



UGR Universidad
del Gran Rosario

TESINA

presentada para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“Ventilación no invasiva para el tratamiento de atelectasias
en el posoperatorio de cirugía torácica y general “**

Autor:

Palacios, Florencia Aluminé

N° de libreta: 1447

Director:

Prof. Lic. Friscione, Luciano

Fecha de Presentación:

03/10/2018

Firma de autor:

Agradecimientos:

A mis padres, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede llegar lejos; a mi tía, por estar siempre al pie del cañón; a la institución y profesores, especialmente María Eugenia Vila, por su pasión y entrega a la hora de enseñar y ayudar; finalmente a Guido y mis amigas, que jamás me dejaron sola y siempre me dieron palabras de aliento cuando más los necesité.

ABREVIATURAS

- **BIPAP:** Bilevel Positive Airway Pressure (presión positiva a dos niveles);
- **cmH₂O:** Centímetros de agua;
- **CO₂:** Dióxido de carbono;
- **CPAP:** Continuos Positive Airway Pressure (presión positiva continua);
- **CPP:** Complicaciones pulmonares posoperatorias;
- **EPAP:** Expiratory Positive Airway Pressure (presión positiva espiratoria);
- **EPOC:** Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica;
- **FIO₂:** Fracción Inspirada de Oxígeno;
- **FR:** Frecuencia Respiratoria;
- **IOT:** Intubación Orotraqueal;
- **IPAP:** Inspiratory Positive Airway Pressure (presión positiva inspiratoria);
- **IRA:** Insuficiencia Respiratoria Aguda;
- **mmHg:** Milímetros de Mercurio;
- **PaCO₂:** Presión arterial de dióxido de carbono;
- **PaO₂:** Presión arterial de oxígeno;
- **PEEP:** Presión Positiva al Final de la Espiración;
- **pH:** Potencial de Hidrogeniones;
- **POP:** Periodo Posoperatorio;
- **POPi:** Periodo Posoperatorio inmediato;
- **PSV:** Presión de Soporte;
- **UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos;
- **TAC:** Tomografía Axial Computada;
- **VMNI:** Ventilación Mecánica No Invasiva.

RESÚMEN

Se llevo a cabo una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar los efectos de la VMNI sobre la función pulmonar durante el periodo posoperatorio en pacientes sometidos a cirugía torácica o general.

Para llevar a cabo esta revisión, se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de dato MEDLINE (PubMed) y BIREME, en las cuales se obtuvieron 10 artículos en base a los criterios de inclusión y exclusión: 1 estudio descriptivo, 1 estudio observacional, 1 reporte de casos clínicos, 2 ensayos clínicos aleatorizados, 4 ensayos clínicos aleatorizados controlado, 1 ensayo clínicos aleatorizado y sesgado.

Tras el análisis de los estudios, se concluye que la aplicación de VMNI en el posoperatorio de cirugía torácica y general es controversial, requiriendo la realización de mayores investigaciones para determinar si dicho método otorga beneficios adicionales sobre la función pulmonar y atelectasias posoperatorias cuando se lo compara con otra terapia.

ÍNDICE

i.	INTRODUCCIÓN	1
ii.	OBJETIVOS	3
	ii.a Objetivo general:	3
	ii.b Objetivos específicos:	3
iii.	MARCO TEÓRICO	4
	iii.a Generalidades del sistema respiratorio	4
	iii.b Ventilación mecánica no invasiva.....	10
	iii.c Modificaciones respiratorias posoperatorias.....	24
	iii.d Atelectasias	26
	iii.e Ventilación mecánica no invasiva en el posoperatorio	29
iv.	JUSTIFICACIÓN	31
v.	MÉTODO	32
	v.a. Estrategias de búsqueda bibliográficas	32
	v.b. Combinación de términos.....	33
	v.c. Criterios de inclusión y exclusión de los artículos	34
vi.	RESULTADOS	35
vii.	ANÁLISIS DE ARTÍCULOS	36
viii.	DISCUSIÓN	61
ix.	CONCLUSIÓN.....	66
x.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

i. INTRODUCCIÓN

La Ventilación Mecánica No Invasiva (VMNI) se define como *“una modalidad de ventilación mecánica sin intubación orotraqueal (IOT), cuyos efectos clínicos y analíticos se deben a la aplicación de una presión positiva sobre la vía aérea, procedente de un ventilador mecánico, utilizando una interface (o mascarilla) de diseño variable que conecta al paciente con el ventilador”*⁽¹⁾. Los objetivos de la VMNI no se limitan a la corrección de la hipoventilación alveolar, sino también a mejorar el intercambio gaseoso, disminuir el trabajo respiratorio, mejorar la función de los músculos de la respiración y reclutar alveolos colapsados. Durante la aplicación de la VMNI se puede utilizar prácticamente cualquier modo ventilatorio teniendo en cuenta las características del paciente. Los modos más utilizados son los llamados “modos presumétricos” cuyo objetivo radica en mejorar la oxigenación y la activación de los músculos de la respiración. La modalidad CPAP consiste en la aplicación de una única presión positiva continua en la vía aérea durante todo el ciclo respiratorio. La modalidad BIPAP consiste en la aplicación de una presión a dos niveles, uno inspiratorio o IPAP y otro espiratorio o EPAP, siendo la diferencia entre ambos la presión de soporte ventilatorio⁽²⁾.

La VMNI ha ido adquiriendo creciente importancia en el POP, ya que, su principal objetivo, es paliar las complicaciones sobre la función pulmonar producidas por la anestesia en una intervención quirúrgica. La cirugía torácica representa la especialidad que se dedica al tratamiento de los procesos que afectan al tórax (pared torácica, pleura, pulmón, mediastino, árbol traqueo-bronquial, esófago y diafragma) mientras que la cirugía general comprende el tratamiento de los procesos que afectan al aparato digestivo. Dentro de las complicaciones pulmonares más frecuentes en el posoperatorio de cirugía torácica y general se encuentran las atelectasias, determinadas por una disminución del contenido de aire de los alveolos sin que sea reemplazado por sólido o líquido y que conducen a una disminución del volumen de la zona pulmonar comprometida, encontrándose presente en el 90% de los pacientes anestesiados y que suponen una pérdida importante de la capacidad residual funcional⁽³⁾. Suelen desarrollarse de forma rápida, generalmente en las primeras 24 horas luego de la intervención quirúrgica. Entre las complicaciones más comunes derivadas de las atelectasias se encuentra la IRA que se define

como la incapacidad del sistema respiratorio de mantener un intercambio gaseoso adecuado a las necesidades metabólicas de las células con una PaO₂ menor a 60 mmHg y una PaCO₂ mayor a 50 mmHg⁽⁴⁾.

En relación a lo antes expuesto, surge el planteo de la siguiente hipótesis: El uso de VMNI en el POP de cirugía torácica y general disminuye la incidencia de atelectasias.

ii. OBJETIVOS

ii.a Objetivo general:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre los efectos de la VMNI en la función pulmonar durante el periodo posoperatorio en pacientes a los que se les ha realizado una cirugía torácica o general.

ii.b Objetivos específicos:

- Analizar las modificaciones sobre la función pulmonar luego de la realización de cirugías torácicas y generales.
- Identificar los principales factores de riesgo que llevan al desarrollo de atelectasias posoperatorias.
- Analizar los efectos de la VMNI sobre los volúmenes y capacidades pulmonares.

iii. MARCO TEÓRICO

iii.a Generalidades del sistema respiratorio

iii.a.1 Anatomía

La principal función del sistema respiratorio es proporcionar oxígeno a la sangre arterial y eliminar anhídrido carbónico de la sangre venosa mixta contenida en la arterial pulmonar⁽⁵⁾.

Este sistema, está compuesto por una serie de tubos interconectados a través de los cuales el aire es transportado desde la atmosfera hasta la zona donde se realiza el intercambio gaseoso para luego volver al exterior. El aire ingresa por boca y nariz, pasando por faringe y laringe para luego encontrarse con la tráquea, que es la vía respiratoria de mayor calibre ubicada delante del esófago, la cual se divide a su vez en dos vías respiratorias de menor calibre: los bronquios primarios derecho e izquierdo. A su vez, los bronquios primarios se dividen en bronquios secundarios, uno para cada lóbulo pulmonar (el pulmón izquierdo tiene dos lóbulos mientras que el derecho tiene tres). De esa forma, los bronquios secundarios siguen ramificándose en vías aéreas de menor calibre llamadas bronquiolos, los cuales continúan su ramificación en conductos aún más pequeños denominados bronquiolos terminales. Por último, los bronquiolos terminales se dividen en bronquiolos respiratorios. Esta extensa ramificación (ver figura 1) desde la tráquea hasta los bronquiolos respiratorios tiene forma de árbol invertido, es por eso que comúnmente recibe el nombre de árbol bronquial⁽⁶⁾.

Según su función, se puede dividir al sistema respiratorio en dos zonas bien diferenciadas: *la zona de conducción* que abarca la boca, nariz, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y bronquiolos terminales (esta zona carece de alveolos y por lo tanto no realiza hematosis); y *la zona respiratoria* constituida por los bronquiolos respiratorios, los conductos alveolares, los sacos alveolares y alveolos, lugar donde se lleva a cabo el intercambio gaseoso⁽⁶⁾.

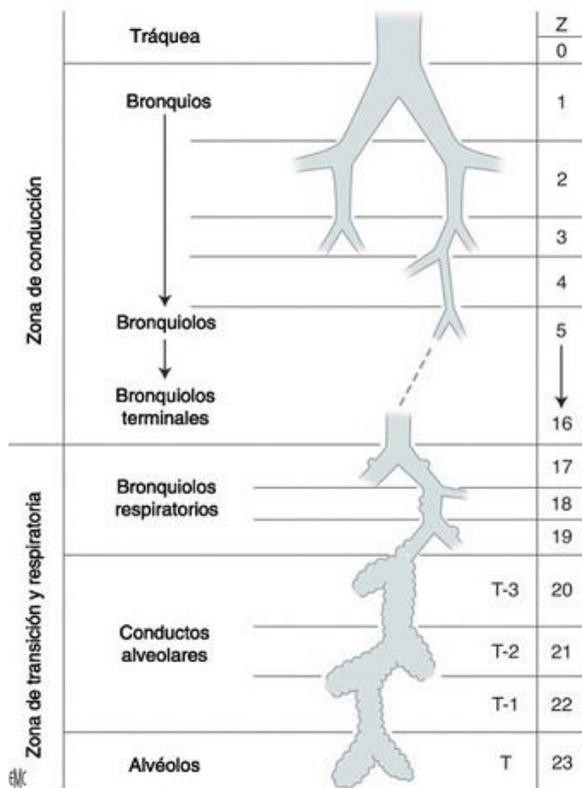


Figura N°1: Representación de la vía aérea en el ser humano ⁽⁴⁾.

iii.a.2 Mecánica de la respiración

En primer lugar, cabe diferenciar la ventilación de la respiración. La ventilación es un proceso mecánico que implica el ingreso de aire desde la atmósfera hacia los pulmones y la salida del aire desde los pulmones hacia la atmósfera; mientras que la respiración es un proceso químico que se encarga de proveer oxígeno a la sangre y a los tejidos para que luego se produzca la difusión del dióxido de carbono desde la sangre hacia los pulmones con su posterior eliminación a la atmósfera. Para que este proceso se lleve a cabo, es necesario vencer la impedancia del sistema respiratorio representada por las fuerzas resistivas y elásticas. Por lo tanto, para vencer estas fuerzas es necesario que los músculos de la inspiración (diafragma junto con los músculos intercostales internos y escalenos que al contraerse aumentan el tamaño total de caja torácica) generen una fuerza tal que produzca la disminución de la presión intrapleurales; esta disminución es transmitida parcialmente al espacio alveolar generando la caída de la presión alveolar, y la presión alveolar subatmosférica generada va a producir

la diferencia de presión con la presión atmosférica ocasionando el flujo inspiratorio e ingreso de volumen al pulmón. En condiciones normales, la espiración es llevada a cabo de forma pasiva gracias a la energía acumulada por los elementos elásticos que constituyen la bomba respiratoria⁽⁴⁾.

-El proceso de respiración incluye:

1. Ventilación pulmonar: es el volumen de aire movilizado por unidad de tiempo. Normal = 6 litros.
2. Difusión: sigue la ley de Fick, donde la difusión de un gas es directamente proporcional al área de difusión y al gradiente de presión, e inversamente proporcional al espesor de la membrana.
3. Transporte de oxígeno: 5% libre; 95% unido a la hemoglobina. Su función es entregar la cantidad necesaria de oxígeno a las células.
4. Regulación: hay dos sistemas que regulan/controlan la respiración:
 - Control voluntario:* situado en la corteza y que se encarga de enviar impulsos a las neuronas motoras respiratorias a través de las vías corticales.
 - Control involuntario:* situado en el bulbo y protuberancia (centros apnéusticos en protuberancia inferior y neumotáxicos en protuberancia superior).

En conjunto forman el centro respiratorio donde también se pueden encontrar receptores respiratorios como los *quimiorreceptores centrales* (se encuentran en cerebelo, hipotálamo, diversos núcleos del tronco encefálico detectando cambios en el pH del líquido corporal), *quimiorreceptores periféricos* (se encuentran en cayado aórtico y seno carotideo detectando cambios de la PaO₂), *receptores musculares* (ubicados en el huso de diafragma e intercostales respondiendo a estímulos de estiramiento), *receptores de irritación* (ubicados en células epiteliales de la vía aérea donde su estimulación mediante gases nocivos, partículas y humos químicos producen broncoconstricción e hiperpnea) entre otros.

-Relación ventilación/perfusión:

- Ventilación alveolar: es aquel volumen de aire que se pone en contacto con los alveolos funcionantes por unidad de tiempo.

- Perfusión pulmonar: la circulación pulmonar tiene un rol importante en el proceso de intercambio gaseoso y es muy diferente a la circulación sistémica. Se caracteriza por ser un circuito de alto flujo, de baja presión y resistencia, gran capacidad de reserva y que favorece la actividad del ventrículo derecho con el mínimo gasto energético.
- Relación ventilación/perfusión (V/Q): como su nombre lo indica, es la relación entre la ventilación alveolar y el flujo sanguíneo pulmonar por minuto. Esta relación puede estar baja, por ejemplo, cuando el capilar pulmonar es atravesado por una mayor cantidad de sangre de la que puede ser oxigenada por los alveolos; o puede estar aumentada cuando, por ejemplo, el alveolo funciona normalmente, pero por alguna causa el flujo sanguíneo en el pulmón se ve afectado (trombosis).

-Propiedades elásticas del pulmón:

En base a lo anteriormente expuesto se sabe que para que la inspiración se lleve a cabo es necesario vencer la fuerza que opone el sistema respiratorio y esta corresponde a las propiedades elásticas del pulmón y tórax. Para que ingrese cierto volumen de aire al pulmón se deben aplicar determinadas presiones; estas presiones van a ser negativas cuando el paciente respira espontáneamente y positivas si se le aplica asistencia ventilatoria.

1. Compliance o distensibilidad pulmonar: como su nombre lo indica, es la capacidad que tiene el pulmón de distenderse.
2. Elastancia: es la capacidad que tiene el pulmón de volver a su punto de reposo, es decir, cuando el tejido es deformado se va a cargar de energía elástica que es la que le va a permitir volver a su estado inicial.
3. Tensión superficial: se debe a la fuerza de atracción entre las moléculas que se encuentran en la superficie de un líquido. La tensión superficial hace que el alveolo colapse; para disminuir su efecto los neumocitos tipo II secretan una sustancia llamada surfactante que hace que el pulmón sea más distensible, da estabilidad alveolar y mantiene la superficie del alveolo seca.

4. Histéresis: se necesita mucha más presión para el reclutamiento alveolar durante la inspiración que para mantener los alveolos abiertos durante la espiración.

-Resistencia de la vía aérea:

Para que se genere flujo de un gas entre dos puntos es necesario que haya una diferencia de presiones entre ambos. Si bien el pulmón y sus estructuras ofrecen algo de resistencia al paso de aire, el mayor grado de resistencia (90%) lo ejerce la vía aérea. Poiseuille determinó que, si el radio de un tubo se reduce a la mitad, la resistencia se incrementa notablemente; este concepto puede ser fácilmente aplicado al sistema respiratorio, ya que el calibre de la vía aérea se va modificando de proximal a distal determinando distintos tipos de flujo; es así como, por ejemplo, en la vía aérea superior (flujo turbulento o transicional) la velocidad del flujo de aire es muy elevada y por lo tanto la resistencia al paso del aire aumenta considerablemente; en la vía aérea distal (presenta ventilación colateral) se puede apreciar un flujo de tipo laminar donde la velocidad es muy baja y por consiguiente también lo es la resistencia. Por último, el radio de la vía aérea suele modificarse antes situaciones patológicas como broncoespasmo o exceso de secreciones donde se va a necesitar que se generen presiones más elevadas para producir el ingreso de aire⁽⁴⁾.

iii.a.3 Volúmenes y Capacidades

En condiciones normales, una persona realiza de 12 a 16 respiraciones por minuto. A continuación, se encuentran enumeradas las capacidades y los volúmenes pulmonares:

1. Volumen corriente (Vt): Volumen de aire que ingresa o egresa del aparato respiratorio tras un ciclo respiratorio normal;
2. Volumen de reserva inspiratoria (VRI): Volumen máximo que se puede hacer ingresar a la vía aérea tras una inspiración normal;
3. Volumen de reserva espiratoria (VRE): Volumen máximo que se puede expulsar de la vía aérea tras una espiración forzada máxima;

4. Volumen residual (VR): Volumen de aire que permanece en los pulmones tras una espiración forzada;
5. Capacidad inspiratoria: Volumen de aire que puede inspirarse distendiendo los pulmones al máximo;
6. Capacidad residual funcional (CRF): Volumen de aire que permanece en los pulmones luego de una espiración normal;
7. Capacidad vital (CV): Volumen de aire que puede movilizarse tras una espiración forzada máxima;
8. Capacidad pulmonar total (CPT): Máximo volumen que podría alcanzar.

iii.b Ventilación mecánica no invasiva

Han transcurrido varias décadas desde que la VMNI con presión positiva fue descrita por primera vez. En los últimos años se ha utilizado cada vez más en el periodo posoperatorio para el manejo de IRA. Tiene un rol sumamente importante en la prevención y tratamiento de las atelectasias especialmente en el posoperatorio de cirugía torácica y general⁽³⁾. La evidencia demuestra que la VMNI reduce la necesidad de intubación endotraqueal, acorta la estadía en la UCI y la duración de la hospitalización, así como también reduce la mortalidad en pacientes seleccionados⁽⁷⁾.

iii.b.1 Modos Ventilatorios

CPAP: presión positiva continua en la vía aérea

El uso de CPAP fue uno de los primeros modos utilizados en la VMNI. Consiste en la aplicación de una presión positiva continua en la vía aérea durante todo el ciclo respiratorio del paciente, tanto en inspiración como en espiración⁽¹⁾. Al entregar una presión positiva continua en la vía aérea se produce mayor reclutamiento de las áreas colapsadas con una disminución del shunt intrapulmonar y, por consiguiente, mejora la hipoxemia⁽⁸⁾. Además, mejora el intercambio gaseoso, disminuye la resistencia de la vía aérea por el incremento del volumen corriente y produce el aumento de la capacidad residual funcional pudiendo mejorar la distensibilidad pulmonar. Por otra parte, al incrementar la presión intratorácica, produce una disminución del retorno venoso y de esta forma, disminuye la precarga de las cavidades derechas del corazón.

Dentro de las indicaciones para el uso de CPAP se encuentran:

1. Edema agudo de pulmón cardiogénico: mejora el rendimiento cardiaco al disminuir la presión transmural del ventrículo izquierdo con disminución de la poscarga. Además, favorece la redistribución del líquido contenido en el alveolo;
2. Luego de cirugía torácica y general (específicamente abdominal alta) para la prevención de atelectasias;
3. Pacientes neuromusculares;
4. Pacientes obesos;

5. Asma;
6. EPOC;
7. Pacientes inmunodeprimidos;
8. Falla respiratoria hipoxémica de cualquier etiología, entre otras⁽¹⁾.

BIPAP: presión positiva en la vía aérea a dos niveles

El modo BIPAP consiste en ventilación a dos niveles de presión, es decir, se programa una presión inspiratoria (IPAP) y una espiratoria (EPAP), donde la diferencia entre ambas corresponde a la PSV. Generalmente (no siempre), es un modo asistido, esto significa que requiere de una asistencia inspiratoria espontánea para poder abrir la válvula a demanda, habitualmente sensible a cambios de flujo del respirador. Cuando se inicia la inspiración, el respirador va a proporcionar un flujo decelerado que mantiene la presión constante en la vía aérea durante todo el tiempo inspiratorio donde la velocidad depende de la pendiente de rampa que se programe, variando sus características de acuerdo a la PSV programada, al esfuerzo inspiratorio y las propiedades mecánicas del aparato respiratorio del paciente. El ciclado de inspiración a espiración por lo general es por flujo durante la ventilación espontánea, y por tiempo es caso de ventilación controlada⁽¹⁾. Durante la aplicación de BIPAP el paciente podrá contralar la frecuencia respiratoria y el volumen corriente cuando ventile espontáneamente.

El modo BIPAP se divide a su vez en tres modos más:

1. *Spontaneus (S)*: el paciente respira espontáneamente (determinando la frecuencia respiratoria) y el ventilador censa el esfuerzo inspiratorio suministrándole la presión inspiratoria programada (IPAP) en respuesta a la activación del trigger;
2. *Spontaneus/timed (S/T)*: es el más utilizado; alterna ciclos espontáneos con ciclos programados que, en caso de ausencia de esfuerzo inspiratorio por parte del paciente, los ciclos serán aplicados por el dispositivo con una frecuencia prefijada. Es un modo de seguridad.
3. *Timed (T)*: el dispositivo proporciona automáticamente las respiraciones según la frecuencia programada⁽⁸⁾.

Los parámetros a programar en el modo BIPAP son:

- IPAP.
- EPAP.
- FR.
- Trigger (sensor que posee el respirador capaz de detectar el esfuerzo inspiratorio del paciente).
- Relación inspiración - espiración.
- Tiempo inspiratorio.
- Rampa inspiratoria (tiempo que tarda en presurizarse la vía aérea, dicha rampa puede ser alta o baja de acuerdo a demanda).
- FIO₂.
- Presión soporte.

Dentro de los beneficios de la ventilación a dos niveles de presión se encuentran el incremento de la CRF, apertura de las unidades alveolares colapsadas, estabilización de los alveolos abiertos y mejora la relación ventilación-perfusión; además, reduce el trabajo respiratorio mejorando la sensación de disnea y la fatiga muscular.

PSV: presión soporte

La presión soporte es la diferencia entre IPAP y EPAP, de tal manera que, si alguno de estos valores es modificado, se estaría modificando el valor de presión soporte. El objetivo principal es potenciar el esfuerzo de los músculos de la respiración. Es muy utilizado en pacientes neuromusculares, en aquellos que presentan afecciones de la caja torácica o parénquima pulmonar y en pacientes difíciles de destetar de la ventilación mecánica invasiva.

PAV: modo asistido proporcional

Este modo se caracteriza por amplificar el esfuerzo inspiratorio del paciente controlando otros aspectos como por ejemplo el volumen corriente, la duración del ciclo y los patrones de flujo. Actualmente su utilización es escasa y se requiere mayor estudio de este modo ventilatorio⁽¹⁾.

iii.b.2 Interfase

Las interfases son los dispositivos que conectan al paciente con el ventilador. La VMNI tiene los mismos objetivos que la ventilación mecánica invasiva, por lo que resulta fundamental para el éxito de la técnica elegir la correcta interface. Debe adaptarse confortablemente al paciente ya que la utilizará durante varias horas, evitando las fugas y minimizando los efectos secundarios. Están compuestas generalmente por un armazón de plástico rígido y transparente (para ver secreciones o vómitos), bordeado por una almohadilla de silicona o gel que permite un sellado hermético entre la piel del paciente y la máscara; cuentan con sistema de arnés para su fijación. Pueden o no tener oricios de fuga para la eliminación del gas espirado evitando de esta forma la reinhalación de CO₂⁽⁹⁾. Las interfases más utilizadas son la nasal y oro-nasal, y con menor frecuencia las piezas bucales, Helmet y faciales.

Máscara nasal

Como su nombre lo indica, este tipo de interfase rodea únicamente la nariz. Tiene forma de cono triangular abarcando la región superior del labio superior hasta el puente de la nariz; cuenta con un sistema de sellado que puede ser de gel siliconado o policarbonato. La fijación de la máscara a la cabeza debe ser estable y ligera, evitando traumatizar la zona y de fácil retirada.

Este tipo de interfase es ampliamente utilizada en pacientes con ventilación domiciliaria. Su uso también se extiende al periodo posoperatorio en pacientes con IRA, pero hay que tener en cuenta que estos pacientes tienden a tener un patrón ventilatorio predominantemente bucal, pudiendo generar una fuga suficiente para ocasionar asincronía paciente-respirador; esto es potencialmente corregible si se emplean mentoneras accesorias que mantendrían la boca del paciente cerrada. Aquellos pacientes que presenten lesiones por presión en el puente de la nariz, una buena alternativa es la implementación de olivas nasales que son dos tubos de silicona que se insertan directamente en las narinas.

La máscara nasal disminuye la sensación de claustrofobia, presenta menor espacio muerto (105 ml), menor riesgo de broncoaspiración y le da la posibilidad al paciente de hablar, expectorar e ingerir líquidos y alimentos.

Máscara oro-nasal

Abarcan el dorso de la nariz, las mejillas hasta la barbilla. Cuando se coloca este tipo de máscara, debe hacerse desde el mentón hasta la nariz para minimizar las fugas y asegurar una correcta fijación. La válvula espiratoria puede encontrarse en la propia máscara; en otros casos puede diferenciarse por tener un conector azul en la tubuladura donde habría que agregar la válvula espiratoria para que no se produzca rebreathing. En caso de que el ventilador presente alguna falla, estas máscaras cuentan con una válvula antiasfixia que le permite al paciente respirar, así como también sujeciones de fácil liberación para tener un acceso rápido a la vía aérea.

La máscara oro-nasal suele utilizarse en pacientes con IRA y en aquellos que presentan fugas importantes. Si bien las presiones son más estables y se requiere menos cooperación del paciente, tiene el inconveniente de presentar mayor espacio muerto (250 ml), riesgo de broncoaspiración y sensación de claustrofobia.

Máscara facial total o "Total Face"

Se sella alrededor de todo el perímetro de la cara. Está compuesta por material transparente que se adhiere a la piel a través de un "flap" que se infla al inicio de la ventilación⁽⁶⁾. La máscara es sostenida por arneses laterales y cuenta con un cordón de seguridad que permite su rápida retirada en caso de emergencias. Cuenta con dos válvulas espiratorias y una antiasfixia en caso de que el ventilador sufra alguna falla.

Este tipo de interfase es más cómoda, tiene mejor distribución de las presiones y menos lesiones cutáneas; no obstante, presenta mayor espacio muerto (600 ml), limita la posibilidad de expectorar, así como también de ingerir líquidos y alimentos, riesgo de aspiración en caso de vómitos e irritabilidad ocular con la utilización de aerosol terapia.

Sistema HELMET

El sistema Helmet consta de un casco de látex transparente. Permite la interacción del paciente con el medio ambiente y brinda la posibilidad de realizar estudios diagnósticos sin interrumpir la ventilación. Este dispositivo mantiene la

fijación del casco en su parte inferior donde un sistema de arneses pasa por debajo de las axilas y cruzan de atrás hacia adelante. Un collar sella herméticamente el casco evitando las fugas. Es importante presurizar el casco antes de colocarlo y explicarle al paciente la técnica para asegurar el éxito de la misma.

A pesar de que el sistema Helmet presenta mayor espacio muerto y sensación de claustrofobia, reduce las lesiones cutáneas y fugas, así como también le permite al paciente hablar e ingerir líquidos y alimentos ya que la máscara cuenta con aperturas y permite rápido acceso a la vía aérea.

iii.b.3 Sistemas de Humidificación

La vía aérea tiene un papel importante en el calentamiento y la humidificación del gas inspirado, y en la recuperación del calor y la humedad del gas espirado. La cantidad de vapor de agua presente en un gas puede medirse como humedad absoluta y es directamente proporcional a la temperatura del gas; mientras que, la humedad relativa es la relación entre humedad absoluta y la máxima capacidad de ese gas a determinada temperatura. La vía aérea humana debe proporcionar gas a la temperatura central (37°C), 44 mg/l de humedad absoluta y 100% de humedad relativa en la superficie alveolar para optimizar el intercambio de gases y proteger el tejido pulmonar. A 30 cm de la nariz comienza la bifurcación de la tráquea, punto denominado “límite de saturación isotérmico” y es donde el gas inspirado adquiere dichas características⁽⁴⁾.

La VNI se administra a través de una máscara para que el gas inspirado pase a través de la vía aérea superior donde es acondicionado. Al igual que durante la respiración espontánea, los pacientes sometidos a VMNI requieren una humidificación y calentamiento adecuados del aire inspirado (es decir, acondicionamiento del gas). La VMNI suministra aire a altas tasas de flujo, lo que puede abrumar a los mecanismos habituales de humidificación de las vías respiratorias. El acondicionamiento inadecuado del gas se ha asociado con el deterioro anatómico y funcional de la mucosa nasal (actividad ciliar, secreción de moco, flujo sanguíneo local, resistencia nasal). Además, también hay efectos negativos sobre la tolerancia a la VNI cuando un paciente respira aire humidificado inadecuadamente⁽¹¹⁾.

Existen dos tipos de sistema de humidificación:

Humidificadores pasivos (HME): intercambiadores de calor y humedad

Son sistemas que trabajan sin suplemento de agua o calor, sino que por el contrario retienen en forma pasiva el calor y humedad que proviene de la exhalación del paciente. Según el mecanismo que utilicen para conservar el calor y la humedad se pueden dividir en tres tipos:

1. *Higroscópicos*: utiliza componen hidrófilos (cloruro de calcio, por ejemplo) para conservar parte de la humedad y calor espirado. Se necesitan de dos a tres respiraciones para que comience a retener calor y humedad;

2. *Hidrófobos*: poseen un filtro de baja conductividad que está cargado eléctricamente para atraer gérmenes y otros materiales suspendidos en el gas y de esta forma retenerlos;
3. *Mixtos*: combinación de un elemento hidrófilo y uno hidrófobo⁽⁸⁾.

Dentro de las limitaciones que presentan los HME se encuentran:

- Secreciones espesas, copiosas y sanguinolentas: estas se impactan y generan aumento de la resistencia; tener en cuenta que el filtro del HME suele cambiarse cada 6 días, pero en presencia de secreciones puede requerir cambio cada 3 días y hay que plantear el cambio de sistema de humidificación;
- Incremento del espacio muerto y trabajo respiratorio;
- Temperatura corporal menos a 32°C: no va a lograr calentar el aire.
- Paciente con alta demanda ventilatoria.

Humidificadores activos

Este tipo de humidificador cuenta con un sistema de alambre caliente que va a calentar una película de agua generando vapor que va a ser incorporado al gas inspirado. Son sistemas más caros, que requieren mayor mantenimiento y la programación de alarmas de temperatura (entre 33 y 38°C). Cuentan con trampa de agua, aportan una temperatura más precisa del gas inspirado y previenen la condensación en el circuito⁽¹⁰⁾.

Dentro de la evidencia científica disponible, la elección del humidificador puede tener repercusiones en la mecánica respiratoria, así como también en el volumen corriente y volumen minuto. Se ha demostrado que el esfuerzo inspiratorio en pacientes con hipercapnia es mayor en aquellos que utilizaron HME en comparación con el humidificador activo⁽¹²⁾. Durante la VMNI, las principales desventajas se han encontrado en los HME en lo que respecta a espacio muerto y retención de CO₂⁽¹³⁾. También hay que tener en cuenta la elección de la interface y la presencia o no de fugas, ya que sin presencia de fugas sustanciales la humedad absoluta no es diferente cuando se comparan ambos tipos de humidificadores, pero cuando las fugas son importante la humedad absoluta es relativamente menor al usar HME⁽¹⁴⁾. Sin embargo, todavía no hay una recomendación uniforme para un solo sistema de humidificación;

sorprendentemente, a pesar de la importancia del acondicionamiento del gas inspirado durante la VMNI, hay relativamente pocos protocolos hospitalarios referidos a la práctica de humidificación⁽¹¹⁾.

iii.b.4 Inicio y monitorización de paciente con VMNI

Antes del inicio de la VMNI, se debe explicar al paciente en el periodo perioperatorio en qué va a consistir dicha técnica; en el POP hay algunos pasos a tener en cuenta:

- Colocar al paciente en una posición cómoda, pudiendo estar semisentado o con la cabecera a 45° intentando no comprimir el abdomen y favoreciendo la movilidad diafragmática;
- La colocación de la interface no debe realizarse con excesiva presión ya que puede favorecer el desarrollo de úlceras por presión;
- Humificación;
- Garantizar un adecuado intercambio gaseoso (SatO₂ >90% o PaO₂ >60 mmHg);
- Reevaluación y monitorización periódica del paciente.

Iniciada la VMNI, se debe vigilar estrechamente al enfermo valorando si se consiguen los objetivos estipulados como, la reducción del trabajo respiratorio, incremento de los volúmenes pulmonares, mejora del intercambio gaseoso, y la comodidad del paciente. Es de suma importancia realizar una evaluación continua tanto clínica como gasométrica en la primera hora de haber iniciado la VMNI (la misma puede extenderse hasta las primeras 48 horas).

Evaluación clínica

Se debe prestar atención a la presencia de signos clínicos que pueden estar evidenciando el fracaso ventilatorio como, por ejemplo, cianosis, taquicardia, taquipnea, utilización de los músculos accesorios entre otros. El nivel de consciencia y la comodidad del paciente son otros parámetros a tener en cuenta, así como también, parámetros hemodinámicos como la presión arterial y la frecuencia cardíaca y respiratoria porque tienden a mejorar rápidamente.

Evaluación gasométrica

En la primera y segunda hora de haber iniciado la VMNI se debe realizar gasometría arterial. Hay métodos no invasivos que permiten conocer la gasometría del paciente como, por ejemplo:

- Pulsioximetría: básica en las primeras 24 horas; medición del oxígeno transportado por la hemoglobina; los oxímetros de pulso

tienen dos sensores o sondas con diodos que emiten luz (uno para luz roja y otro para luz infrarroja) además de un fotodiodo detector. La lectura de oxigenación se arroja en valores lumínicos (además detecta la frecuencia cardiaca). La cantidad de luz absorbida cambia de acuerdo a la presencia de hemoglobina oxigenada. Los sitios que generalmente se utilizan para medir la SatO2 son el lóbulo de la oreja, dedos de manos y pies⁽¹⁵⁾;

- Capnografía: mide la concentración de CO2 presente en el aire espirado;
- Medición transcutánea de PaCO2: este sistema suele utilizar medios electroquímicos a través de un sensor caliente para la medición⁽¹⁶⁾.

Sin embargo, el parámetro que más se relaciona con el éxito de la VMNI es la mejora del pH en la primera hora; es por eso que se deben realizar evaluaciones periódicas del mismo.

Evaluación del ventilador

Monitorización de parámetros ventilatorios:

1. FR: lo normal es de 12-25 respiraciones por minuto;
2. Trigger: validar que el paciente haya efectuado el esfuerzo inspiratorio;
3. Volumen corriente: según fórmula de peso ideal;
 $50 + 0.91 \times (\text{altura cm} - 152.4) \rightarrow \text{hombres};$
 $45 + 0.91 \times (\text{altura cm} - 152.4) \rightarrow \text{mujeres};$
4. Volumen minuto: VC x FR;
5. Presencia de fugas: por lo general los ventiladores están preparados para compensar pequeñas fugas; la presencia de fugas sustanciales puede ocasionar asincronía paciente-ventilador.

Monitorización de alarmas:

Las alarmas más importantes a monitorizar son volumen minuto, FR y apnea.

Por último, un punto importante a evaluar es la asincronía paciente-ventilador. El índice de asincronía se calcula con la siguiente fórmula y el resultado es en porcentaje: $\text{número de episodios} / (\text{respiraciones inefectivas} + \text{ciclos del respirador}) \times 100$. Si el índice da un porcentaje mayor a 10 se considera que la

asincronía es grave. Las posibles causas que pueden producir asincronía paciente-ventilador son:

- Autociclado: ocurre cuando el ventilador es incapaz de detectar el esfuerzo inspiratorio;
- Esfuerzo ineficaz: el flujo inspiratorio generado por el paciente es inferior al seteado en el trigger;
- Aumento de la demanda ventilatoria: el paciente realiza mayor esfuerzo durante la inspiración;
- Ciclo corto: la inspiración se acorta por el inicio precoz de la espiración. Esto hace que el paciente maneje volúmenes bajos;
- Doble trigger: ocurre cuando el tiempo inspiratorio programado es más corto que el tiempo inspiratorio que maneja el paciente;
- Inspiración prolongada: se prolonga la inspiración sin conseguir que el ventilador cicle a espiración ⁽⁸⁾.

Fracaso de la VMNI

El fracaso de la VMNI puede ser dividido en tres periodos: *inmediato* cuando aparece en la primera hora de haberse iniciado la terapia; *precoz* cuando se produce entre la primera hora y las primeras 48 horas de inicio; y *tardío* cuando aparece luego de las primeras 48 horas. Hay ciertos criterios que pueden estar indicando que la respuesta a la terapia no es favorable como, por ejemplo, incremento de la disnea y el trabajo respiratorio, FR >30 respiraciones por minuto, PaCO₂ >50 mmHg, deterioro del nivel de consciencia, pH <7,30 entre otros⁽¹⁾. Cuando el paciente no responde o empeora se deberá plantear la reintubación a pesar de las complicaciones derivadas de la misma, ya que su demora puede acarrear secuelas graves hasta incluso la muerte.

iii.b.5 Complicaciones de la VMNI

A pesar de que la VMNI es una técnica segura y eficaz, no está exenta de riesgos y complicaciones. A continuación, se encuentran enumeradas algunas de las posibles complicaciones que puede presentarse sobre todo cuando la técnica no es aplicada de forma criteriosa y con cuidado o simplemente no se tiene en cuenta que cada paciente es diferente y su respuesta a la VMNI puede variar.

Neumonía

A pesar de que la VMNI reduce sustancialmente el riesgo de infecciones nosocomiales sobre todo en pacientes inmunodeprimidos y porque conserva los mecanismos de defensa de la vía aérea, puede producirse como consecuencia de aspiración de contenido gástrico por vómitos⁽⁸⁾.

Barotrauma

Se produce por exceso de presión en el pulmón. Es una complicación bien conocida, aunque tiene baja incidencia; puede presentarse en pacientes EPOC, neuromusculares, fibroquísticos y aquellos que presenten infecciones nosocomiales entre otros, es por eso que hay que configurar correctamente los niveles de presión administrados⁽⁸⁾.

Hipercapnia

Está relacionada con la reinhalación de CO₂ en mascarar que no presentan válvula espiratoria; en los equipos a dos niveles de presión se recomienda que la EPAP tenga un valor mínimo de 4 cmH₂O o utilizar un sistema de doble tubuladura para evitar la reinhalación del gas espirado⁽⁸⁾.

Claustrofobia

Puede ocasionar una leve molestia o hasta llegar a producir desagradable sensación de asfixia⁽⁸⁾.

Úlceras por presión

Suelen producirse cuando la fijación de la interface se realiza con excesiva presión. Puede evitarse mediante el uso de apósitos en las zonas de apoyo y utilización de cremas hidratantes⁽⁸⁾.

Ruido

Tiene relación con el tipo de interfase utilizada; puede alterar el sueño del paciente y hasta generar hipoacusia temporal⁽⁸⁾.

Edema de miembros superiores

Consecuencia del desajuste del retorno venoso y la circulación linfática sobre todo en aquellos pacientes con sistema Helmet⁽⁸⁾.

Fugas

Es la complicación más común consecuencia de no realizar un buen sellado. Un porcentaje de fuga (20-30 ml) no es perjudicial; en caso de presentarse no debe permitirse sobre los ojos ya que promueve la sequedad de la mucosa ocular y posteriormente úlcera de córnea. Se puede mejorar mejorando el ajuste de los arneses y la mascarilla, así como también revisando las tubuladuras y conexiones⁽¹⁾.

Irritación ocular

Consecuencia de permitir la aerosolterapia sobre los ojos⁽⁸⁾.

Sequedad de mucosas

El uso de humidificadores puede ser beneficioso para evitar este tipo de complicación⁽⁸⁾.

Distensión abdominal

No se debe aplicar IPAP muy elevada ya que esto puede favorecer el paso de aire desde la cavidad torácica a la cavidad gástrica⁽⁸⁾.

iii.c Modificaciones respiratorias posoperatorias

Es un hecho frecuente que la función pulmonar se vea afectada en el POP tanto de cirugía torácica como general; la anestesia, el dolor, el sitio de la cirugía, a menudo inducen modificaciones respiratorias; el origen de estas suele ser multifactorial (anestesia, estrés quirúrgico, posición del paciente, etc.), conduciendo a una situación de bajos volúmenes pulmonares (CV, CRF y VC), retención de secreciones por mal manejo de las mismas y formación de atelectasias.

A continuación, se describen las posibles modificaciones posoperatorias que pueden presentarse:

- *Modificación de la mecánica y patrón respiratorio:* por lo general, el POP de estos pacientes suele acompañarse de un intenso dolor que va a condicionar un síndrome restrictivo en el cual los pacientes adoptan una respiración de tipo superficial con reducción/abolición de los suspiros (respiraciones profundas); esto conlleva a la caída de la CRF Y CV, así como también de los volúmenes pulmonares. A partir de aquí deben aplicarse todas las medidas necesarias para el control del dolor durante el POP⁽⁸⁾;
- *Modificación del intercambio gaseoso:* se debe fundamentalmente al colapso alveolar que se produce por lo dicho anteriormente; este colapso determina la aparición de atelectasias que producen hipoxemia comprometiendo aún más la situación del enfermo⁽⁸⁾;
- *Modificación de los mecanismos de defensa:* son dos mecanismos que existen para el movimiento de secreciones; a nivel de las vías aéreas de pequeño calibre el sistema respiratorio cuenta con los cilios, que son estructuras con aspecto de pelo que realizan un movimiento ondulatorio (movimiento ciliar, que se ve afectado durante todo el acto quirúrgico) para la movilización de secreciones de distal a proximal; cuando las secreciones se encuentran acumuladas en la vía aérea superior entra en acción el segundo mecanismo que es la tos, cuya finalidad es terminar expulsando las secreciones. En el POP es frecuente que la tos se encuentre abolida principalmente por el dolor que produce y porque esto lleva a que el enfermo tenga miedo de toser. Esta es otras las razones por las que es muy importante el manejo del dolor, ya que al tener alterados los

mecanismos de defensa del sistema respiratorio va a conducir a la retención de las secreciones con los riesgos que eso implica⁽¹⁸⁾;

- *Disquinesia diafragmática*: puede deberse a una disminución de la actividad del nervio frénico por reflejos aferentes que puede provenir de diafragma, pleura u otras vísceras. Aparece tempranamente en el POP y puede durar varios días; contribuye a la caída de los volúmenes pulmonares y a la aparición de complicaciones pulmonar posoperatorias⁽¹⁹⁾.

Ya que dichas modificaciones pueden conducir a la aparición de complicaciones respiratorias con el consecuente fallo respiratorio, para sea más fácil de entender se hace referencia a la ecuación de movimiento del sistema respiratorio:

$$P_{mi} = (F \times R) + (E \times V_t) + \text{Auto-PEEP}$$

(componente neuromuscular) (componente de carga)

P_{mi}: presión inspiratoria; *R*: resistencia (componente resistivo de la VA); *F*: flujo en la VA; *E*: elastancia (componente visco-elástico toraco-pulmonar); *V_t*: volumen tidal o volumen corriente; *Auto-PEEP*: PEEP intrínseca.

Esta ecuación determina que para que se produzca flujo inspiratorio, se debe generar una presión que pueda vencer la impedancia del sistema respiratorio; esa presión puede ser generada por los músculos de la respiración a través de su contracción o mediante la aplicación de presión positiva. Esto significa que el componente neuromuscular debe vencer al componente de carga. Por ejemplo, si se produce una disminución en el componente neuromuscular, este no será capaz de vencer la carga alterando el ingreso de flujo de aire. Si por el contrario el componente de carga se encuentra incrementado, implicara un incremento en la contracción de los músculos de la respiración; cuando esta situación se prolonga en el tiempo desembocara en fatiga de dichos músculos perdiendo eficacia para mantener un adecuado volumen corriente⁽⁴⁾.

iii.d Atelectasias

El acto anestésico-quirúrgico produce una serie de modificaciones en el aparato respiratorio desde el momento de la inducción. En 1963 se comenzó a observar que el colapso pulmonar se encontraba en el 85-90% de los pacientes anestesiados y, para la década del 90, ya se comienza a cuantificar la presencia de atelectasias mediante TAC⁽¹⁸⁾. El primer estadio es la denominada microatelectasia, que no puede ser identificada mediante examen radiográfico, pero es causa de hipoxemia objetivable por el aumento del gradiente alveolo-arterial. En un segundo estadio ya se pueden observar alteraciones radiológicas compatibles con macroatelectasias que se acompañan de fiebre e incremento en la producción de secreciones⁽⁸⁾.

Durante la anestesia la ventilación predomina en las regiones ventrales en relación a las dorsales (están mejor perfundidas, pero no ventiladas) y esto lleva a la aparición de un shunt derecha-izquierda que junto con el desplazamiento cefálico del diafragma produce una disminución de los volúmenes pulmonares. Consecuentemente se verá reducida la CRF, así como también se producirá un descenso de la distensibilidad que se acompaña con el deterioro de la oxigenación⁽⁸⁾. Las atelectasias suelen desarrollarse de forma rápida, generalmente en las primeras 24 horas luego de la cirugía, pero, se sabe que pueden aparecer precozmente durante la inducción anestésica, el intraoperatorio y persistir en el posoperatorio⁽³⁾. Pasadas las 72 horas posoperatorias, si la atelectasia no ha sido resuelta, las probabilidades de neumonía aumentan considerablemente⁽²⁰⁾.

Causas de formación

La causa exacta de cómo se desarrollan las atelectasias no es clara; la fisiopatología del colapso alveolar durante la anestesia se produce por 3 mecanismos: compresión, disminución del surfactante y absorción. Sin embargo, hay otros factores que pueden contribuir como por ejemplo la posición quirúrgica, el sitio de cirugía, la anestesia general, la edad, obesidad, que perdure en el tiempo el colapso pulmonar, entre otras:

- *Atelectasia por compresión:*

Ocurre cuando la presión transmural negativa que distiende al alveolo desciende o desaparece produciendo que dichos alveolos colapsen; esta situación puede agravarse en ausencia de respiración espontánea. El diafragma es la estructura que se encarga de separar la cavidad torácica de la abdominal, generando la diferencia de presiones para que se produzca la expansión torácica. Durante el acto quirúrgico, la anestesia y la posición en decúbito hacen que el diafragma se desplace hacia cefálico, por lo que ya no puede mantener la diferencia de presiones y favorece la compresión de las bases pulmonares. Además, la disminución de la sección transversal del diafragma durante la cirugía también contribuye a la formación de atelectasias. Ambos mecanismos van a conducir a una disminución de la CRF ya sea por compresión o por la pérdida de la tracción de la pared torácica;

- *Atelectasia por disminución de surfactante:*

El surfactante es una sustancia fabricada por los neumocitos tipo II cuya función es disminuir la tensión superficial que tiende a colapsar los alveolos; dicha sustancia hace que el pulmón sea más distensible, da estabilidad alveolar y mantiene la superficie del alveolo seca. El surfactante puede verse afectado durante la utilización de gases anestésicos (generan una reducción de los volúmenes pulmonares) y durante la ventilación mecánica invasiva (produce reducción del surfactante en la pared alveolar);

- *Atelectasia por absorción:*

Se produce cuando se obstruye la comunicación entre la vía aérea y la atmosfera generando que el aire quede atrapado en los alveolos; consecuentemente la relación V/Q se verá afectada ya que la sangre venosa mixta perfunde los alveolos no ventilados conduciendo al colapso total de la unidad alveolar por desplazamiento del gas. Esta situación se acelera cuando se utiliza alta FIO₂. Ya con una relación V/Q se encuentra por debajo del valor crítico aumenta la probabilidad de formación de atelectasias⁽¹⁸⁾.

Factores de riesgo

1. Obesidad: los pacientes obesos suelen tener menor CRF y su presión intraabdominal suele mayor lo cual favorece la formación de atelectasias en comparación con los no obesos⁽¹⁸⁾:

2. Tipo de anestesia: las atelectasias suelen aparecer tras la inducción de cualquier anestésico a excepción de la ketamina ya que no deprime el centro respiratorio;
3. Cirugía general (abdominal y bariátrica) y torácica: la manipulación quirúrgica puede dañar a los músculos de la respiración, restringir la ventilación y favorecer el desarrollo de atelectasias⁽²¹⁾;
4. Posición quirúrgica: a diferencia de la bipedestación, el decúbito suele producir una disminución de la CRF principalmente porque el diafragma tiende a desplazarse hacia cefálico. Sin embargo, los pulmones suelen comportarse distinto en los diferentes decúbitos: el decúbito lateral predispone al pulmón inferior a desarrollar atelectasia mientras que el pulmón superior incrementa su CRF; por el contrario el decúbito prono puede producir un leve incremento de la CRF pero no evita la formación de atelectasias⁽¹⁸⁾;
5. FIO₂: es un punto de controversia ya que durante el acto quirúrgico la utilización de alta FIO₂ se ha asociado a la formación de atelectasias; las posibilidades de no intubar al paciente durante una cirugía mayor son prácticamente escasas, sobre todo porque los anestésicos utilizados tienden a deprimir el centro respiratorio; es vital proporcionarle al paciente una adecuada oxigenación ya que de lo contrario el riesgo de hipoxia se incrementa, es por esto, que el uso de baja FIO₂ no se recomienda durante el acto quirúrgico y tendrán que utilizarse otras herramientas para la prevención y tratamiento de atelectasias⁽²²⁾.

Complicaciones

Cuando las atelectasias perduran en el tiempo o no son abordadas correctamente, sumado a otros factores como al dolor posoperatorio que experimenta el paciente, la abolición de los suspiros y de la tos, el abuso de analgésicos depresores de la respiración entre otros, puede desembocar en el desarrollo de neumonía. Es una de complicaciones más temidas ya que puede tener una mortalidad de hasta un 46%⁽¹⁸⁾. Otras de las posibles complicaciones derivadas de las atelectasias son la disminución de la distensibilidad toraco-pulmonar y el deterioro de la oxigenación.

iii.e Ventilación mecánica no invasiva en el posoperatorio

En los últimos años, el uso de VMNI en el periodo POP ha ido en aumento, con el objetivo de paliar los efectos adversos derivados del acto anestésico-quirúrgico sobre la función pulmonar y porque evita en gran medida las complicaciones derivadas de la reintubación como la neumonía, la sedación y la pérdida de los mecanismos de defensa de la vía aérea entre otras⁽³⁾.

La VMNI en el POP puede ser aplicada tanto de forma preventiva, profiláctica o terapéutica, aunque las dos últimas son las modalidades más utilizadas y serán desarrolladas a continuación:

- *VMNI profiláctica:* llevada a cabo la cirugía se procede a la extubación del paciente y la VMNI se aplica con la intención de reducir las complicaciones respiratorias posoperatorias y mejorar la oxigenación. Se destaca la modalidad CPAP. El uso de CPAP profiláctico parece disminuir la incidencia de atelectasias posoperatorias⁽²³⁾;
- *VMNI terapéutica:* en presencia de hipoxemia derivada de la atelectasia la VMNI se aplica con el objetivo de incrementar la ventilación pulmonar, reducir el trabajo respiratorio y evitar la reintubación entre otros. Puede utilizarse tanto la modalidad BIPAP como CPAP⁽²⁴⁾.

VMNI en POP de cirugía torácica y general

Durante la cirugía torácica y general (específicamente abdominal y bariátrica) se producen marcadas pérdidas de volumen pulmonar, lo que lleva al desarrollo de atelectasias. Estos cambios se producen rápidamente en el POP, y se les ha atribuido el nombre de “síndromes restrictivos pulmonares posquirúrgicos”. Cualquiera de las modalidades de la VMNI, principalmente BIPAP, CPAP y PSV, tiene efectos beneficiosos ya que incrementan la presión alveolar favoreciendo la reexpansión de las atelectasias y el incremento del volumen pulmonar. Desde el punto de vista hemodinámico, la presión positiva intratorácica disminuye el retorno venoso produciendo la reducción de la pre-carga y aumentando la poscarga del ventrículo derecho e izquierdo; en consecuencia, puede reducir la presión arterial y el gasto cardíaco⁽⁸⁾. Si bien no hay un protocolo exacto para su aplicación, hay algunas recomendaciones disponibles para tener en cuenta:

- Los parámetros del ventilador deben ajustarse para que entreguen las menores presiones inspiratorias posibles, con el objetivo de darle confort al paciente y mejorar el intercambio gaseoso;
- El confort y la adaptación del paciente pueden lograrse incrementando la presión de soporte: se recomienda comenzar con presión soporte de 3-5 cmH₂O y realizar incremento de a 2 cmH₂O hasta que el paciente se sienta cómodo y disminuya su FR;
- Es importante que cualquier complicación derivada de la cirugía sea eliminada antes de iniciar la VMNI;
- El paciente debe ser capaz de proteger su vía aérea⁽²⁴⁾.

Para finalizar, si bien las contraindicaciones para el uso de VMNI son relativamente pocas, se deben tener en cuenta porque pueden llevar al fracaso de la técnica o incluso perjudicar la situación del enfermo. Dentro de las contraindicaciones se encuentran:

1. Paro cardiorrespiratorio;
2. Inestabilidad hemodinámica;
3. Trauma o cirugía cráneo-facial;
4. Incapacidad de proteger la vía aérea;
5. Arritmia ventricular severa;
6. Quemaduras faciales;
7. Incapacidad de cooperar;
8. Obstrucción de la vía aérea;
9. Deterioro del nivel de consciencia, entre otros.

iv. JUSTIFICACIÓN

La VMNI puede ser utilizada en el periodo postoperatorio con el objetivo de disminuir los efectos adversos del acto anestésico-quirúrgico sobre la función pulmonar, cuya consecuencia final es una alteración del intercambio gaseoso⁽³⁾.

Tanto la cirugía general como la torácica pueden estar asociadas a una serie de complicaciones graves que pueden perjudicar la recuperación del paciente. En particular, las complicaciones pulmonares posoperatorias (CPP) como las atelectasias, son un factor importante de morbimortalidad⁽²⁵⁾. Por otra parte, el dolor postoperatorio se caracteriza por ser de gran intensidad, afectando negativamente a la tos y la respiración profunda, empeorando la atelectasia y aumentando el riesgo de infección y desarrollo de IRA. Aunque la ventilación mecánica endotraqueal sigue siendo una de las principales estrategias para el tratamiento de la IRA, se ha demostrado que la mortalidad asociada a enfermedad pulmonar se relaciona en gran medida con las complicaciones derivadas de la reintubación posoperatoria⁽²⁶⁾.

La aplicación de presión positiva en la vía aérea es una terapia eficaz a la hora de prevenir las atelectasias, porque no solo mejora las alteraciones del intercambio gaseoso, sino que también evita las complicaciones derivadas de la reintubación como la pérdida de los mecanismos de defensa de la vía aérea, del reflejo deglutorio, el habla y la colonización de bacterias entre otras. Por lo tanto, la VMNI utilizada de forma inmediata y continuada en el postoperatorio tanto de forma preventiva, profiláctica o terapéutica en pacientes de riesgo, podría reducir la incidencia de atelectasias, así como también disminuir la necesidad de IOT.

Con objeto de profundizar lo anteriormente dicho, se recolecta información sobre el uso y los efectos de VMNI en el periodo postoperatorio.

v. MÉTODO

Para realizar la revisión bibliográfica de la literatura se consultaron las bases de datos MEDLINE (PUBMED), y BIREME; recopilando los artículos publicados desde Enero de 2007 hasta Diciembre de 2017.

v.a. Estrategias de búsqueda bibliográficas

Los términos de búsqueda utilizados fueron:

- En inglés:
 - “Pulmonary Atelectasis” [MeSH].
 - “Respiratory Therapy” [MeSH].
 - “NonInvasive Ventilation” [MeSH].
 - “Physical Therapy” [MeSH].
 - “General Surgery” [MeSH].
 - “Abdominal Surgery” [MeSH].
 - “Thoracic Surgery” [MeSH].
- En castellano:
 - “Atelectasia Pulmonar” [DeCS].
 - “Terapia Respiratoria” [DeCS].
 - “Ventilación No Invasiva” [DeCS].
 - “Terapia Física” [DeCS].
 - “Cirugía General” [DeCS].
 - “Cirugía Abdominal” [DeCS].
 - “Cirugía Torácica” [DeCS].

v.b. Combinación de términos

v.b.1 Combinación de términos en inglés

- [Pulmonary Atelectasis] AND [Noninvasive Ventilation]:
 - En PubMed: 71 artículos, de los cuales se seleccionaron 3 para el análisis.
- [Thoracic Surgery] AND [Noninvasive Ventilation]:
 - En PubMed: 258 artículos, de los cuales se seleccionaron 5 para el análisis.
- [Pulmonary Atelectasis] AND [Noninvasive Ventilation] OR [Respiratory Therapy]:
 - En PubMed: 1835 artículos, de los cuales ninguno se seleccionó para el análisis.
- [General Surgery] AND [Noninvasive Ventilation]:
 - En PubMed: 58 artículos, de los cuales ninguno se seleccionó para el análisis.
- [Abdominal Surgery] AND [Noninvasive Ventilation]:
 - En PubMed: 23 artículos, de los cuales se seleccionaron 2 para el análisis.

v.b.2 Combinación de términos en castellano

- [Atelectasia Pulmonar] AND [Terapia Física]:
 - Bireme: 31 artículos, de los cuales ninguno se seleccionó para el análisis.
- [Cirugía torácica] AND [Ventilación No Invasiva]:
 - Bireme: 20 artículos, de los cuales ninguno se seleccionó para el análisis.
- [Atelectasia Pulmonar] AND [Ventilación No Invasiva]:
 - Bireme: 18 artículos, de los cuales se seleccionó 1 para el análisis.
- [Cirugía Abdominal] AND [Ventilación No Invasiva]:
 - Bireme: 11 artículos, de los cuales ninguno se seleccionó para el análisis.
- [Cirugía general] AND [Ventilación No Invasiva] OR [Terapia Respiratoria]:
 - Bireme: 166 artículos, de los cuales ninguno se seleccionó para el análisis.

v.c. Criterios de inclusión y exclusión de los artículos

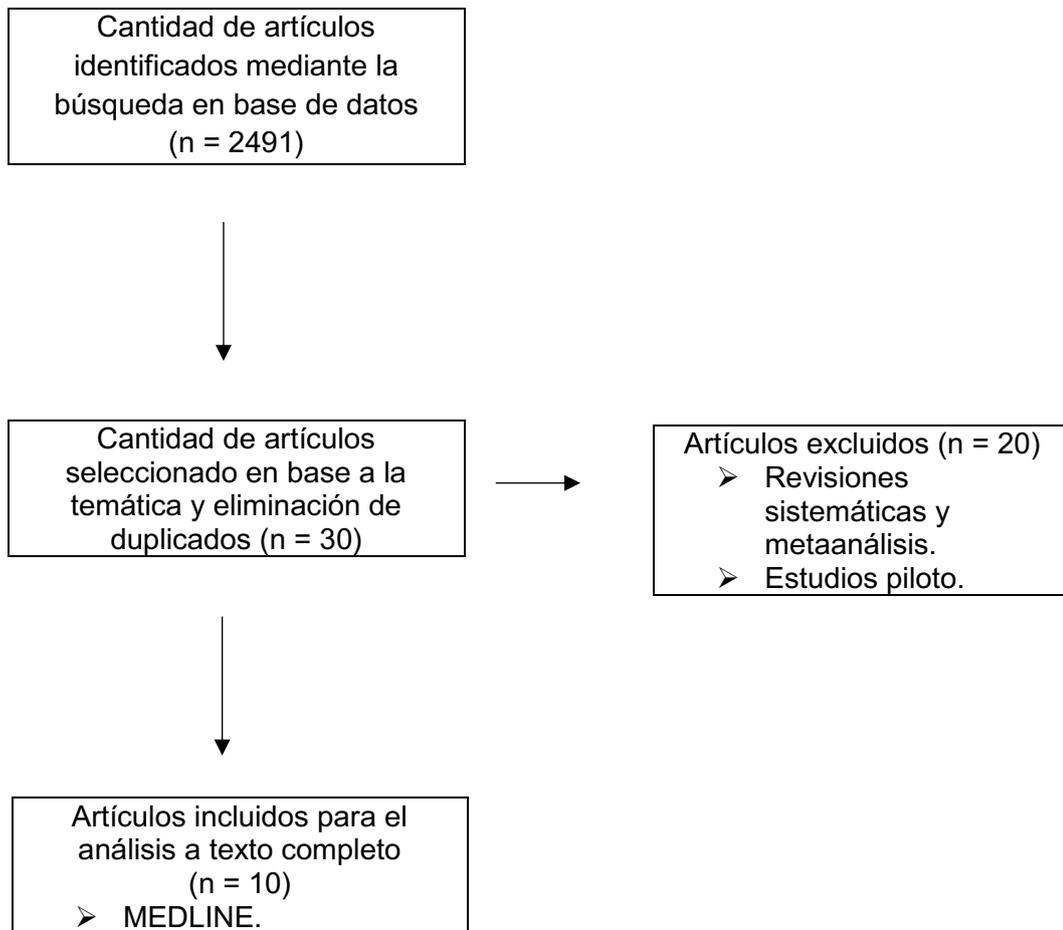
Los criterios de inclusión utilizados para la selección de artículos fueron:

- Utilización de modalidades CPAP, BIPAP.
- Pacientes sometidos a cirugía torácica.
- Pacientes sometidos a cirugía general (específicamente abdominal o bariátrica).
- Ensayos clínicos aleatorizados/controlados.
- Estudios observacionales.
- Estudios descriptivos.
- Reporte de casos.
- Adultos.
- Artículos publicados desde enero de 2007 hasta diciembre de 2017.

Los criterios de exclusión utilizados para la selección de artículos fueron:

- Ensayos clínicos realizado en animales.
- Estudios piloto.
- Revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- Cirugía cardíaca.
- Niños y adolescentes.

vi. RESULTADOS



vii. ANÁLISIS DE ARTÍCULOS

Tabla I: Estudio observacional sobre la ventilación mecánica no invasiva para IRA luego de resección pulmonar.

<u>Autor</u>	<u>Título y Año</u>	<u>Diseño</u>	<u>Población</u>	<u>Intervención</u>	<u>Variables</u>	<u>Resultados</u>
Aurelie Lefebvre et al.	“Noninvasive Ventilation For Acute Respiratory Failure After Lung Resection: An Observational Study” Año: 2009	Estudio observacional.	En un periodo de cuatro años 690 sujetos sometidos a resección pulmonar ingresaron a la UCI. Solo 89 recibieron VMNI (19% de la muestra).	Dos grupos, ambos recibieron VMNI en el modo BIPAP junto con O2 suplementario para mantener la SatO2 >90%: G1: 59 sujetos con IRA hipoxémica. G2: 30 sujetos con IRA hipercápnic. Una hora de aplicación x tres de descanso.	-Reintubación. -Complicaciones respiratorias (atelectasia, neumonía, EAP, retención de secreciones e hipoventilación alveolar). -Duración de estancia hospitalaria. -Buena respuesta a la VMNI. -Mortalidad intrahospitalaria.	13 de 89 fueron reintubados (14% p= 0.010): 11 del G1 y 2 del G2. La mortalidad intrahospitalaria fue del 10% (9 de 89 sujetos p= 0.07)) pero fue de un 46% en los pacientes reintubados. 85% tuvo buena respuesta a la técnica. No hubo diferencia en estancia hospitalaria (p= 0.70). Las complicaciones respiratorias posoperatorias fueron las causantes del desarrollo de IRA.

Con respecto a las características de los sujetos estudiados, **AURELIE LEFEBVRE et al⁽²⁷⁾** en un periodo de cuatro años incluyeron un total de 690 sujetos sometidos a cirugía de resección pulmonar (no especifica diagnóstico ni el sexo de los sujetos) de los cuales 113 experimentaron IRA en el POP y solo 89 fueron asistidos con VMNI; el objetivo del estudio era tratar la IRA hipoxémica (grupo 1) e hipercápnica (grupo 2) que se desarrolla luego de la cirugía de resección pulmonar; se recolectaba información sobre necesidad de reintubación, desarrollo de complicaciones respiratorias posoperatorias, la duración de la estancia hospitalaria, mortalidad y respuesta a la técnica; luego de la admisión a la UCI, todos los sujetos recibieron cuidados posoperatorios convencionales; se utilizaron mascaros faciales o nasales dependiendo de la cooperación; se configuraba una PEEP de 8 cmH₂O y la FIO₂ se ajustó para mantener la saturación de oxígeno mayor a 90%; la aplicación de VMNI era de una hora por tres de descanso hasta lograr estabilidad clínica; la duración media de aplicación diaria de VMNI fue de 8 (\pm 2) horas; la edad media de la muestra en el estudio fue de 61.4 (\pm 10.8). La IRA luego de la extubación fue resultado de complicaciones respiratorias posoperatorias, dominada en primer lugar por la neumonía, en segundo lugar, por la hipoventilación alveolar, y en tercer lugar las atelectasias. La duración media de la estancia en la UCI fue de 10,3 \pm 11 días, sin ninguna diferencia entre los grupos; 13 de los 89 sujetos requirieron reintubación, 11 del grupo IRA hipoxémica y 2 del grupo IRA hipercápnica; estos no respondieron favorablemente a la VMNI y fueron reintubados en un tiempo medio de 2 días; por el contrario, 24 sujetos que no recibieron VMNI necesitaron reintubación. En cuanto a la tasa de mortalidad intrahospitalaria, nueve sujetos murieron: cuatro por un cuadro de sepsis más falla multiorganica secundaria a neumonía, otro por shock hemorrágico secundario a hemotórax masivo y otro por shock séptico secundario a un cuadro hemorrágico luego de un procedimiento quirúrgico; en los tres casos restantes no se especifica la causa de muerte. Cabe destacar que no se observó muerte durante la aplicación de VMNI. Se encontró que había dos factores independientes que podían llevar al fracaso de la técnica y eran las comorbilidades cardiacas ($p = 0.007$) y ninguna respuesta al inicio de la VMNI ($p= 0.0001$); finalmente los autores confirman una tasa de éxito de la VMNI de un 85%; hubo una tasa significativamente menor de reintubación (14.6%) y mortalidad intrahospitalaria (10%).

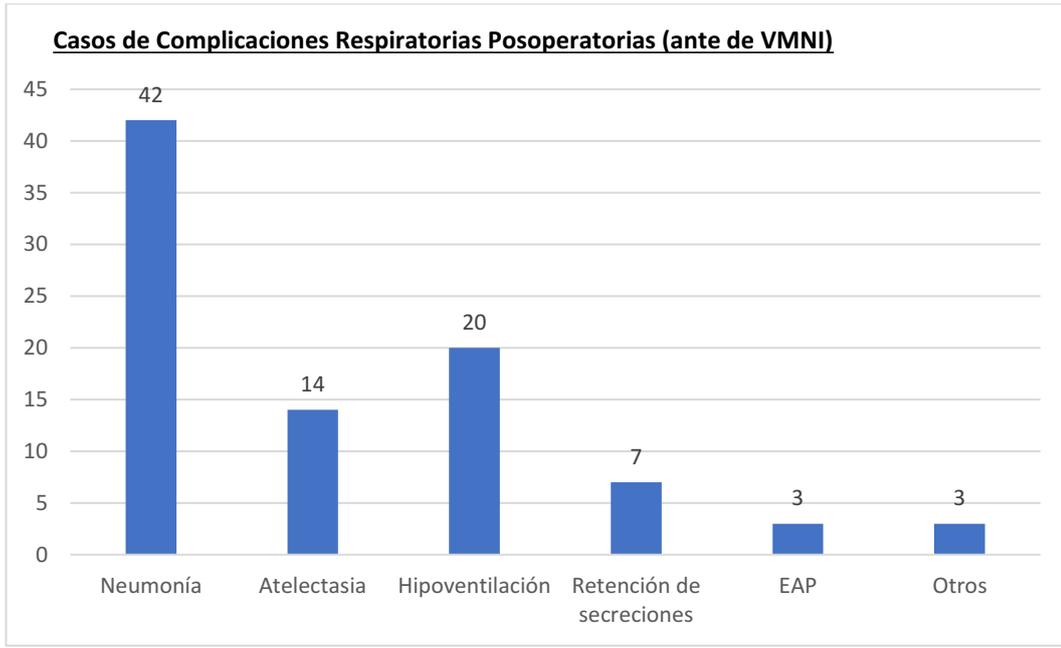


Gráfico 1: Prevalencia de complicaciones respiratorias posoperatorias

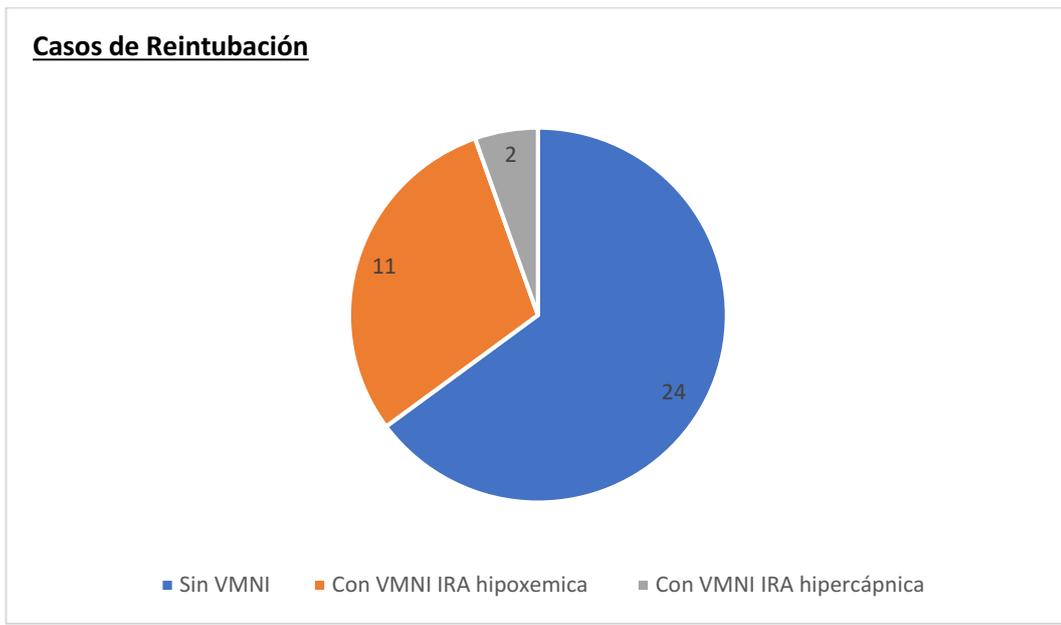


Gráfico 2: Necesidad de reintubación

Tabla II: Ensayos clínicos aleatorizados sobre VMNI en el POP de cirugía torácica.

<u>Autor</u>	<u>Título y Año</u>	<u>Diseño</u>	<u>Población</u>	<u>Intervención</u>	<u>Variables</u>	<u>Resultados</u>
Corina Ludwig et al.	<p>“Intermittent Positive-Pressure Breathing After Lung Surgery”.</p> <p>Año: 2011</p>	Ensayo clínico aleatorizado.	135 sujetos: 63 mujeres, 72 hombres con edad media de 62 años (rango entre 40-90 años). 106 pacientes necesitaron lobectomía, 8 bilobectomía, 9 neumonectomía y 12 resección segmentaria.	<p>Dos grupos:</p> <p>G1: 55 sujetos con un programa POP de rehabilitación estándar + VMNI.</p> <p>G2: 80 sujetos con un programa POP de rehabilitación estándar sin VMNI.</p>	<p>-Función pulmonar (VEF1).</p> <p>-Test de marcha de 6 minutos.</p> <p>-Complicaciones posoperatorias (atelectasias y neumonía).</p> <p>-Gasometría arterial.</p> <p>-Capacidad de difusión de CO2.</p> <p>-Duración de la estadía hospitalaria.</p> <p>-Duración del drenaje del tubo de tórax.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>No hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores pre y posoperatorios de VFE1 y test de marcha de 6 minutos ($p>0.05$). La tasa de complicaciones posoperatorias parece ser mayor en el grupo con presión positiva (27% G1 vs 19% G2 $p>0.05$). La duración de la estadía hospitalaria y del drenaje a través del tubo de tórax fue similar en ambos grupos ($p>0.05$). No se registró mortalidad.</p>

<p>Lígia Dos Santos Roceto et al.</p>	<p>“Continuos Positive Airway Pressure (CPAP) After Lung Resection: a randomized clinical trial”.</p> <p>Año: 2014</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado.</p>	<p>40 sujetos entre 45-70 años de ambos sexos con diagnóstico médico de cáncer de pulmón; se les indicó lobectomía, bilobectomía o neumonectomía.</p>	<p>Dos grupos: G1: Fisioterapia: una sesión en el POPi y dos sesiones en el 1° y 2° día POP. Incluyo THB, ejercicios de expansión pulmonar y espirometría de incentivo. O2 suplementario para mantener SatO2 >90% y broncodilatadores. G2: Fisioterapia + CPAP. CPAP desde el POPi hasta el 2° día POP (CPAP 2 veces al día, un total de 5 sesiones, hasta llegar a las 48-60 horas después de la operación) Presión inicial de 7-8,5 cmH2O. FR se mantuvo en 30 rpm. O2 suplementario para mantener SatO2 >90%.</p>	<p>-Índice de oxigenación. -Disnea. -Dolor. -Duración de la estancia hospitalaria. -Fugas de aire a través de los tubos del tórax en el POP.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>IO: fue mayor en el POPi en el G2 (p=0.024). En el 1° día POP el IO fue menor en el G1 (p=0.042). Fugas: fueron mayores en el POPi y 1° día POP en el G2 (p=0.001) que el G1 (p=0.028). Para el 2°/5° día no hubo diferencias significativas. Dolor: no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. Disnea: hubo diferencias significativas entre ambos grupos (p<0.001) en el POPi y 1° día POP. CPAP mejoro el intercambio de gases, revirtió la atelectasia, mantuvo la CRF y recluto áreas colapsadas</p>
--	--	-------------------------------------	---	--	---	---

En cuanto a las características de los sujetos estudiados, **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** se incluyeron 135 sujetos (63 mujeres; 72 hombres) a los que se les realizó cirugía de resección pulmonar por carcinoma bronquial (106 lobectomías, 8 bilobectomías, 9 neumonectomías, 12 resecciones segmentarias), los cuales dividió aleatoriamente en dos grupos (rehabilitación estándar + VMNI y rehabilitación estándar sin VMNI); la edad media fue de 62 años; el objetivo del estudio era evidenciar si la VMNI junto con la fisioterapia posoperatoria convencional mejora la función pulmonar posoperatoria, el test de marcha de seis minutos, previene el desarrollo de complicaciones respiratorias posoperatorias, acorta la estadía hospitalaria y duración de tubos en el tórax; se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes; fueron evaluados antes y después de la cirugía; la rehabilitación se inició al día siguiente a la cirugía e incluía estiramientos, respiración diafragmática, corrección postural y movimientos escapulares; la movilización temprana fue favorable siempre que fuera posible realizarla en el primer día posoperatorio; los sujetos que recibían VMNI eran alentados a recibir al menos tres aplicaciones diarias con una presión de 15-20 cmH₂O; el programa de rehabilitación continuó hasta que los sujetos eran dados de alta; por otro lado, **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** incluyó 40 sujetos (17 mujeres; 23 hombres) a los que se les realizó cirugía de resección pulmonar por cáncer de pulmón (28 lobectomías, 10 neumonectomías, 2 bilobectomías) y a los cuales dividió aleatoriamente en dos grupos: grupo 1 recibía fisioterapia posoperatoria mientras el grupo 2 combinaba fisioterapia posoperatoria junto con VMNI; la edad media fue de 56.05 (\pm 10.73) en el grupo que recibió solo fisioterapia y de 60 (\pm 8.93) en el grupo que recibió fisioterapia junto con CPAP; buscó evaluar los efectos de la VMNI posoperatoria sobre la disnea (escala de BORG), dolor posoperatorio (escala analógica visual), duración de estancia hospitalaria, presencia de fugas a través de los tubos del tórax y el índice de oxigenación; como se menciona anteriormente, dividió aleatoriamente a los 40 sujetos en dos grupos (grupo control: fisioterapia posoperatoria; grupo dos: fisioterapia posoperatoria + VMNI); se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes; los sujetos eran evaluados antes y después del procedimiento quirúrgico; durante el periodo preoperatorio se realizó historia clínica, examen físico, gasometría arterial y pruebas de función pulmonar; además se les dio información sobre el procedimiento quirúrgico, tipo de incisión, intubación, anestesia, y se hizo especial hincapié en la importancia de la tos durante el POP y la necesidad de comprometerse con el reposo en cama y tratamiento; la fisioterapia posoperatoria incluyó técnicas de higiene bronquial (tos, vibración y espiración forzada),

expansión pulmonar, espirometría de incentivo, patrones ventilatorios en combinación con movimientos de miembros superiores e inferiores; el grupo que combino CPAP con fisioterapia posoperatoria utilizo interfaz nasal y las sesiones comenzaban cuatro horas después de la extubación extendiéndose hasta el segundo día posoperatorio (cinco sesiones en total); dichas sesiones duraban dos hora; la presión positiva inicial fue relativamente baja (7 cmH20) y fue ajustándose según tolerancia; el grupo de fisioterapia posoperatoria también inicio sus sesiones cuatro horas después de la extubación hasta el segundo día posoperatorio (tres sesiones en total); ambos grupos fueron provistos de oxigeno suplementario para mantener la saturación de oxigeno por encima de 90.

En cuanto a los resultados, si bien las muestras son variadas en cuanto a sexo, pero distintas en número (135 versus 40), en ambos estudios los sujetos tenían diagnóstico de cáncer de pulmón; el propósito también era similar, comparar un programa de rehabilitación posoperatoria convencional sin VMNI con otro que si incluía dicha técnica. En primer lugar, el momento de inicio de la rehabilitación posoperatoria difiere; por un lado, en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** la rehabilitación inicia el día anterior a la cirugía y se retoma a las 24 horas después del procedimiento quirúrgico, mientras que **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** la rehabilitación de los sujetos comienza cuatro horas después de la extubación; esto podría tener un papel importante sobre los resultados finales. Por otro lado, el abordaje quirúrgico también es otro punto divergente: en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** el abordaje quirúrgico es toracotomía con sección de los músculos de tórax, mientras que **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** optan por toracotomía conservadora sin seccionamiento de los músculos dorsal ancho y serrato; a pesar de que el control del dolor es un punto importante en el POP de estos sujetos y, aunque en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** no se incluyó dicha variable, claro está que el nivel de dolor será distinto en ambos estudios; en cuanto a los resultados del dolor posoperatorio medido con la Escala Analógica Visual (VAS) en el estudio de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾**, este no presentó diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p > 0.05$). Un punto a tener en cuenta es que en ambos estudios las muestras presentan sujetos fumadores pero, en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** se solicita a los sujetos que dejen de fumar tres meses antes de la cirugía, aunque no especificó el por qué. En lo que respecta a las complicaciones respiratorias posoperatorias, el panorama no es muy alentador en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾**, ya que, hay una ligera

tendencia a que estas se produzcas más en el grupo que recibió rehabilitación estándar + VMNI; por el contrario, en el estudio de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** la aplicación de CPAP junto con la rehabilitación posoperatoria mantuvo la CRF, reclutó las áreas colapsadas, invirtió la atelectasia y mejoró el intercambio gaseoso. En cuanto a la duración de la estancia hospitalaria, si bien en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** fue similar en ambos grupos, en el de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** la duración fue más corta en el grupo que combinó CPAP con rehabilitación convencional aunque no especifica la cantidad de días. En lo que respecta a la función pulmonar, en el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** no hubo diferencias significativas entre ambos grupos cuando se compararon los valores pre y posoperatorios (igual con el test de marcha de seis minutos), mientras que **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** si bien no se incluye directamente la función pulmonar como una variable, se observaron mejorías en la oxigenación de la sangre e intercambio gaseoso en el grupo CPAP + rehabilitación convencional en comparación con los valores preoperatorios, y es aquí otro punto de discrepancia entre ambos estudios. En cuanto al resto de las variables del estudio de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾**, el índice de oxigenación fue mayor en el grupo que combinó CPAP con rehabilitación convencional sobre todo en el posoperatorio inmediato y el primer día posoperatorio ($p = 0.024$); las fugas de aire fueron mayores en el mismo grupo en el posoperatorio inmediato y primer día posoperatorio ($p = 0.001$); y por último, la sensación de disnea medida con Escala de Borg, fue significativamente menor en el grupo CPAP ($p < 0.001$).

Tabla III: Ensayos clínicos aleatorizados controlados sobre VMNI en posoperatorio de cirugía torácica.

Autor	Título y Año	Diseño	Población	Intervención	Variables	Resultados
Guangyuan Liao et al.	<p>“Prophylactic Use Of Noninvasive Positive Pressure Ventilation In Postthoracic Surgery Patients: A Prospective Randomized Control Study”</p> <p>Año: 2011</p>	Ensayo clínico controlado aleatorizado.	51 sujetos que recibieron cirugía torácica sin carácter de emergencia.	<p>Dos grupos:</p> <p>G1: 27 sujetos recibieron cuidados posoperatorio convencionales.</p> <p>G2: 23 sujetos recibieron VMNI posoperatoria (modo BIPAP).</p>	<p>-Función pulmonar (VEF1, CVF, VEF1/CVF, CRF).</p> <p>-Volumen residual (VR).</p> <p>-Reexpansión pulmonar.</p> <p>-Complicaciones posoperatorias (atelectasias, sibilancias, neumonía, IRA).</p> <p>-Tolerancia a la VMNI.</p> <p>-Fugas de aire pleural.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>No hubo cambios significativos en la función pulmonar ($p>0.05$). VR en la 1° semana POP fue menor en el G2 ($p=0.02$). La reexpansión pulmonar fue deficiente en 3 sujetos de G2 vs 13 del G1 ($p=0.008$).</p> <p>No hubo diferencias significativas en las complicaciones posoperatorias ($p>0.05$).</p> <p>Tolerancia de VMNI fue buena en el 57%. No hubo diferencias significativas en las fugas de aire pleural ($p=0.692$).</p>

<p>Maria Barbagallo et al.</p>	<p>“Prophylactic Use Of Helmet CPAP After Pulmonary Lobectomy: A Prospective Randomized Controlle Study”.</p> <p>Año: 2012</p>	<p>Ensayo clínico controlado aleatorizado.</p>	<p>54 sujetos (todos sometidos a lobectomía pulmonar por cáncer de pulmón). 4 fueron excluidos para el estudio quedando 50. Criterios de exclusión: IRA grave, cirugía gastroesofágica, trauma facial, ansiedad, claustrofobia, enfermedad cardiaca grave, incapacidad de defender VA, trastornos neurológicos o psiquiátricos.</p>	<p>Dos grupos: G1: 25 sujetos recibieron oxigenoterapia en el POP. G2: 25 sujetos recibieron oxigenoterapia + CPAP (CPAP durante 120 minutos alternando con oxigeno durante cuatro horas) en el POP.</p>	<p>-PaCO2. -Complicaciones pulmonares posoperatorias menores (atelectasia sublobar, retención de esputo no complicada) y mayores (atelectasia lobar, retención de esputo complicada y neumonía). -PAFI. -Mortalidad. -Fugas de aire a través de tubos en tórax. -Estadía hospitalaria.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>PaCO2 no hubo diferencias significativas en el POP en ambos grupos(p>0.05). Complicaciones menores: 7 sujetos grupo CPAP desarrollaron complicaciones menores vs 4 sujetos grupo control y complicaciones mayores fueron similares en ambos grupos (p>0.05). Fugas: no hubo diferencias significativas. PAFI mejoro en el grupo CPAP(p=0.004), pero, la mejoría se perdió al suspender el tratamiento. Estadía hospitalaria fue menor en el grupo CPAP(p=0.42)</p>
---------------------------------------	--	--	---	--	--	---

Con respecto a las características de los sujetos estudiados, **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ incluyó en su estudio 51 sujetos (37 hombres; 13 mujeres) sometidos a cirugía torácica sin carácter de urgencia, dividiéndolos aleatoriamente en dos grupos (27 en el grupo de cuidados posoperatorios convencionales y 23 en el grupo VMNI); la edad media fue de 55 (± 12.9); tenía como objetivo evaluar los efectos de la VMNI en el POP de cirugía torácica sobre la función pulmonar, volumen residual, aparición de complicaciones respiratorias posoperatorias, reexpansión pulmonar, tolerancia a la técnica y presencia de fugas de aire a través de los tubos del tórax comparándolo con los cuidados posoperatorios convencionales; para llevarlo a cabo dividió aleatoriamente a 50 sujetos en dos grupos como se dijo anteriormente; el grupo de VMNI realizó una prueba de adaptación al tratamiento durante 1-2 horas antes de la cirugía; un día después de la operación, cuando el sujeto ya se encontraba consciente y podía toser, se iniciaba la terapia; se programó una IPAP de 13 cmH₂O y EPAP de 4 cmH₂O; la duración total media de la VMNI fue de 13.5 (± 4.9) horas y las interfaces utilizadas fueron la nasal en 21 sujetos y facial en 2; se realizaron evaluación antes de la operación, durante el tratamiento y una semana después de la cirugía; se recolectaban datos sobre función pulmonar, radiografía de tórax, TAC y evaluación clínica; por otro lado, **MARIA BARBAGALLO et al**⁽³¹⁾ incluyó en su estudio 50 sujetos sometidos a lobectomía por cáncer de pulmón, sosteniendo que dicho sujetos tienen alto riesgo de desarrollar complicaciones respiratorias posoperatorias graves; dicho esto dividió aleatoriamente a los sujetos en dos grupos (un grupo control que recibía oxigenoterapia posoperatoria y otro grupo de CPAP posoperatorio junto con oxigenoterapia); la edad media fue de 65 en el grupo de control y de 69 en el grupo CPAP; (31), evaluó los efectos de la VMNI combinada con oxigenoterapia (con interfaz "Helmet") sobre la prevención de complicaciones respiratorias posoperatorias, duración de la estancia hospitalaria, presencia de fugas a través de los tubos del tórax, niveles de PaCO₂, de PAFI y mortalidad en comparación con la oxigenoterapia sola; para ello dividió aleatoriamente a 50 sujetos quienes el día anterior a la cirugía fueron informados sobre la naturaleza y potenciales riesgos del estudio; se obtuvo consentimiento informado por escrito de todos los sujetos; fueron evaluados antes y después de la cirugía; luego de la admisión en la UCI, fueron aleatorizados en los respectivos grupos; el protocolo de VMNI consistía en dos horas de aplicación de CPAP con interfaz "Helmet" y además se configuró una PEEP de 8 cmH₂O; al finalizar el ciclo de VMNI los sujetos fueron tratados con un soporte de oxígeno (FIO₂ 0.40); los sujetos del grupo control recibieron terapia de oxígeno continua con una FIO₂

de 0.40; todos los sujetos recibieron terapia antibiótica, aerosolterapia (Salbutamol), se les realizó gasometría arterial durante las primeras 48 horas y examen radiográfico todos los días; las complicaciones respiratorias posoperatorias fueron clasificadas en menores (atelectasia sublobar, retención de secreciones sin complicaciones) y mayores (atelectasia lobar, retención de esputo complicada y neumonía).

En relación a los resultados, cabe destacar que el diagnóstico de las muestras eran diferentes; **MARIA BARBAGALLO et al**⁽³¹⁾ incluyó sujetos con diagnóstico de cáncer de pulmón, mientras **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ presentó varios diagnósticos: 30 sujetos con tumor maligno, once con EPOC, tres con tumor benigno, dos con bronquiectasias, tres con neumonía, uno con carcinoma esofágico y otro con quiste pericárdico; a pesar de esto, **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ no especifica el procedimiento quirúrgico llevado a cabo, lo que hace difícil interpretar los resultados de las variables ya expuestas. En lo que respecta a las complicaciones respiratorias posoperatorias, en el estudio de **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ se produjeron en total diez en el grupo VMNI y ocho en el grupo control, y aunque la diferencia no es estadísticamente significativa ($p > 0.05$), se puede observar nuevamente esta leve tendencia de que las complicaciones se presenten más en el grupo que recibe VMNI; en cuanto al estudio de **MARIA BARBAGALLO et al**⁽³¹⁾ la diferencia tampoco fue estadísticamente significativa. En relación a la función pulmonar, en el estudio de **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ no hubo diferencias estadísticamente significativas cuando se compararon los valores pre y posoperatorios; además el volumen residual medido por TAC una semana después de la cirugía, fue significativamente menor en el grupo VMNI ($p = 0.02$); a pesar de que el estudio de **MARIA BARBAGALLO et al**⁽³¹⁾ no toma a la función pulmonar como una variable, sí hace referencia al nivel PAFI que es un indicador de gravedad en sujetos que tienen alterado el intercambio gaseoso, y pudo observarse que los sujetos que recibieron VMNI junto con oxigenoterapia nueve horas después de la cirugía, presentaban un nivel de PAFI más alta que el grupo control (366 versus 259), siendo la diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.004$); sin embargo, al suspenderse la terapia con VMNI esta diferencia se perdió y la PAFI fue análoga en ambos grupos a las 24, 48 horas y primera semana posoperatoria. Con respecto al resto de las variables expuestas en cada artículo, vale destacar que en el estudio de **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ la reexpansión pulmonar fue deficiente en trece sujetos del grupo de cuidados convencionales versus tres del grupo VMNI, siendo la diferencia estadísticamente significativa (p

= 0.008), y este no es un dato menor, ya que la reexpansión pulmonar es un factor importante para la recuperación de los sujetos; en cuanto a la tolerancia a la técnica, el 57% de los sujetos respondió favorablemente, un 30% tuvo respuesta regular, y el 13% restante tuvo respuesta pobre que se debió a distensión gástrica, falta de cooperación y claustrofobia; por último, en el estudio de **MARIA BARBAGALLO et al**⁽³¹⁾, la estancia hospitalaria fue menor en el grupo que recibió VMNI junto con oxigenoterapia (no se especificó la media de días) y además, se informó la muerte de uno de los sujetos de dicho grupo aunque no especificó la causa.

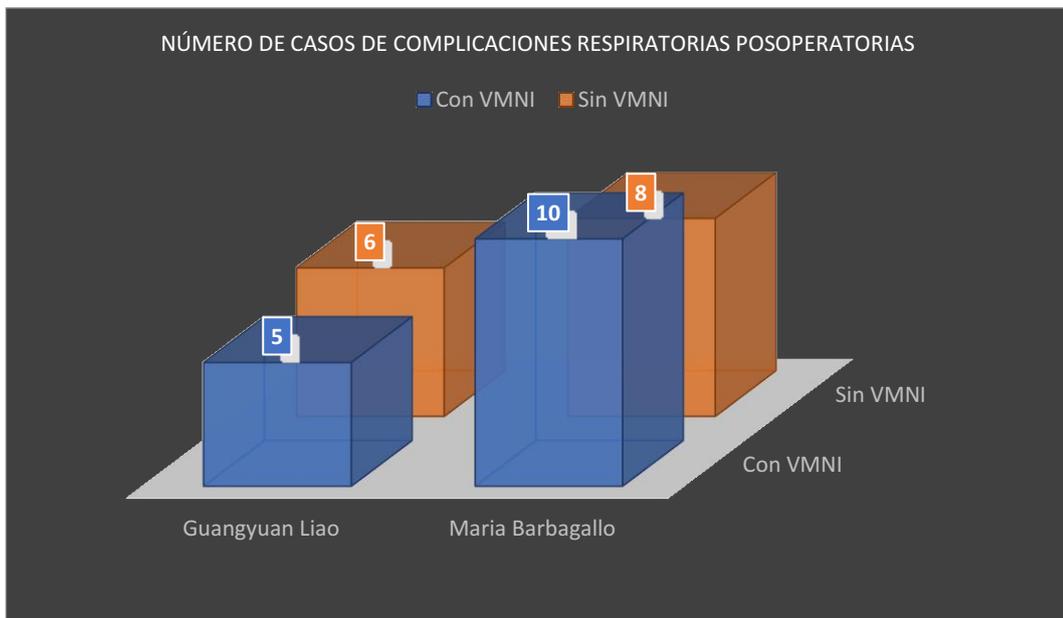


Gráfico 3: Complicaciones respiratorias posoperatorias.

Tabla IV: Reporte de casos clínicos sobre Ventilación no invasiva con presión positiva para prevenir el colapso respiratorio después de la extubación.

Autor	Título y Año	Diseño	Población	Intervención	Variables	Resultados
S. Nagai, Y et al.	<p>“Noninvasive Positive Pressure Ventilation To Prevent Respiratory Collapse After Extubation: Clinical Case Reports”</p> <p>Año:2009</p>	Reporte de casos clínicos.	<p>36 sujetos se sometieron a trasplante de hígado. Solo seis cumplieron con los criterios de inclusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> -PAFI menor a 300/200. -PaCO2 mayor a 45 mmHg. -FR mayor a 25 rpm. -Presencia de severa atelectasia o edema. 	<p>Luego de la extubación todos los sujetos fueron tratados con VMNI en modo BIPAP a través de máscara facial o nasal. Se utilizaron presiones bajas para no generar incomodidad. Las sesiones eran de tres horas diarias prolongando los días de terapia lo mayor posible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -SatO2. -Gasometría arterial. -Atelectasia. -Edema. -Taquipnea. -Hipoxemia. -Hipercapnia. 	<p>De los 6 casos expuestos, un sujeto desarrolló atelectasia severa y otro atelectasia moderada en el POP; uno requirió reintubación debido a sepsis por hematoma intrabdominal. La atelectasia mejoró con el tratamiento con VMNI, así como también el resto de las variables; además, no se observaron complicaciones asociadas al uso de VMNI.</p>

Con respecto a las características los sujetos estudiados, **S. NAGAI**⁽³²⁾ incluyó en su estudio 36 sujetos que se sometieron a cirugía de trasplante de hígado por diferentes diagnósticos (cirrosis debido a hepatitis B, cirrosis debido a hepatitis C, cirrosis biliar primaria y carcinoma), de los cuales solo seis cumplieron con los criterios de inclusión; la edad media era de 55 (± 5); el objetivo de dicho estudio era evaluar los efectos de la VMNI sobre las complicaciones respiratorias posoperatorias. Luego de la extubación se observó cuidadosamente la función pulmonar. Todos los sujetos se encontraban inmunodeprimidos mediante esteroides, recibieron antibioticoterapia, y se les realizaba diariamente examen radiográfico para detectar neumonía o formación de atelectasias. Para evaluar si la terapia con VMNI era efectiva, se controlaban gases arteriales y saturación de oxígeno. La VMNI se administró a través de máscara facial o nasal y se configuraron presiones bajas para no generar incomodidad (7 cmH₂O IPAP, 3 cmH₂O EPAP); los periodos diarios de VMNI eran de tres horas intentando prolongar el uso lo más posible, siempre observando cuidadosamente a los sujetos.

Con respecto a los resultados de los casos, una mujer desarrolló hipoxemia en el 4° día posquirúrgico por lo que se indicó la aplicación de VMNI; la hipoxemia mejoró rápidamente mientras que la saturación de oxígeno se mantuvo entre 99-100% durante el tratamiento; con la función pulmonar estable, se suspende el tratamiento con VMNI en el día 23. Por otro lado, un hombre desarrolló edema pulmonar en el 8° día posquirúrgico, por lo que se inició rápidamente la terapia con VMNI; la función pulmonar y el edema mejoraron notablemente, pero dicho sujeto requirió reintubación debido a shock séptico por hematoma intrabdominal infectado. En otro de los casos, evidenciaron atelectasia severa en uno de los sujetos mediante examen radiográfico al 3° día posoperatorio, por lo que se inició la terapia con VMNI inmediatamente; la atelectasia resolvió y posteriormente se suspendió el tratamiento. Por otro lado, uno de los sujetos desarrolló hipercapnia luego de la extubación y mediante la aplicación de VMNI mejoró rápidamente. En otro caso, un hombre desarrolló hipoxemia severa producto de atelectasia evidenciada mediante radiografía; con la aplicación de VMNI la atelectasia resolvió, el sujeto se estabilizó y estuvo en condiciones de suspender el tratamiento. Por otro lado, un sujeto desarrolló taquipnea e hipoxemia que mejoraron rápidamente con la aplicación de VMNI. Cabe destacar que el presente artículo no presenta información sobre valor p.

Tabla V: Estudio descriptivo sobre VMNI sobre las complicaciones pulmonares después de resección hepática.

Autor	Título y Año	Diseño	Población	Intervención	Variables	Resultados
<p>Masato Narita et al.</p>	<p>“Noninvasive Ventilation Improves The Outcome Of Pulmonary Complications After Liver Resection”</p> <p>Año: 2010</p>	<p>Descriptivo.</p>	<p>26 sujetos sometidos a resección hepática que desarrollaban atelectasia masiva o IRA.</p>	<p>Dos grupos: G1: 16 sujetos recibieron VMNI (BIPAP) posoperatoria. G2: 10 sujetos recibieron oxigenoterapia posoperatoria.</p>	<p>-Mortalidad por causa respiratoria. -Mortalidad por otras causas. -Duración estancia hospitalaria. -Reintubación. -PAFI. -PACO2. -Tolerancia a la VMNI.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>Mortalidad por causa respiratoria fue significativamente menor en G1 (p=0.007). Mortalidad por otras causas fue significativamente mayor en G2 que en G1 (5 sujetos vs 3; p=0.10). La reintubación fue significativamente más baja en G1 (p=0.04). No hubo diferencias significativas en la estancia hospitalaria. PAFI y PaCO2 mejoraron significativamente en G1.</p>

Con respecto a las características de los sujetos estudiados, **MASATO NARITA et al**⁽²⁰⁾ incluyó en su estudio a 26 sujetos sometidos a cirugía de resección hepática. El objetivo de este estudio era investigar los efectos de la VMNI sobre las complicaciones respiratorias posoperatorias; para ello dividió a los 26 sujetos en dos grupos: un grupo control formado por 10 sujetos que recibieron oxigenoterapia (edad media 61.7 ± 11.5) y un grupo de 16 sujetos que recibieron VMNI (edad media 66.5 ± 14.6). Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes o sus familiares. El grupo control recibió oxígeno suplementario necesario para mantener la saturación de oxígeno por encima de 90 así como también se les administró broncodilatadores, analgesia y fisioterapia pulmonar hasta que mejoraron la oxigenación y estado clínico. Por otro lado, los criterios de aplicación de VMNI eran desarrollo de IRA o atelectasia masiva; se utilizó modo BIPAP a través de máscaras faciales o nasales y una vez que dichas máscaras estuvieran apropiadamente colocadas, se configuraban IPAP y EPAP administrándose inicialmente presiones que iban de 2-8 cmH₂O para luego incrementarlas gradualmente hasta que disminuyera el esfuerzo respiratorio (también fueron provistos de oxígeno suplementario); la VMNI continuó sin interrupción hasta que el estado clínico y oxigenación mejoraran; finalmente la terapia se suspendió cuando la IRA o atelectasia masiva resolvían. Dentro de los criterios de reintubación se encontraban: paro cardiorrespiratorio, pérdida de la consciencia, inestabilidad cardiovascular, incremento de la frecuencia respiratoria, incremento del 20% de la PaCO₂, disminución de la PaO₂ e incapacidad de proteger la vía aérea.

En relación a los resultados, cabe destacar que las características preoperatorias de los sujetos (edad, IMC, función pulmonar, PAFI, PaO₂ y PaCO₂) no difirieron significativamente. La VMNI fue bien tolerada por todos los sujetos, el tiempo medio de aplicación fue de 19.8 (± 6.7) horas y el periodo promedio de tratamiento fue de 6.4 (± 6.1) días. Con respecto al nivel de PAFI y PaCO₂, ambos mejoraron significativamente en el grupo VMNI a las 24 horas, pero no sucedió lo mismo en el grupo control. En cuanto a la mortalidad por causas respiratorias fue significativamente mayor en el grupo control ($p = 0.007$) al igual que la mortalidad por otras causas ($p = 0.10$); tres sujetos del grupo VMNI murieron, pero por causas no respiratorias: uno por infarto hepático, uno por sepsis de origen no respiratorio y otro por ruptura de várices esofágicas. En cuanto a la estancia hospitalaria, no hubo diferencias estadísticamente significativas en

ambos grupos ($p = 0.66$). Por último, la tasa de reintubación fue significativamente más baja en el grupo VMNI que en el grupo control (12% versus 50% $p= 0.04$).

Tabla VI: Ensayo clínico aleatorizado y sesgado sobre VMNI en el POP de cirugía bariátrica.

Autor	Título y Año	Diseño	Población	Intervención	Variables	Resultados
Leticia Baltieri et al.	<p>“Use Of Positive-Pressure In The Bariatric Surgery And Effects On Pulmonary Functions And Prevalence Of Atelectasis: Randomized and Blinded Trial”.</p> <p>Año: 2014</p>	Ensayo clínico controlado aleatorizado.	40 sujetos obesos mórbidos entre 25 y 55 años que se sometieron a cirugía bariátrica mediante laparotomía.	<p>Cuatro grupos (10 sujetos en cada uno):</p> <p>G1: BIPAP una hora antes de la cirugía.</p> <p>G2: BIPAP una hora después de la cirugía.</p> <p>G3: PEEP de 10 cmH2O intraoperatoria.</p> <p>G4: grupo control: fisioterapia convencional (deambulación asistida, ejercicios de respiraciones y reexpansión pulmonar).</p>	<p>-Función pulmonar (VEF1, CVF).</p> <p>-VRE</p> <p>-Incidencia de atelectasias.</p> <p>-Excursión diafragmática.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>Grupos tratados con VMNI menos pérdidas de VRE desde el pre hasta el posoperatorio (p<0.05)</p> <p>No hubo diferencias significativas en la movilidad diafragmática entre los grupos (p>0.05).</p> <p>En la radiografía posoperatoria la incidencia de atelectasia fue de un 25% para G4, 11.1% para G3, 10% para G1 y nula para G2.</p>

Con respecto a las características de los sujetos estudiados, **LETICIA BALTIERI et al**⁽³³⁾ incluye 40 sujetos obesos mórbidos sometidos a cirugía bariátrica mediante laparotomía. El objetivo de dicho estudio era determinar el momento óptimo en que la VMNI brinda los mejores resultados sobre la función pulmonar, incidencia de atelectasias y excursión diafragmática. Para ellos dividió aleatoriamente a los 40 sujetos en cuatro grupos de 10 participantes cada uno: grupo uno VMNI una hora antes de la cirugía (edad media 42 ± 11.2), grupo dos VMNI una hora después de la cirugía (edad media 38.8 ± 9.6), grupo tres VMNI intraoperatoria (edad media 37.3 ± 11.4) y grupo cuatro fisioterapia convencional (edad media 42.6 ± 11.6) que incluía deambulación asistida, ejercicios de reexpansión pulmonar y de respiración (espirometría de incentivo y respiraciones profundas). Todos los sujetos tuvieron el mismo cirujano. Se realizó evaluación pre y posoperatoria. En cuanto a la configuración del ventilador, la IPAP se estableció inicialmente en 12 cmH₂O y fue ajustándose según tolerancia, mientras que la EPAP tuvo un valor 8 cmH₂O. antes de comenzar la evaluación posoperatoria se pidió a los sujetos que valoraran el dolor según la Escala Analógica Visual; si los sujetos experimentaban un dolor >4 se les administraba analgésicos y luego de 30 minutos volvían a valorar el dolor. La función pulmonar se evaluó mediante espirometría y la excursión diafragmática mediante examen radiográfico (se tomaba una imagen en inspiración y otra en espiración).

Con respecto a los resultados de dicho estudio, los grupos que recibieron tratamiento con VMNI experimentaron una menor pérdida de VRE desde el preoperatorio hasta el posoperatorio. Por otro lado, la excursión diafragmática valorada mediante examen radiográfico, no mostró anomalías en ningún sujeto. En cuanto a las atelectasias, el grupo cuatro tuvo una incidencia del 25%, el grupo tres 11%, grupo uno 10% y grupo dos no presentó atelectasias.

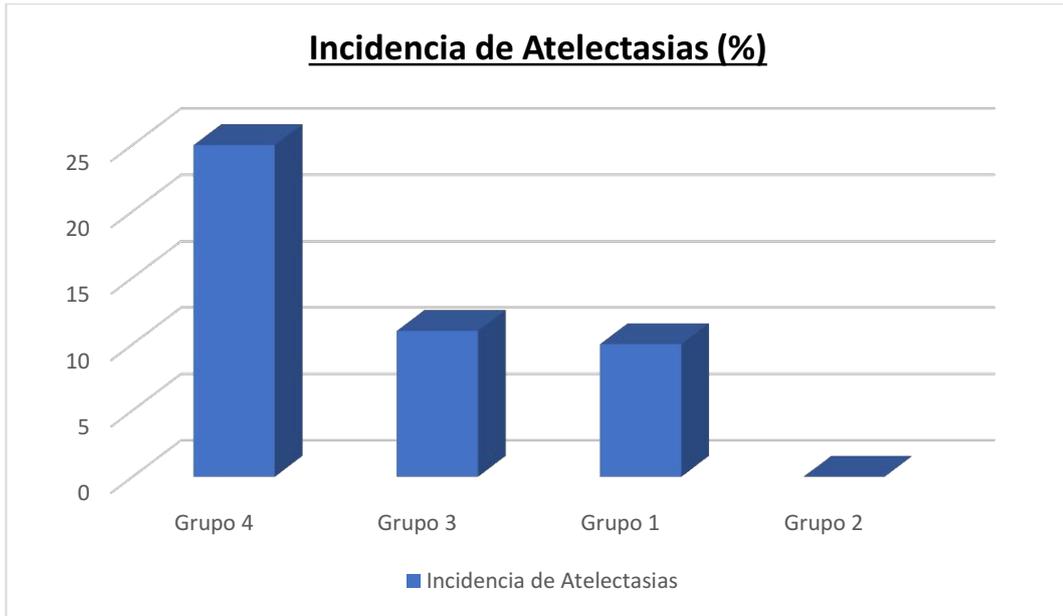


Gráfico 4: Incidencia de atelectasias (%).

Tabla VII: Ensayos clínicos aleatorizados controlados sobre VMNI en el POP de cirugía bariátrica.

Autor	Título y Año	Diseño	Población	Intervención	Variables	Resultados
Patrick J. Neligan et al.	<p>“Noninvasive Ventilation Immediately After Extubation Improves Lung Function in Morbidly Obese Patients with Obstructive Sleep Apnea Undergoing Laparoscopic Bariatric Surgery”</p> <p>Año: 2010</p>	Ensayo clínico controlado aleatorizado.	40 sujetos con obesidad mórbida se someten a cirugía bariátrica. 20 sujetos se les realizó banda gástrica; a los otros 20 les realizaron bypass gástrico en Y de Roux.	<p>Dos grupos, 20 sujetos en cada uno (10 con banda gástrica; 10 con bypass gástrico en Y de Roux):</p> <p>G1: VMNI (BIPAP) inmediatamente después de la extubación.</p> <p>G2: VMNI (BIPAP) comenzando 30 minutos después de la extubación.</p> <p>Todos recibieron oxígeno suplementario al 50%.</p>	<p>-Función pulmonar (VEF1, CVF).</p> <p>-SatO2.</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>A pesar de este enfoque agresivo para prevenir la atelectasia, el VEF1 y CVF se redujeron significativamente en ambos grupos a lo largo del estudio (reducción promedio: 55% para G2 y 24% para G1); a las 24 horas el G1 perdió 0,7 L de CVF vs 1,3 L para G2 (p=0.005). Hubo diferencia estadísticamente significativa en SatO2 una hora después de la operación (96% en G2 vs 98% en G1 → p=0.006) y en el 1° día POP (95% en G2 vs 97% en G1 → p=0.01).</p>

<p>Joana Guimarães et al.</p>	<p>“Effect Of Boussignac Continuous Positive Airway Pressure Ventilation On PaO2 and PaO2/FIO2 Ratio Immediately After Extubation In Morbidly Obese Patients Undergoing Bariatric Surgery: a Randomized Controlled trial”</p> <p>Año: 2016</p>	<p>Ensayo clínico controlado aleatorizado.</p>	<p>24 sujetos obesos mórbidos sometidos a cirugía bariátrica en Y de Roux.</p>	<p>Dos grupos, 12 sujetos en cada uno: G1: VMNI (modo CPAP) inmediatamente después de la extubación. G2: oxigenoterapia inmediatamente después de la extubación.</p>	<p>-Función pulmonar (CVF, VEF1). -PAFI. -PaO2. -Complicaciones respiratorias posoperatorias (atelectasias).</p> <p>Evaluación pre y posoperatoria.</p>	<p>No hubo diferencias significativas sobre la función pulmonar pre y posoperatorias en ambos grupos ($p>0.05$). PAFI y PaO2 fue significativamente mayor en el G1 en la 1° y 2° hora posoperatoria ($p<0.001$) y se mantuvo durante las primeras 24 horas. Se encontró que el índice alveolo-arterial fue menor en el G1 sugiriendo un efecto positivo en la prevención de atelectasias posoperatorias.</p>
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--

Con respecto a las características de los sujetos estudiados, **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾ incluyó 40 sujetos sometidos a cirugía bariátrica por obesidad mórbida y que además tenían diagnóstico de apnea del sueño. Las técnicas utilizadas durante la cirugía fueron banda gástrica y bypass en Y de Roux. El objetivo del estudio era determinar si la aplicación de VMNI en el POP mejora la función pulmonar y reduce las complicaciones respiratorias posoperatorias. Para ello se dividió aleatoriamente a los sujetos en dos grupos: grupo uno recibió VMNI inmediatamente después de la extubación mientras que, el grupo dos comenzó la terapia con VMNI 30 minutos después de la extubación. La edad media era de 46.6 (\pm 7.52) en el grupo uno y de 48.6 (\pm 12.3) en el grupo dos. Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes del estudio. Todos los sujetos tuvieron el mismo cirujano. Un dato importante a tener en cuenta es todos los sujetos recibieron CPAP preinducción y PEEP intraoperatoria. En cuanto a las interfaces, el grupo dos utilizó interfaz nasal mientras que el grupo uno interfaz facial. Todos los sujetos recibieron FIO₂ al 50% para asegurar buena saturación y VMNI nocturna durante ocho horas. Por otro lado, **JOANA GUIMARAES et al**⁽³⁵⁾ incluyó en su estudio 24 sujetos sometidos a cirugía bariátrica con obesidad mórbida; el objetivo de dicho estudio era evaluar el impacto de la VMNI posoperatoria sobre la función pulmonar. Para ello dividió a los sujetos en dos grupos: un grupo control que recibió oxigenoterapia inmediatamente después de la extubación (edad media 44.75 \pm 12.28) y un grupo que recibía VMNI inmediatamente después de la extubación (edad media 41.82 \pm 6.88). Vale la pena destacar que en este estudio se excluyeron a los sujetos que presentaban apnea del sueño. La técnica utilizada durante la cirugía fue bypass en Y de Roux. Todos los sujetos tuvieron el mismo cirujano.

En relación a los resultados de dichos estudios, ambos se enfocan en la misma población (obesos) y tiene el mismo objetivo: evaluar los efectos de la VMNI posoperatoria sobre la función pulmonar. En el estudio de **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾ cabe destacar que pesar de que ambos grupos experimentaron disminuciones de las variables espirométricas a lo largo de todo el procedimiento (VEF1 y CVF), el grupo que recibió VMNI inmediatamente después de la extubación experimentó una reducción promedio del 22% mientras que el grupo de VMNI 30 minutos después de la extubación tuvo una reducción promedio del 55% ($p = 0.001$); en cuando al estudio de **JOANA GUIMARAES et al**⁽³⁵⁾ no hubo diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores espirométricos pre y posoperatorios en ambos grupos. Con respecto al resto de las variables

expuestas, la saturación de oxígeno en el estudio de **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾ fue significativamente mayor en el grupo que recibió VMNI inmediatamente después de la extubación ($p = 0.001$) y esta diferencia se mantuvo durante las primeras 24 horas. Por otro lado, en el estudio de **JOANA GUIMARAES et al**⁽³⁵⁾ los niveles de PaO₂ y PAFI, fueron significativamente mayores en la 1, 2 y 24 horas después de la cirugía en el grupo que recibió VMNI ($p < 0.001$). Por último, el tipo de cirugía no tuvo influencia sobre los resultados finales.

viii. DISCUSIÓN

Tras el desarrollo del marco teórico, la posterior búsqueda, selección y análisis de los artículos y tomando como punto de partida los objetivos del presente trabajo, se determina que, los efectos de la VMNI en el posoperatorio de cirugía torácica y general son controversiales. Si bien su estudio comenzó por el año 1980, la evidencia disponible deja en claro que aún queda mucho por determinar.

En relación a los estudios que respectan a cirugía torácica, en el artículo de **AURELIE LEFEBVRE et al⁽²⁷⁾**, se puede decir dentro de las limitaciones, el tipo de estudio representa una, ya que, al ser observacional, no se puede determinar que las modificaciones sean producto de la utilización de VMNI. Además, dicho estudio no brinda información sobre el momento exacto en que se inicia la rehabilitación posoperatoria, así como tampoco sobre la evolución de las complicaciones respiratorias posoperatorias luego de la aplicación de dicha técnica. Por otro lado, en los estudios de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** y **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾**, podría decirse que los resultados son desalentadores, si bien dichos artículos tienen similitudes en cuanto a las características de los sujetos, diagnóstico clínico y propósito, ambos difieren en los puntos más importante que son las complicaciones respiratorias posoperatorias (atelectasias), el momento de inicio de la terapia con VMNI y la función pulmonar luego de la cirugía. Se pudo observar que el estudio de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾** existe una leve tendencia de que las complicaciones respiratorias posoperatorias se presenten con mayor frecuencia en el grupo que recibe VMNI, y esto no es un dato alentador. A pesar que el panorama en el artículo de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** es más prometedor que en el de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾**, cabe destacar que en ninguno de estos artículos se recabaron datos sobre tasa de mortalidad, de reintubación y efectos adversos derivados de la utilización de VMNI, así como tampoco indicaron si se realizó previa adaptación a la técnica, cuántos sujetos la toleraron y cuantos no. Un dato a tener en cuenta, es que en el estudio de **LIGIA DON SANTOS ROCETO et al⁽²⁹⁾** ambos grupos recibieron oxígeno suplementario, por lo que resulta muy difícil determinar si los efectos positivos derivan de la aplicación de VMNI, de la terapia con oxígeno o la combinación de ambas. Por último, en los estudios de **GUANGYUAN LIAO et al⁽³⁰⁾** y **MARIA BARBAGALLO et al⁽³¹⁾** nuevamente la evidencia científica disponible es desalentadora; en lo que respecta a las variables de mayor importancia como

la función pulmonar y las complicaciones respiratorias posoperatorias (atelectasias), la VMNI no proporcionó efectos beneficiosos adicionales cuando se la comparó con otra terapia. Tampoco se informó el momento exacto en el que comenzaban con la rehabilitación posoperatoria. Un punto a tener en cuenta, es que a pesar de que en el estudio de **GUANGYUAN LIAO et al**⁽³⁰⁾ se llevó a cabo una adaptación previa para la aplicación de VMNI, no parece correr con ventaja sobre los resultados finales cuando se lo compara con otros estudios donde no se realizó previa adaptación [**CORINA LUDWIG et al**⁽²⁸⁾, **MARIA BARBAGALLO et al**⁽³¹⁾, **LIGIA DOS SANTOS ROCETO et al**⁽²⁹⁾, **AURELIE LEFEBVRE et al**⁽²⁷⁾].

En relación a los artículos sobre VMNI en el posoperatorio de cirugía general, en el artículo de **S. NAGAI et al**⁽³²⁾ se puede decir que la VMNI en el posoperatorio presenta una mejor perspectiva. Tanto las complicaciones respiratorias posoperatorias como el resto de las variables respondieron favorablemente a dicha terapia. Los seis casos toleraron perfectamente la terapia con VMNI y en ningún se evidenció efectos adversos. Claramente la VMNI no solo tuvo éxito como tratamiento, sino también en la prevención del deterioro de la función respiratoria. Sin embargo, no se brindó información sobre pautas a seguir para la aplicación de dicha técnica, así como tampoco el momento exacto en que comienza la rehabilitación. Por otro lado, en el estudio de **MASATO NARITA et al**⁽²⁰⁾ se pudo observar que la VMNI mejoró significativamente todas las variables, fue bien tolerada y efectiva para el tratamiento de IRA y atelectasia masiva. Además, no se observó que se desarrollaran efectos adversos en ninguno de los sujetos que recibió dicha terapia. No obstante, las muertes registradas por causas respiratorias en el grupo control no especifica el diagnóstico. En el estudio de **LETICIA BALTIERI et al**⁽³³⁾ parece ser que el momento óptimo para la aplicación de VMNI es una hora después de la extubación. Un dato interesante a tener en cuenta, es que a pesar de que en el grupo 3 y 1 las atelectasias se presentaron, lo hicieron en menor porcentaje que el grupo 4, por lo que se puede plantear el uso VMNI tanto en periodo preoperatorio como intraoperatorio. Quizás estos resultados favorables sean producto de la corrección de la hipoventilación característica de los sujetos obesos, pero como el artículo no especifica donde se encuentra el sesgo, es difícil determinarlo. Además, los sujetos que desarrollaron atelectasias, se desconoce la causa, si fue por intolerancia a la técnica o por el deterioro de la función pulmonar. Cabe destacar que, al comparar la función pulmonar antes y después de la cirugía, las diferencias estadísticamente significativas se encontraron en el grupo 3 (intraoperatorio) y 4 (fisioterapia

convencional). Finalmente, en los estudios de **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾ y **JOANA GUIMARAES et al**⁽³⁵⁾ se pueden decir varias cosas. En primer lugar, en el estudio de **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾, si bien la reducción del VEF1 y CVF fueron menores en el grupo que recibió VMNI inmediatamente después de la extubación, de todas formas estas pérdidas se presentaron, predisponiendo a los sujetos al colapso alveolar con el consecuente desarrollo de atelectasias; en segundo lugar, en el estudio de **JOANA GUIMARAES et al**⁽³⁵⁾, a pesar de que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los valores pre y posoperatorios de VEF1 y CVF, se registró que el gradiente alveolo-arterial fue menor en el grupo VMNI inmediatamente después de la extubación, y esto representa un efecto positivo sobre la prevención de atelectasias después de la cirugía. Quizás un punto a tener en cuenta al observar estos resultados, es la patología de base de las muestras, ya que los sujetos del estudio de **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾ tenían diagnóstico de apnea del sueño, mientras que en el estudio de **JOANA GUIMARAES et al**⁽³⁵⁾ esta patología representaba un criterio de exclusión.

En lo que respecta al análisis de los objetivos específicos del presente estudio, la identificación de factores de riesgo que lleven al desarrollo de atelectasias y, teniendo presente lo expuesto en el marco teórico, no se han especificado en los estudios las posibles situaciones que puedan llevar al enfermo al desarrollo de complicaciones respiratorias posoperatorias; más allá de que en todos los artículos se realizaron las evaluaciones prequirúrgicas pertinentes y se recabaron datos preoperatorios así como también, antecedentes de salud de los sujetos, ninguno de ellos fue considerado como un potencial factor de riesgo. Como se ha mencionado en el marco teórico, los sujetos que padecen obesidad están más predispuestos al desarrollo de atelectasias, en parte porque su presión intraabdominal suele mayor y porque también tienen menor CRF cuando se los compara con sujetos no obesos⁽¹⁸⁾. Cabe destacar que durante el acto quirúrgico suelen administrarse altas concentraciones de oxígeno, que sumado a las características de los sujetos puede predisponer a una disminución aun mayor de la CRF con el consecuente desarrollo de atelectasias por absorción; estos problemas podrían reducirse con la utilización VMNI preoperatoria, intraoperatoria o incluso desde el momento de la preinducción como en el estudio de **PATRICK J. NELIGAN et al**⁽³⁴⁾. Por otro lado, en el análisis de los efectos de la VMNI sobre volúmenes y capacidades pulmonares, en la mayoría de los estudios encontrados no son tomados como variables, por lo que es difícil determinar si dicha terapia

posee efecto positivo alguno sobre volúmenes y capacidades pulmonares durante el POP de cirugía torácica y general; es por esto que los autores deberían hacer especial hincapié en el comportamiento de los mismos durante la aplicación de VMNI; vale la pena destacar que tan sólo en dos estudios se tomó como variable al VR y VRE (**GUANGYUAN LIAO et al⁽³⁰⁾**, **LETICIA BALTIERI et al⁽³³⁾**); debe señalarse que, en el artículo de **LETICIA BALTIERI et al⁽³³⁾**, se encontró que la expansión pulmonar lograda mediante ejercicio produciría un incremento de la ventilación alveolar con el consecuente incremento del VRE; sin embargo, este incremento se registró durante la realización de fisioterapia convencional y no durante la aplicación de VMNI, lo que es un punto a considerar. Finalmente, en lo que respecta al análisis de las modificaciones sobre la función pulmonar, solo cinco estudios la toman como variable (**CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾**, **GUANGYUAN LIAO et al⁽³⁰⁾**, **LETICIA BALTIERI et al⁽³³⁾**, **PATRICK J. NELIGAN et al⁽³⁴⁾**, **JOANA GUIMARAES et al⁽³⁵⁾**), evaluándola antes y luego de la cirugía; a pesar de esto, es de esperarse que la función pulmonar sufra modificaciones en el POP debido a la agresividad del acto anestésico-quirúrgico y el dolor posoperatorio que repercute negativamente sobre la tos y respiraciones profundas; cabe destacar que, en los estudios de **CORINA LUDWIG et al⁽²⁸⁾**, **GUANGYUAN LIAO et al⁽³⁰⁾**, **PATRICK J. NELIGAN et al⁽³⁴⁾** y **JOANA GUIMARAES et al⁽³⁵⁾** se pudo observar que la VMNI no otorgo beneficios adicionales sobre la función pulmonar pre y posoperatoria cuando se lo comparo con otras terapias.

Ciertamente, en ninguno de los artículos expuestos se determinan pasos a seguir a la hora de aplicar la técnica; si bien no existe un protocolo exacto, ya que, los parámetros del ventilador deben ajustarse de acuerdo a las características de cada sujeto, no se ha informado sobre el posicionamiento en cama, así como tampoco sobre la humidificación y calentamiento de los gases como se ha expuesto en el marco teórico. A pesar de que es un tema controversial, se sabe que no acondicionar los gases inspirados trae consigo repercusiones negativas. Otra limitación que pudo observarse en todos los estudios, es que las muestras eran pequeñas, lo que hace difícil que los resultados puedan ser extrapolados a otros sujetos. Cabe destacar, que solo dos artículos determinaron el momento exacto en el que comenzaban con la terapia de VMNI (**PATRICK J. NELIGAN et al⁽³⁴⁾**, **JOANA GUIMARAES et al⁽³⁵⁾**).

Los autores han sido autocríticos con los resultados de sus estudios, argumentando que se requieren más ensayos clínicos para determinar si la VMNI

presenta más beneficios que un programa de rehabilitación posoperatoria convencional.

Para finalizar, se considera que la forma de aplicación de VMNI en el POP no está muy bien desarrollada y que, si bien hay información disponible, los estudios son de baja calidad metodológica. Quizás el panorama sea mas alentador en el posoperatorio de cirugía general que en el de torácica, pero como se mencionó anteriormente, se presenta el problema de que las muestras utilizadas son pequeñas. La falta de evidencia científica quizás pueda deberse a que es un método que hace relativamente poco tiempo comenzó a introducirse en el ámbito de cuidados intensivos y este podría ser el punto de partida para nuevas investigaciones. Vale la pena mencionar que, si bien las revisiones sistemáticas y metaanálisis disponibles en bases de datos pertenecen al periodo de búsqueda del presente estudio, estas hacen hincapié en artículos muy antiguos. Teniendo en cuenta esto, y los resultados expuestos en la presente revisión bibliográfica, sería interesante en un futuro poder realizar un estudio experimental en un ambiente controlado en el cual pudiera evaluarse no solo los efectos de la VMNI sobre la función pulmonar, incidencia y tratamiento atelectasias, sino también sobre otros cuadros respiratorios propios del POP.

ix. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los artículos encontrados en la búsqueda bibliográfica de los últimos diez años y tras el análisis de los mismos, se llega a la conclusión de que la aplicación de VMNI en el POP de cirugía torácica y general requiere de mayor estudio para realmente determinar si presenta beneficios adicionales sobre la función pulmonar y atelectasias posoperatorias cuando se lo compara con otras terapias.

La VMNI representa un método prometedor en el ámbito de cuidados intensivos, principalmente porque los posibles efectos adversos son minúsculos cuando se los compara con los beneficios que podría otorgar dicha terapia. Es por esto, que nuevamente se hace especial hincapié en la necesidad de realizar mayores investigaciones sobre esta temática, con mayor tamaño muestral y en un ambiente controlado, que permita evidenciar sus efectos clínicos en poblaciones específicas.

x. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Esquinas AM. Fisiopatología de la Ventilación Mecánica No Invasiva. Vol. 1. Murcia, España: BiblioMédica;
2. Ferrero R G. XII. Modos ventilatorios en ventilación no invasiva. Rev Chil Enfermedades Respir. 2008;24(3):240–50.
3. Esquinas AM, Jover JL, Úbeda A, Belda FJ. Ventilación mecánica no invasiva en el postoperatorio. Revisión clínica. Rev Esp Anestesiol Reanim. 2015;62(9):512–22.
4. West JB, Sol Jaquotot MJ del, Ovid Technologies I. Fisiología respiratoria. Barcelona: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2009.
5. Rozman Borstnar C, Cardellach López F, Farreras Rozman. Medicina Interna [Internet]. 2016 [citado el 7 de agosto de 2018]. Disponible en: https://nls.ldls.org.uk/welcome.html?ark:/81055/vdc_100032312503.0x000001
6. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2015.
7. Maheshwari V, Paioli D, Rothaar R, Hill NS. Utilization of Noninvasive Ventilation in Acute Care Hospitals. Chest. mayo de 2006;129(5):1226–33.
8. Esquinas Rodríguez AM, Hill NS. Guía esencial de metodología en ventilación mecánica no invasiva. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
9. Lorenzo C, Sirvent JM. Ventilación no invasiva: ¿cuándo, cómo y dónde? Med Intensiva. diciembre de 2012;36(9):601–3.
10. Chiappero G, Villarejo F. Ventilación mecánica: libro del Comité de Neurología Crítica de la SATI. Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana; 2005.
11. Esquinas Rodríguez AM, Scala R, Soroksky A, BaHammam A, de Klerk A, Valipour A, et al. Clinical review: Humidifiers during non-invasive ventilation - key topics and practical implications. Crit Care. 2011;16(1):203.
12. Lellouche F, Maggiore S, Deye N, Taillé S, Pigeot J, Harf A, et al. Effect of the humidification device on the work of breathing during noninvasive ventilation. Intensive Care Med. el 1 de noviembre de 2002;28(11):1582–9.

13. Plotnikow GA, Accoce M, Navarro E, Tiribelli N. Acondicionamiento del gas inhalado en pacientes con vía aérea artificial. Revisión narrativa. *Rev Bras Ter Intensiva*. el 1 de enero de 2010;30(1):86–97.
14. Lellouche F, Maggiore SM, Lyazidi A, Deye N, Taillé S, Brochard L. Water content of delivered gases during non-invasive ventilation in healthy subjects. *Intensive Care Med*. junio de 2009;35(6):987–95.
15. Mejía Salas H, Mejía Suárez M. Oximetría de pulso. *Rev Soc Boliv Pediatría*. 2012;51(2):149–55.
16. Lovesio C. *Medicina intensiva*. Buenos Aires: El ateneo; 2001.
17. Jaber S, Chanques G, Jung B. Postoperative Noninvasive Ventilation: *Anesthesiology*. febrero de 2010;112(2):453–61.
18. Martínez G, Cruz P. [Atelectasis in general anesthesia and alveolar recruitment strategies]. *Rev Esp Anestesiol Reanim*. octubre de 2008;55(8):493–503.
19. Alteración de la función diafragmática en la cirugía abdominal, cardíaca y torácica [Internet]. [citado el 7 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://www.archbronconeumol.org/es-pdf-S0300289615314794>
20. Narita M, Tanizawa K, Chin K, Ikai I, Handa T, Oga T, et al. Noninvasive Ventilation Improves the Outcome of Pulmonary Complications after Liver Resection. *Intern Med*. 2010;49(15):1501–7.
21. Chiumello D, Chevillard G, Gregoretti C. Non-invasive ventilation in postoperative patients: a systematic review. *Intensive Care Med*. junio de 2011;37(6):918–29.
22. Edmark L, Auner U, Enlund M, öStberg E, Hedenstierna G. Oxygen concentration and characteristics of progressive atelectasis formation during anaesthesia: Oxygen and dynamics of atelectasis formation during anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*. enero de 2011;55(1):75–81.
23. Squadrone V, Cocha M, Cerutti E, Schellino MM, Biolino P, Occella P, et al. Continuous Positive Airway Pressure for Treatment of Postoperative Hypoxemia: A Randomized Controlled Trial. *JAMA*. el 2 de febrero de 2005;293(5):589.
24. Jaber S, De Jong A, Castagnoli A, Futier E, Chanques G. Non-invasive ventilation after surgery. *Ann Fr Anesth Réanimation*. julio de 2014;33(7–8):487–91.
25. Ireland CJ, Chapman TM, Mathew SF, Herbison GP, Zacharias M. Continuous positive airway pressure (CPAP) during the postoperative period for prevention of postoperative morbidity and mortality following major abdominal surgery. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet].

201409 [citado el 10 de octubre de 2017]; Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD008930.pub2>

26. Edmark L, Auner U, Hallén J, Lassinantti-Olowsson L, Hedenstierna G, Enlund M. A ventilation strategy during general anaesthesia to reduce postoperative atelectasis. *J Med Sci [Internet]*. 201407 [citado el 7 de julio de 2017];119. Disponible en:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4116764/?tool=pubmed>
27. Lefebvre A, Lorut C, Alifano M, Dermine H, Roche N, Gauzit R, et al. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure after lung resection: an observational study. *Intensive Care Med*. abril de 2009;35(4):663–70.
28. Ludwig C, Angenendt S, Martins R, Mayer V, Stoelben E. Intermittent positive-pressure breathing after lung surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. febrero de 2011;19(1):10–3.
29. Roceto L dos S, Galhardo FDM, Saad IAB, Toro IFC. Continuous positive airway pressure (CPAP) after lung resection: a randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J*. 2014;132(1):41–7.
30. Liao G, Chen R, He J. Prophylactic use of noninvasive positive pressure ventilation in post-thoracic surgery patients: A prospective randomized control study. *J Thorac Dis*. el 4 de noviembre de 2011;2(4):205–9.
31. Barbagallo M, Ortu A, Spadini E, Salvadori A, Ampollini L, Internullo E, et al. Prophylactic Use of Helmet-CPAP After Pulmonary Lobectomy: A Prospective Randomized Controlled Study. *Respir Care [Internet]*. 2012; Disponible en:
<http://www.ingentaconnect.com/content/jrcc/rc/pre-prints/rc00838r3barbagallo>
32. Nagai S, Fujimoto Y, Kamei H, Nakamura T, Kiuchi T. Noninvasive Positive Pressure Ventilation to Prevent Respiratory Collapse after Extubation: Clinical Case Reports. *Transplant Proc*. noviembre de 2009;41(9):3919–22.
33. Baltieri L, Santos LA, Rasera-Junior I, Montebelo MIL, Pazzianotto-Forti EM. Use of positive pressure in the bariatric surgery and effects on pulmonary function and prevalence of atelectasis: randomized and blinded clinical trial. *ABCD Arq Bras Cir Dig São Paulo*. 2014;27(suppl 1):26–30.
34. Neligan PJ, Malhotra G, Fraser M, Williams N, Greenblatt EP, Cereda M, et al. Noninvasive Ventilation Immediately After Extubation Improves Lung Function in Morbidly Obese Patients with Obstructive Sleep Apnea Undergoing Laparoscopic Bariatric Surgery: *Anesth Analg*. mayo de 2010;110(5):1360–5.

35. Guimarães J, Pinho D, Nunes CS, Cavaleiro CS, Machado HS. Effect of Boussignac continuous positive airway pressure ventilation on Pao₂ and Pao₂/Fio₂ ratio immediately after extubation in morbidly obese patients undergoing bariatric surgery: a randomized controlled trial. *J Clin Anesth.* noviembre de 2016;34:562–70.