

Ventilación No Invasiva en Medicina Perioperatoria. Aplicación Clínica

Dr. Alberto López Bascopé, Dra. Margarita Bautista Morales

Departamento de Medicina Respiratoria Hospital Ángeles Mocol

México, Distrito Federal.

albanest@yahoo.com

Resumen

La ventilación mecánica es el método más utilizado en los pacientes graves que requieren apoyo ventilatorio. Existen formas de apoyo ventilatorio externo o no invasivo que han sido probadas por mucho tiempo para apoyar al sistema ventilatorio deteriorado. La ventilación no invasiva (VNI) se define como la administración de ventilación mecánica por vía de un dispositivo nasal o facial. Cuando se compara a la VNI con la ventilación mecánica con el paciente intubado se ha demostrado que se reducen la incidencia de complicaciones como las infecciones pulmonares. Se ha señalado que mejora el intercambio gaseoso y se disminuye el trabajo respiratorio. La VNI reduce la necesidad de intubación traqueal al igual que la incidencia de reintubación, reduce la estancia de los pacientes en terapia intensiva, su morbimortalidad y es costo efectiva. Es probable que la VNI sea poco utilizada en México por lo que es necesario que este método de apoyo ventilatorio no invasivo se propague y se convierta en una forma de terapia respiratoria en medicina perioperatoria y en las unidades de terapia intensiva. Se requiere de un programa educacional que implemente con éxito esta forma de apoyo respiratorio.

El propósito de este artículo es revisar los mecanismos, indicaciones ya algunos aspectos técnicos de la VNI en medicina perioperatoria y promover su utilización.

Palabras clave. Ventilación no invasiva, medicina perioperatoria.

Abstract

Mechanical ventilation is the most broadly used supportive method in critical ill patients who need ventilatory support. There are forms of external support for ventilation that have been used for a long period of time to assist the deteriorated ventilatory system. Noninvasive ventilation (NIV) is defined as delivery of mechanical ventilation via a nasal or facial mask. When NIV is compared to mechanical ventilation in endotracheal intubated patients, the incidence of complications such infections, is quite reduced. It has been demonstrated that improvement of gas exchange and decline of the respiratory workload can be achieved with the use of NIV. NIV reduces the need for tracheal intubation as well as the incidence of reintubation. It has been proved that also reduces the length of intensive care units stay, mortality of critically ill patients, and is cost effective. NIV is probably underused in México, so it is necessary that this non invasive ventilatory support to grow up, and became a major therapeutic tool in perioperative medicine and in intensive care units. An educational program is mandatory to successfully implement this way of respiratory therapy. This purpose of this article is to review the mechanisms, indications and some technical issues of NIV in perioperative medicine scenarios, and to promote the use of NIV procedures in the perioperative medicine settings.

Key words. Non invasive ventilation, perioperative medicine

Introducción

El origen del empleo de la ventilación mecánica para asistir a la función respiratoria deficiente tiene muchos años de desarrollo, pero un estímulo fundamental para su desarrollo ha sido la evolución de la cirugía, es decir, el desarrollo de técnicas quirúrgicas cada vez más sofisticadas, en pacientes en situación crítica y a veces terminal, requirió de un soporte vital avanzado, proporcionado,

no por el cirujano, el cual se dedica a la corrección anatómica del órgano afectado, sino por parte de un médico capacitado con el conocimiento fisiopatológico suficiente, y la destreza necesaria para aplicar los diferentes equipos de soporte vital empleados en medicina crítica y que se dedica exclusivamente al cuidado del paciente, en otras palabras el anestesiólogo.¹

Una parte importante de este soporte vital, en el paciente

crítico es suplir la ventilación mecánica que el paciente en ese momento es incapaz de mantener en forma autónoma, por su patología y/o por los requerimientos quirúrgicos (nivel de relajación, de profundidad anestesia, etc.). Esto se suple con la aplicación de ventilación mecánica a través de una interfase (tubo endotraqueal, traqueotomía, etc.) que conecta la vía respiratoria del paciente con el sistema mecánico que proporciona la presión positiva. Así tradicionalmente, se ventila a los pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos.

Pero la evolución del conocimiento, induce cambios de conducta y proporciona alternativas a las rutinas, a las que con frecuencia el anestesiólogo está apegado.

Ventilación

El objetivo principal de la ventilación en los seres vivos es proporcionar el oxígeno, en concentración suficiente a nivel alveolar, para que nuestra fisiología se encargue de transportarlo a las células para su empleo a nivel mitocondrial como aceptor final de electrones en el transporte electrónico, en la matriz celular como oxidante, o como componente estructural. El segundo objetivo es expulsar al medio ambiente el bióxido de carbono producto del metabolismo intermediario. Para realizar esta función se requiere la integración de un sistema complejo: neurológico, que procese información (centro respiratorio) y sus conexiones, aferentes, eferentes y la estructura anatómica necesaria: vía respiratoria y sistema alvéolo capilar. La integración entre este *software* y *hardware*, es altamente sofisticada y de forma inconsciente se realiza minuto a minuto. Respirar implica introducir aire del medio ambiente, con contaminantes físicos, químicos, biológicos, con humedad y temperatura variable y convertirlo a nivel bronquial en aire puro, estéril y a temperatura de 37°C, con humedad absoluta de 100%, y 44 mg/L de agua; esto significa coordinación de sistemas de filtros mecánicos (nariz) y de esterilización (óxido nítrico, inmunoglobulinas de superficie, sistemas celulares (leucocitos y derivados citoquinínicos, etc.); de humidificación y calefacción: mucosa altamente especializada para proporcionar humedad y energía térmica en la inspiración, y recuperarla en la espiración.

Todo esto además implica una coordinación neumática que representa cambiar presiones entre positivas y negativas, dentro de nuestro organismo decenas de veces por minuto, para poder introducir el volumen de aire requerido y luego expulsarlo. Requiere también coordinar otro componente anatómico, el tórax (cavidad osteo-muscular), con todas sus estructuras (en especial cardio-vasculares) a un juego de presiones alternantes, pero de predominio negativas, que favorecen un adecuado gasto cardiaco. Otro factor a considerar es la coordinación entre los sistemas homeostáticos para la captura del O₂ introducido y la eliminación del CO₂; significa: sistemas de transporte (vía aérea), estructuras anatómicas (membrana alveolo-capilar), movimientos atómico-moleculares en base a gradientes de energía cinética y térmica. Todo esto representa un gasto energético en forma de ATP; en algunas condiciones el consumo energético puede ser mas del 60%, del consumo

total, y en situaciones críticas puede elevarse hasta 5 o 6 veces el consumo de energía por parte de la actividad respiratoria, con consecuente mayor consumo de oxígeno y producción de CO₂, pero gracias a la eficiencia de estos sistemas, esta compleja actividad es apenas percibida por el ser humano, y a veces es devaluada por los anestesiólogos, que en general consideran como una rutina más, el conectar el ventilador al paciente.

Al entender esta parte de nuestra fisiología, se deduce que la ventilación mecánica, tal cual se proporciona en la actualidad, es una paleolítica expresión de lo que nuestro organismo realiza, y esto mismo induce a tratar de emplear la ventilación mecánica en la menor proporción posible en los pacientes, y mejor simplemente asistir la función ventilatoria del paciente que será sometido a algún procedimiento quirúrgico. Esta es la base del empleo de la ventilación no invasiva, en otras palabras: ser un soporte a una actividad presente pero deteriorada por enfermedad o por fármacos, con el objeto de preservar la función autónoma del paciente; y ser así una ventilación biológicamente variable o fractal; es decir que se acople a la variabilidad inducida por los requerimientos propios del paciente, y que no se trate de una ventilación monótona en relación a frecuencia, presiones, flujos y volúmenes. Pero esta misma característica limita su empleo a ciertos procedimientos quirúrgicos.

A partir de la medicación preanestésica en los pacientes sometidos a procedimientos anestésicos, se deprime el volumen corriente, y en quirófano la adición de narcóticos, sedantes, anestésicos intravenosos o inhalados la disminuye aún más, hasta requerir por parte del anestesiólogo la administración de presión positiva para restaurar el volumen respiratorio. Esta presión se puede administrar directamente en la tráquea, (tubo endotraqueal, traqueotomía, etc.), pero con todas las potenciales consecuencias y complicaciones técnica/fisiológicas que conlleva la intubación traqueal; o en la cavidad oral, sin atravesar las cuerdas vocales (LMA, Combitubo, COPA, Tubo Laríngeo, etc.). Estrictamente hablando ya es una forma de ventilación no invasiva, ya que no se atraviesa las cuerdas vocales, pero aun menos invasivo es cuando se administra la presión positiva en forma externa al paciente, mediante interfases nasales o naso bucales. Esta última técnica es la que se describe a continuación. En la actualidad existe un auge de su empleo en medicina perioperatoria.

Presión positiva continua de la vía aérea (CPAP) en respiración espontánea

La presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), en respiración espontánea es una modalidad de soporte ventilatorio aplicada originalmente por Gregory en 1971, en neonatos con insuficiencia respiratoria, y él fue que dio el nombre al CPAP. Estas siglas tienen actualmente reconocimiento internacional. La característica primaria es la aplicación de presión positiva externa durante todo el ciclo de respiración espontánea.

Su aplicación en adultos se desarrolló de forma rápida, ya existiendo una primera descripción en la literatura en 1972 por Civetta y cols. en pacientes con insuficiencia respiratoria

aguda (IRA).² El sistema era muy parecido a los actuales y consistía en una fuente de mezcla de oxígeno y aire que proporcionaba un flujo de gas suficiente para cubrir la demanda inspiratoria del enfermo, un mezclador, una bolsa reservorio de 5 litros y un tubo espiratorio sumergido en una botella de agua tantos centímetros como CPAP se deseaba.^{10,11,12} En los enfermos estudiados se demostró una menor presión pico en la vía aérea, una mejor oxigenación, un descenso menor en el gasto cardiaco, que el inducido por ventilación con presión positiva convencional, y también una menor tendencia a la formación de atelectasias.^{8,9} Ese mismo año Falke y cols. publicaron sus estudios sobre los mecanismos por los cuales actúa la presión positiva continua en la vía aérea. Básicamente, demostraron como el CPAP previene el colapso de la vía aérea durante la espiración, aumenta la capacidad residual funcional, aumenta el volumen corriente, preserva la vía natural de ingreso de aire (incrementa la producción de óxido nítrico); lo que probablemente explique la mejoría en la oxigenación, la tendencia a conservarse el retorno venoso y el gasto cardiaco (dependiendo del nivel de presión de trabajo), y una disminución en el trabajo respiratorio total.^{3,4,5,6,7}

Un auge en el empleo del CPAP lo proporcionó el estudio de las características de los pacientes con apnea del sueño, en los cuales se ha descrito el síndrome de resistencia de la vía aérea superior, que consiste en la obstrucción de la vía aérea por pérdida del tono muscular, durante el sueño fisiológico.^{17,18,19} Una situación similar ocurre con los pacientes anestesiados, al inducir farmacológicamente la sedación y/o anestesia.^{20,21,22} En los pacientes con apnea del sueño esta bien estudiado, y por muchos años, el empleo con éxito del CPAP, por lo que en el paciente anestesiado, en el que se induce el sueño y se proporciona diversos niveles de relajación muscular, su aplicación también debería ofrecer el mismo resultado fisiológico exitoso.^{26,27,28,33}

Sistema de CPAP

Prácticamente desde la década de los 1970, en la mayoría de unidades de cuidados intensivos del mundo se desarrollaron sistemas sencillos y parecidos al descrito inicialmente ya que la simplicidad y utilidad de los mismos era palpable y operativa. El funcionamiento en general es simple, y consiste en proporcionar un alto flujo de gas, adecuado para las demandas inspiratorias del enfermo, que debe de ser superior al flujo máximo inspiratorio y también superior al volumen minuto del enfermo. Esto tiene como objetivo que no se despresurice el sistema durante todo el ciclo respiratorio. Asimismo debe de disponer de un mecanismo capaz de producir una presión constante y estable, pero variable por parte del que lo administre. Una disyuntiva se establece sobre como proporcionar un flujo de gas adecuado a las necesidades del enfermo, puede ser a través de un flujo continuo elevado o con el empleo de válvulas de demanda, estas últimas se han desarrollado en los sistemas de ventiladores mecánicos de 3ra. y 4a. generación.^{13,14,15} Pero el sistema de flujo continuo, más sencillo y económico, es el que se adapta más fácilmente a las características del manejo perianestésico.

Los sistemas de flujo continuo no utilizan válvulas complejas, y en teoría el gas entra en el pulmón del enfermo sin apenas esfuerzo, puesto que se precisa solo de un pequeño gradiente de presión para que el flujo circule entre el circuito y la vía aérea al iniciar la inspiración. La bolsa reservorio permite un flujo adicional de gas hacia el enfermo con las consiguientes ventajas ya que evita fluctuaciones en la presión en la vía aérea durante la inspiración, y permite que se almacene un cierto volumen de gas durante la espiración evitando elevaciones de la presión en la vía aérea.^{23,24}

Estos sistemas trabajan en base a un alto flujo, por encima del volumen minuto del paciente, por lo que hay que considerar la capacidad de la fuente del gas. En estos sistemas de CPAP se puede aumentar la resistencia espiratoria, debido al alto flujo (el aportado por el sistema contra el flujo espiratorio del enfermo) lo cual puede incrementar el trabajo espiratorio. Hay que tener en cuenta la capacidad de las bolsas reservorio, de tal manera que cuanto mayor sea su capacidad (en general de un litro) menor será la oscilación en la presión en la vía aérea, y así podrá disminuirse el flujo administrado y por lo tanto el nivel de CPAP, en caso de que disminuya la frecuencia respiratoria del enfermo. Las distintas evaluaciones que se han realizado comparando sistemas de flujo continuo y válvulas a demanda parecen recomendar el uso de los sistemas de flujo continuo en medicina perioperatoria.²⁵

Los dispositivos físicos para producir la presión continua son variables e incluyen: válvulas de resistencia en la terminal espiratoria, sistemas graduables de oposición al flujo, y la misma presión generada por el volumen, variable, del gas administrado. Los métodos utilizados dan lugar a incrementos en la presión en la vía aérea, que pueden ser elevados cuando el flujo espiratorio aumenta, por ejemplo con la tos (Figura 1).

La conexión del sistema de CPAP al enfermo se hace a través de interfases como: máscaras faciales, naso faciales, naso bucales, cefálicas, puntas nasales, dispositivos supraglóticos, tubo endotraqueal o de traqueotomía. Las máscaras actuales diseñadas con materiales modernos permiten, en la mayoría de los casos, una buena adaptación a la anatomía del



Figura 1. Aplicación de mascarilla nasal en adulto y diversas interfases y sistemas.

paciente y la ventilación no invasiva debería de ser de primera elección, salvo que el enfermo requiera de intubación por presentar bajo nivel de conciencia, secreciones abundantes, intolerancia total, por los requerimientos quirúrgicos, o por patología respiratoria intrínseca del paciente.^{26,27} Los sistemas modernos de CPAP permiten la monitorización de la presión en la vía aérea, los rangos de la mezcla de aire/oxígeno son variables dependiendo de cada paciente y deben de ser optimizados en temperatura y humedad, en especial si los procedimientos son de larga duración, mayores a 90 minutos.

Repercusión del CPAP sobre la fisiología pulmonar y cardiovascular

La aplicación de presión en la vía aérea ocasiona una serie de cambios en la función pulmonar y cardiovascular que no difieren, esencialmente, de los ocasionados en modos espontáneos tipo CPAP, cuando son aplicados por ventiladores mecánicos tradicionales.

El CPAP mejora la oxigenación básicamente al incrementar la capacidad funcional residual (CRF) a partir de un reclutamiento alveolar progresivo de unidades previamente colapsadas, y además al mantener los alvéolos abiertos durante todo el ciclo ventilatorio se incrementa el período de tiempo de intercambio gaseoso; favorece positivamente la distensibilidad pulmonar (si es excesiva puede producir sobre distensión y potencialmente reducir el gasto cardiaco). Además disminuye el cortocircuito intrapulmonar y así mejora la relación ventilación/perfusión.^{29,30,31,32}

La presión positiva en la vía aérea puede dar lugar a:

- Descenso de la precarga del ventrículo izquierdo y derecho,
- Aumento de la postcarga del ventrículo derecho,
- Descenso del gasto cardiaco al disminuir el retorno venoso,
- Descenso de la postcarga del ventrículo izquierdo.

Los efectos cardíacos del CPAP se han estudiado en sujetos sanos corroborando estas afirmaciones. Sin embargo la interacción entre los flujos y presiones con la fisiología del paciente es muy compleja, dando lugar en ocasiones a variabilidad en la respuesta.^{34,35} Por ello es importante comprender bien los mecanismos fisiológicos que predominan para valorar adecuadamente la respuesta clínica individual.^{36,37,38}

Indicaciones del CPAP

Durante el transoperatorio para mejorar o mantener las condiciones ventilatorias del paciente no intubado, con estómago vacío:

- Procedimientos que requieran de sedación sin relajación muscular como los urológicos, ginecológicos, plásticos, ortopédicos, cateterismos, imagenología, oncológicos, endoscópicos, vasculares, etc.^{39,40}
- En bloqueos neurales periféricos parciales que

requieran de sedación concomitante.

- En la sala de recuperación anestésica para asegurar ventilación en pacientes aun deprimidos farmacológicamente posterior a la extubación.^{40,42}
- En el traslado del paciente a unidades distantes del quirófano.
- En pacientes intubados o no, pero con inadecuada ventilación al ser trasladados a unidades de cuidado crítico. Empleando CPAP/BiPAP manual.¹⁶
- Desde el postoperatorio inmediato en pacientes obesos y/o con apneas del sueño.
- En pacientes con alta posibilidad de desarrollar atelectasias en el postoperatorio; ancianos, cirugías largas de abdomen superior, propensos a edema pulmonar, etc.

Contraindicaciones del CPAP

En general no existen contraindicaciones absolutas para la utilización de la CPAP, ya que al preservarse la función ventilatoria autónoma, el paciente mantiene sus reflejos de defensa respiratorios, así como el funcionamiento de los esfínteres esofágicos. Las contraindicaciones relativas se enlistan enseguida: pacientes no preparados y con estómago lleno, con alto riesgo de aspiración (incapacidad para deglutir, hemorragia digestiva, hernia hiatal gigante, etc.) o incapacidad para eliminar secreciones. Otras contraindicaciones son:

- Hipercapnia severa.
- Paciente no cooperador.
- Fracaso de la técnica para mantener o incrementar la oxigenación.
- Imposibilidad para emplear interfases: trauma naso facial y/o cirugía a ese nivel.
- Inestabilidad hemodinámica: TAS < 80 mm Hg o empleo de drogas vasoactivas.
- Inestabilidad ECG por arritmias severas, ventriculares o isquemia miocárdica.
- Estado mental deteriorado. Coma o convulsiones. Se debe de proteger la vía aérea
- Hipoxemia refractaria que amenaza la vida ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$ con FiO_2 al 100%).

Las potenciales complicaciones derivadas del empleo del CPAP provienen de sus efectos cardiopulmonares y de la aplicación de interfases. Pero todas son de menor importancia de las que ocurren durante la intubación y la ventilación mecánica. Las habituales son ligera disminución del gasto cardiaco (si la presión de trabajo es elevada), aerofagia y estado nauseoso. Por el empleo de mascarillas: intolerancia por fobia a ellas, resequedad de la mucosa respiratoria si se emplea por más de una hora con flujo alto de gas no optimizado en temperatura y humedad, y que en general se manifiesta horas después del procedimiento y las molestias pueden persistir hasta 48 horas.

Técnica de aplicación (Figuras 2,3-5-7-8)

Su uso requiere de:

- Fuente de presión positiva, que proporcione una mezcla de aire y oxígeno.
- Sistema de válvula de CPAP regulable, con conexión a la fuente de presión positiva, con bolsa reservorio (Figura 2).
- Interfase al paciente: diversas mascarillas/puntas
- Sistema de sujeción de la interfase
- Sistema de humidificación y calentamiento de gases



Figura 4. Carátula facial de Mallinckrodt

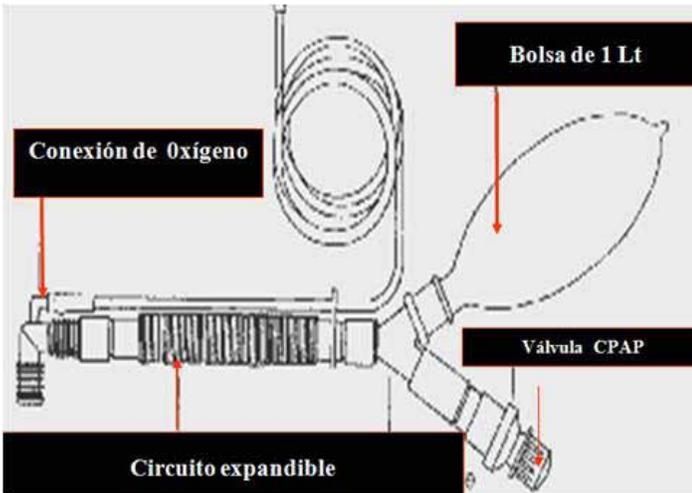


Figura 2. Sistema de CPAP desechable Sheridan



Figura 5. Sistema de CPAP desechable Mallinckrodt



Figura 3. CPAP nasal, tipo puntas nasales



Figura 6. Aplicación de mascarilla nasal/facial en paciente adulto

Establecer la indicación y selección del paciente

La ventaja del CPAP es su flexibilidad dada por la naturaleza no invasiva del procedimiento, su rápida y simple aplicación, y por la sencillez en su retiro. Según la respuesta del paciente es también muy fácil cambiar a otro método de ventilación. La selección del paciente es muy amplia ya que desde el enfermo pediátrico hasta el anciano pueden recibir esta forma ventilatoria, la elección dependerá del procedimiento, y los requerimientos quirúrgicos. Del criterio del anestesiólogo estribará su aplicación. La figura 7 muestra la mascarilla nasal en un infante.



Figura 7. Aplicación de mascarilla nasal en paciente pediátrico

Elección de la mascarilla

La mascarilla debe siempre ajustarse a la anatomía del paciente. Se puede seleccionar: máscara nasal, naso bucal, facial, cefálica, o puntas nasales. Depende de disponer del tipo de interfase, de la experiencia personal de cada uno y de la tolerancia clínica. Al menos en teoría cada tipo de interfase puede tener las siguientes ventajas e inconvenientes:

Máscara nasal. Este dispositivo tiene las siguientes ventajas: a) Añade menos espacio muerto, b) Causa menos claustrofobia, c) Minimiza potenciales complicaciones en caso de vómitos y d) Permite expectoración. Tiene el inconveniente de que al abrir la boca disminuye efectividad, aumentando la pérdida de presión.

Máscara facial. Este dispositivo tiene la ventaja de que el paciente disneico suele respirar por la boca y el anciano con falta de tono muscular, ya que ellos mantienen, la boca abierta. Los inconvenientes son el mayor grado de claustrofobia y el manejo más complicado de la tos o vómitos, aunque no sean frecuentes.

Puntas Nasales. De nueva generación, obturan completamente las coanas. Sus ventajas es que no añaden espacio muerto, se minimiza la claustrofobia, pueden toser o expectorar. Se puede trabajar en la boca o por ella, por ejemplo en procedimientos endoscópicos. Tiene el inconveniente de que con la boca abierta se disminuye las presiones de trabajo.

Máscara cefálica. Cubren toda la cabeza o solo la cara. Sus ventajas es que se pueden utilizar en pacientes que

respiran con la boca abierta y en aquellos que tienen tono muscular deprimido, ya que mantienen abierta la boca. Sus tres mayores inconvenientes son una mayor grado de claustrofobia, manejo más complicado de la tos o vómitos, aunque no sean frecuentes y el control de sondas es más complejo.

Su aplicación dependerá de la experiencia personal, tolerancia y eficacia en cada paciente.

Al inicio del procedimiento es importante explicarle claramente al paciente el objetivo de las maniobras. La interfase debe ser bien sujetada a la cara del paciente mediante fijadores elásticos, de tal forma que se minimicen las fugas aéreas. Es fundamental observar en los primeros momentos del inicio de la ventilación no invasiva que no existan fugas y que el paciente esté lo más cómodo posible. De ser posible, que el propio paciente se acomode a la mascarilla, en un primer momento, para que tome confianza con el sistema.

Posición del paciente y técnica ventilatoria

La posición más frecuente que se emplea es la de semifowler, pero dependerá del procedimiento quirúrgico, pudiendo colocarse al paciente en casi cualquier posición, incluyendo: lateral, prono, Trendelemburg, etc.

Para la técnica ventilatoria habrá que seguir los siguientes pasos:

- Elegir el tipo y tamaño de la interfase: pequeña, mediana o grande. Se pueden permitir pequeñas fugas si el volumen corriente es adecuado. Almohadillar convenientemente el puente nasal y/o zonas de presión para evitar daño y en otras zonas para evitar fugas.
- Este modo ventilatorio de flujo continuo requiere de flujo alto en general de 8 a 12 Lt por minuto. Se inicia con bajos niveles de CPAP 2 a 5 cm de agua (con la válvula reguladora) y se incrementa hasta 8 o 10 dependiendo de la respuesta del paciente, el objetivo es mantener por lo menos un volumen corriente de 5 mL/kg.
- Si el paciente en el inicio de la inducción presenta apnea, el flujo inspiratorio alto produce un ingreso continuo a presión positiva del gas fresco que expulsa el aire de las vías respiratorias produciendo un aporte de oxígeno fresco y continuo, al mismo tiempo que expulsa el bióxido de carbono durante esta fase apneica, lo que se conoce con el nombre de ventilación apneica, en otras palabras: intercambio gaseoso sin movimiento torácico; así es infrecuente observar caídas en la saturación del oxígeno por debajo de 90%, si así ocurriera, la bolsa reservorio sirve como una bolsa para administrar presión positiva, proporcionando una forma de ventilación con presión positiva de doble nivel (BiPAP), inspiratoria y espiratoria. Con este sistema se mantienen abiertos los alvéolos en forma continua, es el conocido protocolo de *open lung approach*, es decir mantener abiertos los alvéolos durante todo el ciclo ventilatorio (apertura pulmonar), con las consiguientes ventajas de ello: mejor intercambio gaseoso, menor colapso alveolar, y menor posibilidad de lesión pulmonar asociada a presión positiva (Figura 8).
- En ciertas circunstancias el empleo de cánulas

nasofaríngeas pueden facilitar el flujo del gas. Una variante es un tubo endotraqueal de pequeño calibre, de preferencia de silicón, recortado a nivel de la unión del tubo con el conducto del globo, que se introduce por una narina y se infla el globo pasando la coana a nivel de faringe; secundariamente a través de él se pueden hacer lecturas más reales del CO_2 exhalado.

- En procedimientos de más de 60 minutos es conveniente conectar el sistema con una modalidad de acondicionamiento de gases que proporcione una adecuada humedad y temperatura. Esto es importante en pacientes ancianos, deshidratados o en procedimientos de larga duración.
- Como la mascarilla produce mínimas molestias en el paciente, de ser necesario, puede ser mantenida, con un tanque de oxígeno, durante el transporte a la sala de recuperación, y/o mantenerlo así en la sala de recuperación, hasta tener la seguridad de que el paciente ventile y mantenga un adecuado nivel de volumen minuto.
- También se puede emplear durante las primeras horas del postoperatorio para mejorar la oxigenación, prevenir atelectasias o cuando se requiera de sedación/analgésia con morfínicos en infusión.
- El manejo farmacológico de la anestesia será el indicado según el procedimiento quirúrgico: sedantes, anestésicos i.v., morfínicos, etc. No se recomiendan gases anestésicos debido a que se emplea un flujo alto que consume más anestésico y aumenta la contaminación medio ambiental.⁴¹ El nivel de sedación/anestesia no debe de ser tan profundo como para producir apnea completa por largos períodos. Monitoreado con Índice Biespectral significaría alrededor de 55 a 75 sin relajación muscular, en escala de Ramsay sería de nivel 5 o 6, y en la escala de Sedación-Agitación (SAS) correspondería a nivel 1 ó 2.

Monitorización

Hay que monitorizar en todo momento la SatO_2 por pulso oximetría, ajustando la FiO_2 o el suplemento de oxígeno, con

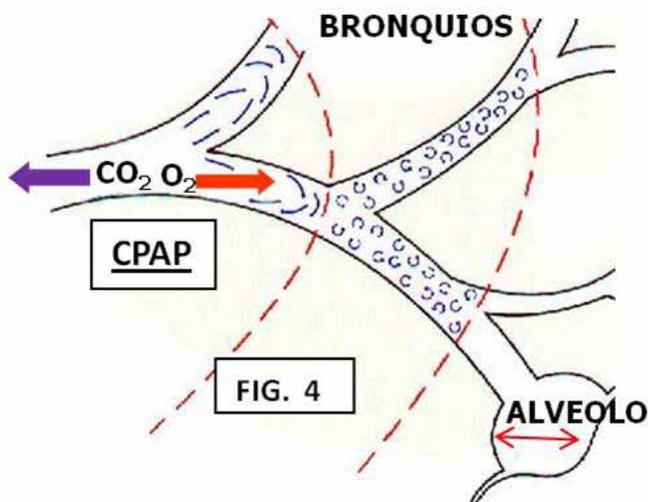


Figura 8. Mecanismo de intercambio gaseoso a nivel broncoalveolar

objetivo de obtener una SatO_2 mayor al 90%.

En relación al ETCO_2 , la lectura varía debido al flujo alto que se emplea, por lo que es más importante la tendencia que el valor numérico obtenido. Si la medición es por un catéter fino que llegue a la altura de la faringe los valores son más aproximados a los reales. Pero en general existe una tendencia a elevarse el CO_2 , situación no preocupante ya que los niveles que se alcanzan son entre 40 y 50 mm Hg de PaCO_2 (hipercapnea permisiva), que se recupera rápidamente al disminuir la profundidad anestésica.

El monitoreo incluye otros parámetros fisiológicos normalmente monitorizados en todo procedimiento anestésico (ECG, PANI, TEMP, etc.). Se debe de monitorizar también la respuesta clínica objetiva: frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y empleo de musculatura accesoria (contracción de la musculatura abdominal activada por excesiva insuflación o tiraje del esternocleidomastoideo) o complicaciones (distensión gástrica, lesiones de piel por la presión).

El tiempo que puede permanecer el equipo es variable pudiendo perfectamente tolerar el paciente procedimientos de varias horas de duración.

Para retirar el equipo generalmente hay que estimular al paciente para despertarlo, ya que al ocasionar mínima molestia el sistema, el paciente continúa dormido, y el retirar el CPAP solo representa quitar la interfase. En caso necesario el paciente puede continuar con puntas nasales de oxígeno.

Ventajas

Comparada con métodos invasivos (intubación orotraqueal), tiene las siguientes ventajas:

1. Permite aplicación de forma intermitente de CPAP y BiPAP.
2. Efectiviza la oxigenación y la ventilación.
3. Fácil de retirar y fácil de reinstaurar en caso de que se precise.
4. Mayor comodidad para el paciente. Él mismo puede acomodar en la mejor posición la interfase.
5. Evita las complicaciones relacionadas a la aplicación del tubo endotraqueal:
 - Traumas y daños en hipofaringe, laringe y tráquea.
 - Intubaciones selectivas de un bronquio principal.
 - Menor broncoaspiración.
 - Infecciones nosocomiales menos frecuentes ya que la función barrera de la epiglotis y cuerdas vocales permanece intacta, con lo que disminuye el riesgo de aspiración.
 - Se preserva la función de limpieza mucociliar.
 - Complicaciones post extubación: disfonía, estridor, estenosis traqueales, etc.
6. Evita el dolor o las molestias derivadas del tubo endotraqueal.
7. Reduce el trabajo resistivo impuesto por el tubo endotraqueal.
8. Al ser una técnica no invasiva, las posibilidades de contaminación son menores.
9. El costo del sistema es menor, existiendo sistemas desechables en el comercio.

Inconvenientes

1. Distensión gástrica. Teóricamente se necesita una presión de insuflación mayor que la del esfínter esofágico, que en sujetos normales en reposo viene a ser de 33 ± 12 mm Hg. En la mayoría de los pacientes tratados con CPAP no se alcanzan esas presiones inspiratorias aun considerando sedación/anestesia de mayor profundidad.
2. Intolerancia a la interfase.
3. Fugas aéreas por mal sello de la interfase.
4. Irritación conjuntival.
5. Sequedad de mucosas en vías aéreas superiores. Dificultad para humidificar el sistema.
6. Lesiones de piel sobre todo a nivel de la nariz, o en puntos de apoyo de la interfase.
7. Dificultad para aspirar secreciones en caso de ser necesario.
8. Dificultad para administrar una FiO_2 específica (con algunos sistemas de CPAP).

Conclusión

Actualmente el empleo de la ventilación no invasiva (CPAP/BiPAP) en medicina perioperatoria se presenta como una alternativa a la ventilación mecánica con intubación, segura, barata, y de fácil administración. Representa una técnica que permite mantener, en forma adecuada la oxigenación/ventilación en determinado grupo de pacientes, durante cualquier fase del manejo perioperatorio.

Referencias

1. Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH et als. Treatment of the idiopathic respiratory-distress syndrome with continuous positive airway pressure. *N Engl J Med* 1971; 284:1333-1340.
2. Civetta JM, Brons R, Gabel IC. A simple and effective method employing spontaneous positive airway ventilation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1972;63:312-317.
3. Roeseler J, Bshouty ZH, Reynaert MS. The importance of the circuit capacity in the administration of CPAP. *Intensive Care Med* 1984;10:305-308.
4. Robotham JL, Scharf SM. Effects of positive and negative pressure ventilation on cardiac performance. *Clin Chest Med* 1983;84:210-216.
5. Luce JM. The cardiovascular effects of mechanical ventilation and positive end-expiratory pressure *JAMA* 1984;252:807-81.
6. Cox D, Niblett DJ. Studies on continuous positive airway pressure breathing systems. *Br J Anaesth* 1984;56:905-911.
7. Greenbaum DM, Millen JE, Eross B et als. Continuous positive airway pressure without traqueal intubation in spontaneously breathing patients. *Chest* 1976; 69: 615-620.
8. Andersen JB, Olesen KP, Eikard E et als. Periodic continuous positive airway pressure, CPAP, by mask in the treatment of atelectasis. *Eur J Respir Dis* 1980;61:20-25.
9. Carlsson C, Sonden B, Thylen U. Can postoperative continuous positive airway pressure (CPAP) prevent pulmonary complications after abdominal surgery ? *Intensive Care Med* 1981;7:225-229.
10. Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, et al: Noninvasive positive pressure ventilation via face mask: First-Line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure. *Chest* 1996;109:179-193.
11. Monasterio C, Escarrabill J, Manresa F. Nasal ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 1993; 342:503-505.
12. Pennock B, Crawshaw L, Kaplan P. Non-invasive nasal mask ventilation for acute respiratory failure: Institution of a new therapeutic technology for routine use. *Chest* 1994;105:441-444.
13. Elliot M, Moxham J: Noninvasive mechanical ventilation by nasal or face mask. En: Tobin MJ, ed. *Principles and practice of mechanical ventilation*. Mc Graw-Hill, New York, 1994; 427-453.
14. Carrey Z, Gottfried SB, Levy RD. Ventilatory muscle support in respiratory failure with nasal positive pressure ventilation. *Chest* 1990; 97:150-158.
15. Meduri GU. Noninvasive positive-pressure ventilation in patients with acute respiratory failure. *Clinics in Chest Medicine* 1996;17:513-553.
16. Martin TJ, Sanders MH, et al. Noninvasive application of bi-level positive airway pressure to prevent endotracheal intubation in acute respiratory failure. *Crit Care Med* 1994; 23:A129.
17. Kuna ST, Remmers JE. Neural and anatomic factors in upper airway obstruction, Sleep apnea syndromes, *Medical Clinics of North America*. Ed. WB Saunders, 1985, p 1237.
18. Remmers JE. Anatomy and physiology of upper airway obstruction, *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Edited by Kryger MH, Roth T. Philadelphia, WB Saunders, 1989, pp 525-36.
19. Strohl KP, Hensley MJ, Hallett M, Saunders NA, Ingram RH Jr. Activation of upper airway muscles before onset of respiration in normal humans. *J Appl Physiol* 1980; 49:638-642.
20. Hwang J, St John WM, Bartlett D Jr. Respiratory-related hypoglossal nerve activity: Influence of anesthetics. *J Appl Physiol* 1983; 55:785-792.
21. Morikawa S, Safar P, De Carlo J. Influence of head and jaw position on upper airway patency. *Anesthesiology* 1961; 22:265-70.
22. Safar P, Escarraga LS, Chang F. Upper airway obstruction in the unconscious patient. *J Appl Physiol* 1950;14:760-764.
23. Hudge DW: The role of upper airway anatomy and physiology in obstructive sleep apnea. *Clin Chest Med* 1992;13:383-398.
24. Boidin MP. Airway patency in the unconscious patient. *Br J Anaesth* 1985;57:306-310.
25. Bratzke E, Downs JB, Smith RA: Intermittent CPAP . A new mode of ventilation during general anesthesia. *Anesthesiology* 1998;89:334-340.
26. Abernethy LJ, Allan PL, Drummond GB: Ultrasound assessment of position of the tongue during induction of anaesthesia. *Br J Anaesth* 1990;65:744-748.
27. Shorten GD, Opie NJ, Graziotti P. Assessment of upper airway anatomy in awake, sedated and anaesthetized patients using magnetic resonance imaging. *Anaesth Intensive Care* 1994; 22:165-169.
28. Polo O, Berthon-Jones M, Douglas NJ, Sullivan CE. Management of obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome. *Lancet* 1994; 344:656-670.
29. Remmers JE, deGroot WJ, Saunderland EK, Anch AM. Pathogenesis of upper airway occlusion during sleep. *J Appl Physiol* 1978;44:931-938.

30. Strohl KP, Redline S. Nasal CPAP therapy, upper airway muscle activation, and obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis* 1986; 134:555-558.
31. Douglas NJ, Polo O. Pathogenesis of obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome. *Lancet* 1994;344:653-655.
32. Nandi PR, Charlesworth CH, Taylor SJ, Nunn JF, Dore CJ. Effect of general anaesthesia on the pharynx. *Br J Anaesth* 1991; 66:157-162.
33. Ryan CF, Lowe AA, Li D, Fleetham JA. Magnetic resonance imaging of the upper airway in obstructive sleep apnea before and after chronic nasal continuous positive airway pressure therapy. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:939-944.
34. Prosser GL, Berry RB. Oral-nasal continuous positive airway pressure as a treatment for obstructive sleep apnea. *Chest* 1994;106:180-186.
35. Van Luntern E, Strohl KP. The muscles of the upper airway. *Clin Chest Med* 1986; 7:171-178.
36. Series F, Cormier Y, Couture J, Desmeules M. Changes in upper airway resistance with lung inflation and positive airway pressure. *J Appl Physiol* 1990; 68:1075-1079.
37. Kuna ST, Bedi DG, Ryckman C. Effect of nasal airway positive pressure on upper airway size and configuration. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:969-975.
38. Galloway DW. Upper airway obstruction by the soft palate: influence of position of head, jaw and neck. *Br J Anaesth* 1990; 64:383P-4P.
39. Robert A. Smith Ph. Constant positive airway pressure reduces hypoventilation induced by inhalation anesthesia. *J Clin Anesth* 2005;17: 44-50.
40. Squadrone V. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia. A randomized controlled trial. *JAMA* 2005;293:589-595.
41. Crawford MW. Effect of propofol anesthesia and continuous positive airway pressure on upper airway size and configuration in infants. *Anesthesiology* 2006;105:45-50.
42. Alonso-Iñigo JM. Ventilación mecánica no invasiva en la unidad de recuperación post-anestésica: análisis retrospectivo de 10 casos clínicos. *Rev Iberoamericana Vent Mecánica no Invasiva*. 2007;5:(9).