre-intubación	Recuento	2	98	100
		% dentro de Pb Atelectasia	18.2%	51.9%	50.0%
	CO2 Pre-extubación	Recuento	9	91	100
		% dentro de Pb Atelectasia	81.8%	48.1%	50.0%
Total	Recuento		11	189	200
	% dentro de Pb Atelectasia		100.0%	100.0%	100.0%

De un total de 200 gasometrías, (100 pre-intubación y 100 pre-extubación).

El CO2 pre-intubación nos muestra resultados compatibles con alteración probable para desarrollar atelectasia en 18.2%, mientras que un 51.9% de los pacientes no cuentan con alteraciones.

El CO2 pre-extubación, nos muestra resultados compatibles con alteración ventilatoria probable para atelectasia en un 81.8%, mientras que un 48.1% permanece sin alteraciones ventilatorias.

Teniendo un total de 11 muestras correlacionadas con riesgo probable para atelectasia mientras que 189 muestras resultaron con ausencia de riesgo.

Tabla 4. Estimación de riesgo de CO2 con probable atelectasia.

Estimación de riesgo			
	Valor	Intervalo de confianza de 95 %	
		Inferior	Superior
Razón de ventajas para CO2 (CO2 Pre-intubacion / CO2 Pre-extubacion)	.206	.043	.981

El valor de Odds Ratio dio como resultado 0.206, el cual correlacionando con el intervalo de confianza entre límite inferior (0.043) y superior (0.981), se distingue que se encuentran los dos dentro del factor de protección. Por lo cual, los pacientes que no presentan alteraciones en el CO2 pre-intubación, tienen 0.206 veces riesgo de padecer atelectasias después de un manejo con anestesia general.

DISCUSION

Tras el análisis de los resultados, se observó que en la gran mayoría de los casos la comparación del ratio ventilatorio pre-intubación difirió del ratio ventilatorio pre-extubación, sufriendo este último un aumento considerable, si bien, dicho ratio no evidenció rangos fuera de los límites superiores, hubo una variabilidad que se hizo notar, lo cual nos habla de que evidentemente, existe deterioro ventilatorio, que por razones de manejo protector pulmonar ventilatorio profiláctico usado (FiO₂ 40-60%, VT: 6-8 ml/kg, PEEP: 5 cmH₂O, presión máxima <35cmH₂O), los pacientes no presentaron complicaciones pulmonares perioperatorias clínicamente notables, aunque gasométricamente hubo notables desenlaces, correlacionando las microatelectasias formadas en la mayoría de los pacientes sometidos a anestesia general con manejo de ventilación mecánica. En el estudio de Park M, et al, (2021) (FiO₂ 0.70 en inducción y recuperación anestésica y 0.35 en mantenimiento anestésico) obtuvo un total de 29.7% de incidencia de atelectasia corroborado mediante ultrasonido [9], mientras que nuestro estudio obtuvo un 83% de incidencia de probable atelectasia monitorizado mediante el ratio ventilatorio.

Por otra parte al momento de extubación no hubo incidentes, la evidencia presentada por Athanasia Proklou, et al (2021), marca un ratio ventilatorio >2 para tener problemas al momento de retirar la ventilación mecánica, el cual, ninguno de nuestros paciente obtuvo. [16]

De los 100 pacientes analizados en su ratio ventilatorio pre-extubación, el 83% presentó alteraciones respecto al ratio ventilatorio pre-intubación. A diferencia de los pacientes analizados en ratio pre-intubación donde solo el 5% presentaba alteraciones ventilatorias, comparando con el estudio de Pratik Sinha, et al (2013), donde el 79% mostró cambios en el ratio ventilatorio. Esto nos indica que el aumento del espacio muerto (provocado por las microatelectasias) debido a la ineficiencia ventilatoria impacta de manera sinérgica en el resultado del ratio ventilatorio [18].

El 17% restante de los pacientes analizados en su ratio pre-extubación y el 95% en su ratio pre-intubación, no obtuvo alteraciones ventilatorias, podemos hacer comparación con otro estudio de Pratik Sinha et al, (2019) que dice que el tener rangos elevados de ratio ventilatorio de manera basal, predispone a un mayor riesgo de resultados adversos [19].

Este estudio demuestra que aunque de manera basal se obtuvieron rangos normales en el 95% de los pacientes, el 83% culminó con alteraciones ventilatorias, aunque no fuera de límites superiores, pero con un aumento considerable.

Además de haber obtenido un Odds ratio de 92.765, dando como resultado que las alteraciones ventilatorias en el ratio ventilatorio pre-extubación son un factor de riesgo para el desarrollo de atelectasias.

De los 100 pacientes analizados en el CO₂ pre-intubación, el 2% presentó alteraciones respecto al CO₂ pre-extubación. A diferencia de los pacientes analizados en CO₂ pre-extubación donde el 9% presentaba alteraciones ventilatorias. Como se describió en el estudio de P. Sinha, et, al, el barrido y eliminación del CO₂ proviene directamente de su producción, además de la ventilación alveolar, que es la parte eficiente de la ventilación minuto las cuales determinan la PaCO₂, sugiriendo al ratio ventilatorio como una herramienta sencilla para monitorizar y realizar cambios en el ventilador y su eficiencia [17].

Debido a la alteración en la ventilación alveolar experimentada en la atelectasia, este estudio no nos muestra relevancia clínica acorde a alteraciones del CO₂, ya que el 98% de los pacientes en CO₂ pre-intubación y el 91% en pacientes pre-extubación mostraron parámetros normales, sin embargo las variaciones en las mediciones de CO₂ en ambos grupos de pacientes si dieron relevancia al momento de calcular el ratio ventilatorio, haciendo una buena comparación con el estudio de Pratik Sinha, et al (2013), influenciado principalmente por la producción de CO₂ y el aumento del espacio muerto [18].

Por lo cual consideramos que las alteraciones del CO₂ (hipercapnia), por si solas, no son relevantes al momento de estimar probabilidad de atelectasia ya que las alteraciones de un grupo y otro no son equitativas. No obstante acorde a Odds ratio, dio como resultado 0.206 en función al CO₂ pre-intubación que nos afirma que un CO₂ dentro de parámetros normales pre-intubación funge como factor protector para atelectasia.

A pesar de no tener evidencia en la confirmación de las atelectasias por medio de estudios de imagen, la gran mayoría de los pacientes estudiados desarrollaron alteraciones ventilatorias confirmadas gasométricamente, las cuales en algunos individuos llegaba incluso a duplicarse el ratio ventilatorio pre-extubación respecto al ratio ventilatorio pre-intubación. Confirmando la evidencia de que dicha herramienta, nos provee un panorama de monitoreo respecto a las atelectasias que pudieran estarse desarrollando en nuestros pacientes. Asimismo acorde a las cifras presentadas de ratio ventilatorio podemos tomar decisión para tratamiento ventilatorio previo a la decanulación traqueal cuando sea necesario, como las maniobras de reclutamiento alveolar.

Por otra parte, aunque se recomienda tener normocapnia en todo momento, se visualizó que los pacientes aun con cifras normales de CO₂ al momento de la extubación, ya existía una alteración en el ratio ventilatorio propia de microatelectasias, sin embargo, se identificó que cuenta como factor protector el hecho de tener una normocapnia previa a la intubación.

Acorde a la literatura revisada, el ratio ventilatorio fue una herramienta predicha para pacientes con presencia de SDRA, sin embargo, al tratarse de un índice de eficiencia ventilatoria actualmente ha ganado terreno generalizando patología causada principalmente por la ventilación mecánica, debido a su relación con el aumento del CO₂, las respuestas a esto como lo es el aumento de la ventilación minuto y la estimación del espacio muerto, útil para la detección temprana de probables atelectasias perioperatorias debido a su fácil interpretación y toma, reflejado en los resultados obtenidos en este estudio, realizando así una comparación con el estudio de Luis Morales-Quinteros, et al (2019) donde el ratio ventilatorio alterado tuvo una asociación con la mortalidad a los 30 días.

CONCLUSIONES

El ratio ventilatorio pre-extubación aumentado (reflejando ineficiencia ventilatoria), se asocia como un factor de riesgo para desarrollar atelectasia durante periodo perioperatorio.

Un gran porcentaje de pacientes acorde al 83% del grupo de ratio ventilatorio pre-extubación tuvieron alteraciones ventilatorias que nos sugirieron la presencia de atelectasias perioperatorias. La eficiencia ventilatoria en promedio de nuestros pacientes no se vio alterada clínicamente debido a las medidas de protección pulmonar establecidas en nuestro manejo, sin embargo, gasométricamente hubo cambios sugestivos de atelectasia reflejados en el ratio ventilatorio.

Las maniobras con adecuada evidencia clínica para el manejo estandarizado de los pacientes sometidos a anestesia general con ventilación mecánica fueron: (FiO₂: Inducción y recuperación 70%, transanestésico 40%-60%, manteniendo gran parte en el transanestésico cifras de 40%), presión máxima <35cmH₂O, PEEP 5 cmH₂O, Volumen tidal: 6-8 ml/kg), con las cuales no hubo repercusión ventilatoria clínica el ninguno de los pacientes.

No obstante, este estudio sirvió para demostrar que las alteraciones ventilatorias a nivel alveolar, se siguen produciendo, si bien de una manera subclínica en forma de microatelectasias, acorde a patologías de base, así como manejo de la ventilación mecánica transanestésica abordados.

Un 9% de los pacientes en su medición de ratio ventilatorio pre-extubación, tuvo alteraciones de PaCO₂ sugerentes de atelectasia, asimismo el obtener normocapnia previa a la intubación es un factor protector para el desarrollo de las atelectasias perioperatorias.


Se determinó que la PaCO₂ de los pacientes sin alteraciones en el CO₂ pre-intubación, tienen un factor protector de padecer atelectasias con repercusión clínica grave después de un manejo con anestesia general.

Finalmente cabe mencionar que los hallazgos previamente obtenidos se encuentran claramente sesgados por la naturaleza del estudio. Dentro de los factores que pudieran considerarse que influyeron en el abordaje integral de dicha investigación, cabe mencionar a la falta de recurso para poder confirmar las atelectasias por medio del estándar de oro (Tomografía axial computarizada), equipo de ultrasonido, radiografías portátiles de tórax en recuperación, experiencia y preferencia del manejo intraoperatorio de la ventilación mecánica por médicos anestesiólogos.


ANEXOS

Hoja de recolección de datos.

	PaCO2 Medida	PaCO2 ideal	Volumen minuto medido	Volumen minuto ideal	Ratio ventilatorio	Peso Predicho
Gasometría 1						
Gasometría 2						



SERVICIOS DE SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA
HOSPITAL GENERAL ZONA NORTE
"BICENTENARIO DE LA INDEPENDENCIA"
CLUESPLSSA015230



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROCEDIMIENTO ANESTÉSICO

Lugar y fecha _____

Nombre completo del paciente: _____

Fecha de nacimiento: _____ Edad: _____

N° de póliza del S.P. _____ N° de Expediente: _____

Domicilio: _____ Tel: _____

Ingreso: fecha _____ hora: _____

Servicio: _____ cama: _____

Nombre del familiar o responsable legal: _____

Reconozco que el /la Dr. (a) _____ me ha proporcionado información amplia, clara y precisa sobre los objetivos y en qué consiste el procedimiento anestésico (_____), el cual va a administrar para mi tratamiento quirúrgico en el/los procedimiento(s) quirúrgico(s) que a continuación se mencionan:

- 1.- _____
- 2.- _____
- 3.- _____

Manifiesto haber sido informado(a) sobre mi padecimiento y el tipo de procedimiento anestésico y autorizo al médico **anestesiólogo** asignado a mi evento anestésico-quirúrgico para que aplique las(s) técnica(s) anestésica(s) asignada(s), ello con base en la NOM-008-SSA3-2011 que establece la no obligación del médico a realizar u omitir procedimientos cuando ello entrañe un riesgo para el/la paciente.

Derivado de lo anterior, estoy en conocimiento de que:

- Todo acto médico implica una serie de riesgos debido a mi estado de salud actual con antecedentes, tratamientos previos y a la causa que prescribe la intervención quirúrgica.
- Existe la posibilidad de complicaciones leves o severas que pueden causar secuelas permanentes e incluso complicaciones que llevan a la muerte como punción de duramadre, hematoma epidural, paro cardiorrespiratorio, reacciones alérgicas y otros eventos relacionados a la práctica de cualquier procedimiento anestésico-quirúrgico.
- Puedo requerir tratamientos complementarios de otros Servicios o unidades médicas que prolonguen mi estancia hospitalaria.
- Hay posibilidad de que mi procedimiento anestésico se retrase e incluso se suspenda por causas de fuerza mayor (urgencias).
- El personal médico del Servicio de Anestesiología cuenta con amplia experiencia y con el equipo electrónico para mi cuidado y manejo durante el procedimiento y aun así existen riesgos de presentar complicaciones.
- Soy responsable de comunicar mi decisión de manera pronta a mi familia.
- Durante o después de la cirugía puedo ser necesario la utilización de sangre o derivados.
- Con el fin de facilitar mi recuperación me comprometo a acudir a mi revisión médica cuando se me indique, o en el caso de presentar alguna molestia o duda sobre este procedimiento anestésico.

Riesgos más frecuentes inherentes al procedimiento anestésico y/o alternativas de acuerdo a las condiciones actuales del paciente:

Beneficios:

Nombre y firma del/la paciente

Nombre, cédula y firma del Médico
que realiza valoración preanestésica

Nombre y firma del familiar o representante legal

Nombre, cédula y firma del Médico
Que realiza procedimiento anestésico



Secretaría
de Salud
Gobierno de Puebla



COMITÉ DE INVESTIGACIÓN DEL HGZNP "BI"
ASUNTO: AUTORIZACION IMPRESIÓN DE TESIS

DRA. LIS ROSALES BÁEZ
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO FMBUAP
PRESENTE.

Por Medio del presente, hago de su conocimiento que el C. Javier Iván Magaña Vázquez, Médico Residente de la Especialidad de Anestesiología, realizó su Tesis con título: "RATIO VENTILATORIO COMO MONITOREO DE ATELECTASIAS PERIOPERATORIAS EN PACIENTES SOMETIDOS A ANESTESIA GENERAL EN HOSPITAL GENERAL DE ZONA NORTE PUEBLA", realizado en el Hospital General Zona Norte de Puebla, "Bicentenario de la Independencia", bajo la dirección del Dr. Jorge Alberto Gordillo Paniagua y Dra. Maria de Jesus García Mora, ha sido revisada en su contenido y estructura, por lo que se autoriza para su impresión.

Sin más por el momento y agradeciendo su apoyo, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

H. PUEBLA DE ZARAGOZA A 22 DE NOVIEMBRE DE 2023
"SUFRAGIO EFECTIVO, NO REELECCIÓN"



COMITÉ DE INVESTIGACIÓN
HGZNP

Dra. María Elena Luna Ruiz
Crd. Prof. 3503827
Secretaría de Salud Enseñanza
Gobierno de Puebla HGZNP "BI"
Vg. Bo.

DR. CARLOS AUGUSTO GUTIERREZ SANTIAGO
JEFE DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
HGZNP "BI"

DRA. MARIA ELENA LUNA RUIZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE INVESTIGACION
DEL HGZNP "BI"

DR. JORGE ALBERTO GORDILLO PANIAGUA
ASESOR EXPERTO

DRA. MARIA DE JESUS GARCÍA MORA
ASESOR METODOLÓGICO



PUEBLA
Un gobierno presente

Calle BB Pte. y 7 Nte. Infonavit San Pedro C.P. 72230
Tel. 222 - 8888091 ext. 3604, 3605 y 3606
www.ss.pue.gob.mx

BIBLIOGRAFIA

1. Congli Zeng, et al, Perioperative pulmonary atelectasis: Part I, biology and mechanisms, *Anesthesiology*, 2022.
2. Grott K, Chauhan S, Dunlap JD. Atelectasis. 2022 Oct 12. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan.
3. Komal Ray, MBBS FRCA, Andrew Bodenham, MBBS FRCA FICM, Elankumaran Paramasivam, Pulmonary atelectasis in anaesthesia and critical care, *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain*, Volume 14, Issue 5, October 2014, Pages 236–245.
4. Hedenstierna G, Edmark L. Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2010 Jun;24.
5. G. Martínez, P. Cruz, Atelectasias en anestesia general y estrategias de reclutamiento alveolar, *Rev. Esp. Anestesiología y Reanimación*. 2008.
6. Pablo Rama-Maceiras, Atelectasias perioperatorias y maniobras de reclutamiento alveolar, *Archivos de bronconeumología*, Elsevier, 2009.
7. Patel SK, Bansal, et al. Correlation of Perioperative Atelectasis With Duration of Anesthesia, Pneumoperitoneum, and Length of Surgery in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy. *Cureus*. 2022.
8. David Lagier, et al, Perioperative pulmonary atelectasis: Part II, Clinical implications, *Anesthesiology*, 2022.
9. Park M, et al, Perioperative high inspired oxygen fraction induces atelectasis in patients undergoing abdominal surgery: A randomized controlled trial. *J Clin Anesth*. 2021.
10. Yongsheng Zhao, Systematic review and meta-analysis on perioperative intervention to prevent postoperative atelectasis complications after thoracic surgery, *Ann Palliat Med* 2021.
11. Erland Östberg, et al, Positive End-expiratory Pressure Alone Minimizes Atelectasis Formation in Nonabdominal Surgery, *Anesthesiology* 2018.
12. Karen B. Domino, Pre-emergence Oxygenation and Postoperative Atelectasis, *Anesthesiology*, 2019.
13. Heejoon Jeong, et al, Pressure Support *versus* Spontaneous Ventilation during Anesthetic Emergence—Effect on Postoperative Atelectasis: A Randomized Controlled Trial, *Anesthesiology*, 2021.
14. Henrik Reinius, et al, Prevention of Atelectasis in Morbidly Obese Patients during General Anesthesia and Paralysis, *Anesthesiology* 2009.
15. Martin JB, Garbee D, Bonanno L. Effectiveness of positive end-expiratory pressure, decreased fraction of inspired oxygen and vital capacity recruitment maneuver in the prevention of pulmonary atelectasis in patients undergoing general anesthesia: a systematic review. *JBIC Database of Systematic Reviews and Implementation Reports* 13, August 2015.
16. Athanasia Proklou, et al. Ventilatory Ratio Threshold for Unassisted Breathing: A Retrospective Exploratory Analysis, *Respiratory Care* November 2021.
17. P. Sinha, et al, Ventilatory ratio: a simple bedside measure of ventilation, *British Journal of Anaesthesia*, 2009.
18. Pratik Sinha, et al, Analysis of ventilatory ratio as a novel method to monitor ventilatory adequacy at the bedside, *Critical Care*, 2013.
19. Pratik Sinha, et al, Physiologic Analysis and Clinical Performance of the Ventilatory Ratio in Acute Respiratory Distress Syndrome, *American Thoracic Society*, 2019.
20. Antoni Torres, The evolution of ventilatory ratio is a prognostic factor in mechanically ventilated COVID-19 ARDS patients, *Critical Care*, 2021.
21. Luis Morales-Quinteros, Estimated dead space fraction and the ventilatory ratio are associated with mortality in early ARDS, *Ann. Intensive Care* (2019).
22. Masoud Tarbiat, et al. Portable Chest Radiography Immediately after Post-Cardiac Surgery; an Essential Tool for the Early Diagnosis and Treatment of Atelectasis: a Case Report, *National Research Institute of Tuberculosis and Lung Disease* 2020.
23. Singh B, et al. Comparative Study of Effects of Intraoperative Use of Positive End-Expiratory Pressure, Intermittent Recruitment Maneuver, and Conventional Ventilation on Pulmonary Functions during long-Duration Laparotomy. *Anesth Essays Res*. 2020.

24. Fernandez-Bustamante A, et al, Postoperative Pulmonary Complications, Early Mortality, and Hospital Stay Following Noncardiothoracic Surgery: A Multicenter Study by the Perioperative Research Network Investigators. *JAMA Surg.* 2017.
25. Odor PM, et al, Perioperative interventions for prevention of postoperative pulmonary complications: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2020.