

1.5

Ventilación y oxigenoterapia
en quirófano. VMI. VMNI

J. García Fernández, A. Romero Berrocal, A. Albajar Bobes



CONTENIDOS

VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA (VMI)

Objetivos de aprendizaje

Introducción

Variables físicas que intervienen en el ciclo ventilatorio y modos ventilatorios

- Variable control
- Variable de fase
- Variables de condición
- Variable basal

Programación individualizada de un respirador

Ventilación de protección pulmonar: recomendaciones actuales

- Volumen corriente
- PEEP
- Maniobras de reclutamiento
- Delta de presión
- Ventilación de protección pulmonar intraoperatoria
- Otros aspectos a tener en cuenta

Casos especiales

- Ventilación unipulmonar
- Población pediátrica

VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA (VMNI)

Objetivos de aprendizaje

Introducción

¿Cuándo se requiere la vmni perioperatoria?

¿Qué modalidad de tipo de tratamiento usaremos durante el perioperatorio?

¿Cuándo comenzar la VMNI?

Contraindicaciones

- Contraindicaciones de la VMNI en adultos.
- Contraindicaciones de LA VMNI en pediatría

Contraindicaciones de la VMNI en neonatología

Interfases

Oxigenoterapia o cánulas nasales de alto flujo (OAF)

- Introducción
- Componentes básicos de todo sistema de alto flujo
- Indicaciones
- Contraindicaciones y complicaciones de la OAF

Conclusiones

VENTILACIÓN MECÁNICA INVASIVA



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Repasar los conceptos básicos de ventilación mecánica: ¿cómo funciona un respirador?
- Aprender la programación fisiológica de un respirador. ¿qué parámetros hay que tener en cuenta al ventilar al paciente?
- Repasar las recomendaciones actuales para estrategias de ventilación de protección pulmonar. ¿Qué dicen los últimos estudios?
- Recordar algunas particularidades de situaciones especiales: ventilación unipulmonar y ventilación en población pediátrica.

INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica puede llevarse a cabo generando una presión negativa alrededor del tórax (ventilación por presión negativa) o una presión positiva en el interior de la vía aérea (ventilación por presión positiva). En ambos casos la espiración se realiza de forma pasiva debido a las fuerzas de elastancia toracopulmonares del paciente.

Este tema se centra, fundamentalmente, en la ventilación mecánica por presión positiva, típica de los modos ventilatorios obligatorios, de los asistidos y de los soportados. En la ventilación a presión positiva la entrega de flujo se realiza a partir de una presión positiva del respirador que genera un gradiente de presiones entre el ventilador y los alveolos, lo que crea un flujo entre estos dos puntos.

Para que la entrega de aire se realice de forma correcta, el ventilador debe vencer las fuerzas generadas por los componentes distales del respirador, por la vía aérea superior, componente resistivo, y por la vía aérea distal (alveolos y tórax) que configuran el componente elástico toracopulmonar.

Las propiedades resistivas al flujo de aire vienen determinadas fundamentalmente por la magnitud del flujo y el diámetro de la vía aérea (en menor medida: viscosidad, longitud, etc.), mientras que las elásticas dependen de la distensibilidad pulmonar y del volumen circulante.

VARIABLES FÍSICAS QUE INTERVIENEN EN EL CICLO VENTILATORIO. MODOS VENTILATORIOS

En la actualidad, los respiradores pueden comportarse como generadores de flujo (volumétricos) o generadores de presión (manométricos) en función del modo ventilatorio seleccionado. El comportamiento que presentan en cada momento se basa en cuatro tipos de variables: control, de fase, de condición y basal.

Variable control

La variable control es aquella que el respirador manipula para llevar a cabo la inspiración y que es constante. Son tres: presión, volumen y flujo.

La variable controlada será la independiente, mientras que las otras dos dependerán de las características mecánicas del sistema respiratorio.

Si se controla la presión, el respirador se estará comportando como controlador de presión y si se controla volumen y flujo, como un controlador de flujo. A continuación, se muestran las principales diferencias entre ambos tipos de modos ventilatorios (Tabla 1.5-1).

Tabla 1.5-1. Modos ventilatorios

Parámetro	VCV	VCP
Volumen circulante (Vt)	Programado	Variable
Presión máxima (Ppic)	Variable	Programada
Presión meseta (Pplat)	Variable	Programada
Flujo inspiratorio (v')	Programado	Variable
Patrón de flujo	Programado (Flujo constante)	Variable (flujo decelerado)
T inspiratorio (Ti)	Programado (depende del flujo y del volumen)	Programado
F respiratoria (FR)	Programado	Programado

VCP: ventilación por presión; VCV: ventilación por volumen o de flujo constante.

Ventilación por presión (VCP)

En este modo ventilatorio, el clínico pauta una presión inspiratoria máxima (Pins) y una presión espiratoria durante la espiración (PEEP), y el diferencial entre ambas presiones o presión impulsora (*driving pressure*) será el que determine el volumen corriente (Vc) de cada inspiración, que será variable en cada ventilación, según las resistencias y distensibilidad del paciente. La presión permanece constante durante todo el tiempo inspiratorio (Ti) generando un flujo decelerado o decreciente. Al inicio de la inspiración el flujo inspiratorio es muy elevado y se entrega de manera casi inmediata hasta alcanzar la presión pautada. De esta forma, se conseguirá generar un gradiente de presiones entre el respirador (alta presión) (Pinsp) y la vía aérea del paciente (baja presión) (Palv) haciendo que el aire se desplace de las zonas de más presión a las zonas de menos, con un flujo menor, a medida que dichas zonas (ventilador y alveolos) van igualando sus presiones conforme los alveolos se van llenando. Si el Ti es suficientemente prolongado, en función de la resistencia y la distensibilidad del sistema toracopulmonar, llega un momento en que el flujo alcanza el cero. En este momento, la Pins se iguala con la presión alveolar. De esta última afirmación se deriva que el Vc y el flujo generado serán inversamente proporcionales al valor de la resistencia de la vía aérea y directamente proporcional al de la distensibilidad pulmonar. Cuanto mayores sean las resistencias más rápido se igualarán la presión inspiratoria y la presión alveolar, y, por tanto, la magnitud del flujo será menor, generando un volumen corriente más pequeño. Cuanto mayor sea la distensibilidad pulmonar, mayor flujo se precisa para obtener la Pins pautada y, por tanto, el volumen corriente será mayor.

Ventilación por volumen o de flujo constante (VCV)

En este modo ventilatorio, el volumen corriente (Vc) y el Ti son las variables que pauta el clínico y permanecen como variables independientes las presiones. Por lo general, en ventilación controlada por volumen, si se fija un tiempo de pausa inspiratoria adecuado, se puede diferenciar entre una presión pico o máxima (Ppico o máx) dependiente de un componente mixto, por un lado el de resistencias al flujo de aire, y por otro, el de la distensibilidad toracopulmonar, y una presión meseta o *plateau* (Pplat), dependiente solo de las características elásticas del pulmón. En este modo ventilatorio la curva de flujo generada será constante, y con forma cuadrática, puesto que permanece constante durante todo el período de inspiración activa, hasta cesar al llegar a la pausa inspiratoria (Figs. 1.5-1 y 1.5-2).

Variables de fase

Las variables de fase son aquellas que se deben pautar para que el respirador sepa cómo y cuándo debe iniciar y terminar cada ciclo respiratorio. Un ciclo ventilatorio completo consta de 4 fases: inspiración, cambio de inspiración a espiración (comienzo de espiración), espiración y cambio de espiración a inspiración (comienzo de inspiración). Son, por tanto, señales físicas que el ventilador capta y que determinan

el inicio de alguna de estas 4 fases. Las variables que sirven para comenzar son denominadas variables *trigger*; las que sirven para sostener y determinar qué límites no pueden ser superados son variables límite, y aquellas empleadas para finalizar son las variables de ciclado.

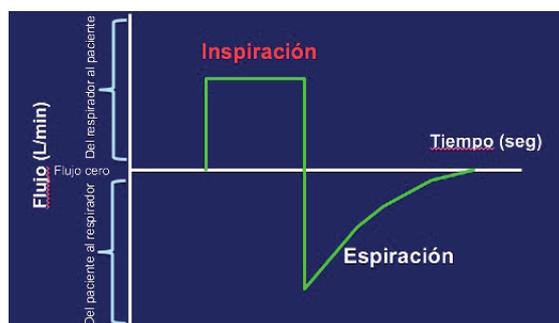


Figura 1.5- 1. Curva de flujo tiempo en VCV (constante y cuadrática).



Fig 1.5-2. Curva de flujo tiempo en PCV (decelerada)

Variable trigger

En los modos ventilatorios forzosos (VCV y VCP) el inicio y el fin de la inspiración se realiza de modo automático, según los tiempos del ciclo que se hayan programado mediante, habitualmente, la frecuencia respiratoria y la relación I:E. Por tanto, el *trigger* es el tiempo y está marcado por el clínico.

En casos de ventilación asistida o soportada, el esfuerzo lo puede iniciar el paciente, por lo que el *trigger* inspiratorio podrá ser de flujo, de presión o por la actividad eléctrica diafrágica. Cuando se activa una de esas señales *trigger* el respirador abre la válvula inspiratoria, por lo que se inicia un nuevo ciclo respiratorio. En el *trigger* de presión se detecta la presión negativa generada por el paciente cuando realiza un esfuerzo respiratorio dentro del sistema interno del circuito paciente; mientras que en los *triggers* de flujo lo que detecta el ventilador es una diferencia entre el flujo entregado por el respirador en la rama inspiratoria y el flujo que le llega al respirador por la rama espiratoria. En los *triggers* eléctricos diafrágicos, el respirador detecta un incremento de la actividad eléctrica del diafragma, mediante un catéter específico colocado en el esófago, entre el tono basal del diafragma y el inicio de la contracción diafrágica.

Desde que se activa el *trigger* hasta el comienzo de la inspiración hay un pequeño retraso. El tiempo de respuesta o *time delay* debe ser lo más corto posible para evitar las asincronías de tiempo o ciclo entre el respirador y el paciente.

La sensibilidad del *trigger* es un parámetro delicado de programar, ya que debe ajustarse siguiendo un equilibrio entre una sensibilidad baja para que no genere trabajo impuesto al paciente, pero, por otro lado, no excesivamente sensible que provoque el disparo del ventilador sin que haya actividad real de los músculos respiratorios. Esta situación se denomina *autotrigger* o autociclado, en la que se desencadenan ciclos respiratorios de manera continua sin que el paciente realice esfuerzos respiratorios reales. Por el contrario, un *trigger* poco sensible o endurecido genera esfuerzos inefectivos que provocan un aumento del trabajo respiratorio del paciente y asincronías entre el paciente y el ventilador.

Existen, además, *triggers* neurales basados en la despolarización del diafragma a partir de las señales enviadas por el tronco del encéfalo. Estos *triggers* diafrágicos tienen la ventaja de evitar las situaciones

de *autotrigger* o autociclado, disminuyendo las asincronías de ciclo o tiempo. Su único inconveniente es que si no hay una señal diafrágica estable y clara, por disfunción diafrágica grave, no son efectivos.

Variable de ciclo

La variable de ciclo es la medida por el respirador para terminar la inspiración y comenzar la espiración: tiempo, volumen, presión o flujo. En las modalidades controladas o mandatorias, VCV y PCV, la variable de ciclo es el tiempo puesto que depende de la FR y de la relación I:E (Tabla 5-2).

Tipo de ciclo	Trigger	Variable limite	Variable de ciclo
Mandatorio	Respirador (tiempo)	Respirador (flujo o presión)	Respirador (tiempo)
Asistido	Paciente (presión o flujo)	Respirador (flujo o presión)	Respirador (tiempo)
Soportado	Paciente (presión o flujo)	Respirador (presión)	Paciente (flujo)
Espontáneo	Paciente (presión o flujo)	Paciente (presión o flujo)	Paciente

Variables de condición

Las variables de condición son las que usa el respirador para determinar qué tipo de ciclo debe suministrar en cada momento. Se aplican a modos ventilatorios complejos.

Variable basal

La variable basal es el parámetro controlado durante la espiración. Se podría usar tanto el flujo basal o básico constante espiratorio o *flow-by*, que sirve para generar los *triggers* de flujo, pero la variable basal más utilizada es la presión positiva al final de la espiración (PEEP), que excepcionalmente puede ser cero (ZEEP), o generalmente un cierto nivel de PEEP en casi todos los pacientes para mantener sus alveolos abiertos. Este nivel a partir del cual un ventilador inicia la inspiración se denomina presión basal o presión durante espiración (PEEP).

Otros parámetros que pueden ajustarse en la ventilación mecánica independientemente del modo ventilatorio son: el volumen corriente (V_t), la frecuencia respiratoria (FR) y la relación I:E.

PROGRAMACIÓN INDIVIDUALIZADA DE UN RESPIRADOR

Una vez hecho el repaso por los conceptos básicos para entender la ventilación mecánica hay que centrarse en cómo programar un ventilador de manera fisiológica e individualizada. Al igual que actualmente la medicina se está evolucionando a tratamientos de medicina individualizada, la ventilación mecánica debe evolucionar a la individualización de todos los parámetros ventilatorios siguiendo la fisiología de cada paciente.

El objetivo de todo anestesiólogo-reanimador es que con la ventilación mecánica se consigan los objetivos también individualizados de oxigenación y ventilación, sustituir el trabajo de los músculos respiratorios y que todo ello se haga lo más fisiológicamente posible para evitar el daño pulmonar. La lesión pulmonar asociada o inducida por la ventilación mecánica (VALI o VILI) se concreta en 4 causas posibles: el barotrauma (exceso de presión ejercido sobre los pulmones); volutrauma (daño por exceso de volumen que sobredistiende unos alveolos más que otros); atelectrauma (fuerzas de cizallamiento que se generan por la apertura y cierre cíclico de los alveolos atelectasiados) y el biotrauma.

La programación individualizada de un respirador se basa en el principio de que todo pulmón tiene una constante de tiempo de llenado y de vaciado, que es variable de un individuo a otro, e incluso en un mismo paciente, de un momento a otro, en función de las resistencias o cambios de elasticidad a la que este se vea sometido. Esto implica calcular la constante de tiempo de cada pulmón, en cada momento y, para ello, se

debe conocer la resistencia (Paw/V) y la distensibilidad ($Vt/Pplat-PEEP$), puesto que la constante de tiempo es el producto de ambas ($C \times R$). Una vez que se tenga este valor se debe multiplicar por 3 (95 %) o por 4 (98 %) si se quiere saber el tiempo inspiratorio o espiratorio total. Este cálculo puede resultar algo complicado, pero hoy en día, todos los respiradores deberían disponer de las curvas flujo-tiempo, que permiten determinar de una manera visual, fácil y sencilla, cuál es el tiempo inspiratorio y espiratorio total real del paciente ventilación a ventilación. Estas curvas flujo-tiempo permiten dejar de programar Ti y Te fijos, debidos a relaciones I:E fijas, que no son fisiológicas y no se adaptan a la necesidades concretas de cada paciente en cada momento.

El primer punto que hay que tener en cuenta para llevar a cabo una programación individualizada de un respirador es garantizar que el flujo espiratorio llegue a cero siempre, para evitar el provocar el **atrapamiento aéreo** y que se produzca el fenómeno conocido como sobredistensión dinámica, que con el tiempo irá generando auto-PEEP de forma dinámica; la auto-PEEP es la que produce barotrauma y, con el tiempo, neumotórax.

Una vez que se respete el tiempo espiratorio de forma individual, siempre y en todos los enfermos, hay que centrarse en el tiempo inspiratorio como segunda variable a individualizar. Para poder averiguar el Ti adecuado a cada paciente, se ventila en VCP con una presión impulsora o *driving pressure* que genere un Vc de 8 mL/kg. A este nivel de presión se observa la curva flujo-tiempo inspiratoria. El Ti individualizado más adecuado para cada paciente será aquel que deje que la curva flujo-tiempo llegue justo a cero. Ti más cortos harán que el Vc disminuya para un *driving pressure* determinado, lo que llevará a tener que aumentar las $Pins$ y el daño pulmonar sin necesidad. Por otro lado, si se programan Ti demasiados largos, superiores a cuando la curva flujo-tiempo llega a cero, también se aumenta la potencia energética que recibe el pulmón, y sin obtener más Vc . Por tanto, siempre que el tiempo espiratorio lo permita, que como ya se ha dicho es la primera variable que se debe respetar, se deberá asignar el tiempo inspiratorio justo para cada paciente en cada momento, ni más, ni menos.

Una vez calculado todo esto, se puede decidir si seguir ventilando por presión o pasar a la modalidad de volumen. Siempre que se opte por la segunda, se mantendrán los valores que se hayan obtenido en este proceso.

El último parámetro en el que hay que fijarse para garantizar la programación fisiológica e individualizada del respirador es la frecuencia respiratoria (FR) y el delta de presión o *driving pressure*. Hoy en día se aboga por una ventilación con *driving pressure* baja menor de 14 cmH₂O y frecuencias respiratorias más altas; es decir, garantizar la normoventilación del paciente con altas frecuencias y bajos deltas de presión.

Por tanto, a modo de resumen, los tres puntos básicos son:

- Evitar atrapamiento aéreo. Te suficiente para que la curva flujo-tiempo espiratoria llegue a cero.
- Asignar T_{insp} justo para cada paciente.
- Mejor aumentar la frecuencia respiratoria que incrementar el volumen corriente para un mismo volumen minuto.

VENTILACIÓN DE PROTECCIÓN PULMONAR: RECOMENDACIONES ACTUALES

Hoy en día, cada vez se da más importancia a la prevención del daño causado por la ventilación mecánica invasiva, sobre todo en aquellos pacientes que van a necesitarla durante períodos de tiempo más largos y, por este motivo, cada vez se aboga por técnicas de ventilación de protección pulmonar y una mayor monitorización de las presiones en la vía aérea, aunque la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha no tienen una significación estadística en cuanto a mejora de la mortalidad en los pacientes que son ventilados de esta manera. Aun así, la mayoría de los clínicos basan su manera de ventilar a sus pacientes en las recomendaciones de una ventilación de protección pulmonar, sobre todo en aquellos pacientes con un pulmón previamente dañado:

- Maniobras de reclutamiento y determinación de la PEEP-óptima individualizada.
- Vc lo más bajo posible.
- *Driving pressure* lo más baja posible.

Volumen corriente

El uso de volúmenes corriente bajos es el componente de la protección pulmonar más aceptado de forma generalizada y nadie lo cuestiona hoy en día en la estrategia de protección pulmonar. La mayoría de los estudios refieren que volúmenes corriente en torno a 6 mL/kg disminuyen el daño en pulmones con dificultades respiratorias, y de 8 mL/kg en pulmones sanos, y que deberían usarse incluso en pacientes hipoxémicos, ya que el Vc no se debe emplear para mejorar oxigenación, sino exclusivamente para generar el mínimo volumen minuto necesario para conseguir eliminar el CO₂ producido.

Este volumen corriente extraordinariamente bajo menor de 6 mL/kg se ha asociado a mayores atelectasias y peor oxigenación, por lo que se recomienda que el empleo de Vc ultrabajos vaya acompañado primero de maniobras de reclutamiento, seguidas de una PEEP programada individualmente que evite la formación de atelectasias y permita una distribución homogénea del Vc.

PEEP

Se sabe que la PEEP evita la aparición de atelectasias durante el período espiratorio y, por tanto, disminuye el daño pulmonar por atelectrauma. Sin embargo, después de más de 28.000 publicaciones sobre la PEEP y más de 6 décadas de historia aún se desconoce cuál es el valor de PEEP más adecuado y cuál es la mejor forma de programarla.

Cuando hay tantas dudas al respecto de algo y la evidencia no aporta gran cosa, la mejor forma de abordar el tema de la PEEP es la fisiología respiratoria y el sentido común clínico.

El primer concepto que hay que tener en cuenta es que la PEEP *per se* no es capaz de reclutar pulmón colapsado, solo sirve para prevenir el recolapso durante la espiración, una vez que el pulmón está totalmente abierto. Por tanto, este principio hace que sea mucho más recomendable el programar una PEEP, siempre después de haber realizado una maniobra de reclutamiento pulmonar que garantiza que el pulmón está abierto. El hacerlo de esta forma tiene una segunda ventaja, y es permitir hacer un cálculo individualizado de la PEEP para cada paciente, siguiendo el punto de máxima distensibilidad pulmonar (C_{dyn}) o menor delta de presión, si se ventila por VCV.

Es un error fisiológico grave pensar que va a existir una PEEP mágica igual para todos los pacientes, o para un mismo tipo de cirugía, como el tan generalizado error de recomendar poner una PEEP de 5 cmH₂O para todos los pacientes.

La programación de la PEEP debe ser individualizada en función de la C_{dyn}, del *driving pressure* e o incluso actualmente de una forma visual, mediante ecografía pulmonar o tomografía de impedancia eléctrica, que dicen de forma individual qué PEEP es la mejor para cada enfermo en cada momento.

Por otro lado, no se debe olvidar que valores de PEEP generalizados y que son más altos de los que el paciente necesita pueden causar alteraciones hemodinámicas serias, por lo que la programación de la PEEP también debe ser individualizada y contextualizada a la situación clínica real del paciente.

Maniobras de reclutamiento

Aunque hay mucha controversia en cuanto al empleo de las maniobras de reclutamiento (MR) en anestesia, y muchos estudios presentan resultados contradictorios, todos los estudios de MR han mostrado que se produce siempre una mejoría de la C_{dyn}, la CRF, los índices de oxigenación, y de la reducción del *driving pressure*. Sin embargo, no está del todo definido si estos beneficios suponen mejoras en la morbimortalidad de los pacientes. El estudio de las MR ha evolucionado con el tiempo; en primer lugar con relación al tipo de MR que usar, se han empleado históricamente las maniobras de pocos ciclos a mucha presión, y el conocido *baging* con maniobras manuales de reclutamiento, que se sabe hoy día que son las que más daño pulmonar generan y están del todo contraindicadas. La siguiente maniobra que se estudió fue la presión positiva continua en la vía respiratoria (CPAP), a diferentes niveles de presión y durante distintas duraciones. Se vio que era efectiva para reclutar las atelectasias, pero hoy en día se sabe que genera más repercusión hemodinámica y más daño estructural pulmonar.

Hoy en día se recomienda la realización de una maniobra de reclutamiento escalonada en VCOP, con incrementos de 5 en 5 cmH₂O de PEEP manteniendo un delta de presión máximo de 15 cmH₂O y una titulación de la PEEP posterior que descendiendo escalonadamente los valores de PEEP en VCV para evitar daño pulmonar y garantizar un incremento de la distensibilidad pulmonar a expensas del componente elástico. La presión máxima que se alcanza para niños es de 30 cmH₂O, y para adultos en anestesia es generalmente suficiente con 40 cmH₂O. Solo es necesario incrementar la presión máxima por encima de 40 en pacientes obesos y en cirugía laparoscópica. Hay que ser muy prudente en estas maniobras y no son recomendables maniobras de más de 50 cmH₂O.

Delta de presión, presión impulsora, o *driving pressure* (DP)

Como ya se comentó al principio del tema, la DP corresponde a la diferencia entre la Pmeseta (presión *plateau*) y la presión al final de la espiración (PEEP). El primer estudio que alerta sobre el delta de presión como la presión más importante a la hora de generar VILI, mostrando un incremento casi lineal entre la DP y la mortalidad, en el paciente con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) fue Amato y cols. en 2015 y solo un año más tarde, Neto y cols. mostraron que un incremento en el delta de presión por encima de 13 cmH₂O era un predictor positivo significativo de complicaciones pulmonares asociadas a ventilación mecánica también en pacientes quirúrgicos.

Desde la aparición de estos estudios parece razonable aconsejar que todas las estrategias ventilatorias individualizadas se encaminen a disminuir el DP, ya que parece ser una de las claves para generar daño pulmonar en ventilación mecánica. A pesar de que se necesitan realizar más estudios para confirmar dichos hallazgos, hoy por hoy se aboga por una ventilación con valores de delta de presión lo más bajos posible.

Ventilación de protección pulmonar intraoperatoria

Se han usado múltiples descripciones para considerar lo que podría ser la ventilación de protección pulmonar intraoperatoria (iVPP), pero la más aceptada en los últimos años sería aquella que incluya al menos, los tres puntos comentados con anterioridad: Vt bajos (en anestesia, no más de 8 mL/kg), más el empleo de una PEEP óptima individualizada para cada paciente (mínimo 5 cmH₂O) y junto con DP, lo más baja posible (al menos no mayores de 15 cmH₂O), asociada o no a maniobras de reclutamiento pulmonar. El orden de aplicación de estas 3 o 4 medidas también es muy importante. La primera medida que valorar es la reabertura del pulmón colapsado mediante una maniobra de reclutamiento pulmonar, seguida de un empleo de PEEP lo más baja posible que mantenga el pulmón abierto (PEEP óptima o individualizada) y, finalmente, un volumen corriente bajo que consiga DP lo más bajas posible, obteniendo los objetivos de oxigenación y lavado de CO₂, definidos para cada paciente.

Ciertos autores identifican la protección pulmonar intraoperatoria con el concepto del taburete. Cualquier silla puede hacerse de muchas patas, pero necesita un mínimo de tres patas para ser estable. De igual forma, la protección pulmonar intraoperatoria requiere como mínimo de la aplicación de 3 maniobras de forma simultánea, abertura pulmonar en primer lugar, programación de PEEP de forma individualizada y, finalmente, de un volumen corriente lo más bajo posible que haga que el delta de presión sea bajo. Al igual que ocurre con el taburete, si se elimina una sola de cualquiera de estas 3 medidas, las otras dos dejan de ser efectivas y no se ve ningún resultado positivo de ninguna de ellas de forma individualizada. Esto es lo que explica los resultados tan contradictorios de muchos ensayos aleatorizados y controlados.

Otros aspectos a tener en cuenta

Fracción inspiratoria de oxígeno en el aire inspirado (FiO₂)

La mayoría de los anestesiólogos utilizan FiO₂ altas, especialmente antes de la intubación y en la preextubación de los pacientes, y se ha generalizado como práctica habitual el empleo de FiO₂ del 100 % de manera

sistemática en estos momentos. Este hecho se agrava porque la Organización Mundial de la Salud en 2012 comenzó a recomendar el empleo de FiO_2 elevadas (mayor o igual al 80 %) para prevenir las infecciones de la herida quirúrgica, basándose en algún estudio poco consistente.

Por otro lado, se ha podido apreciar que el uso de FiO_2 altas (>80 %) son responsables de la formación de atelectasias por reabsorción tras solo 5 minutos después de su aplicación y, además, se sabe que la aplicación de FiO_2 del 100 % genera lesiones pulmonares en exposiciones superiores a 12 horas, empeora las lesiones inflamatorias pulmonares e incrementa el estrés oxidativo en el pulmón.

Se ha observado que la formación de atelectasias es menor cuando la preoxigenación se lleva a cabo con FiO_2 del 30 % en vez del 100 %, y que su aparición aumenta cuando se utilizan FiO_2 del 100 % previas a la extubación.

Por otro lado, los estudios más recientes sobre FiO_2 e infecciones de la herida quirúrgica no encuentran diferencias significativas en la incidencia de infecciones de la herida quirúrgica y el nivel de FiO_2 .

Por todo lo anterior, actualmente se puede decir que el empleo de FiO_2 elevadas (superiores al 70 %) se debe reservar para la resolución de episodios hipoxémicos agudos y conseguir unos objetivos mínimos de normoxemia, cuando a pesar de las maniobras de reclutamiento y la programación de la PEEP no es suficiente. En los períodos de inducción anestésica y preextubación, sería deseable no utilizar FiO_2 superiores al 70 %, y asociar el empleo de ventilación no invasiva (VNI) o cánulas nasales de alto flujo, que generan un cierto nivel de CPAP y mejoran la oxigenación sin crear atelectasias.

VCP vs. VCV

Tampoco hay evidencia que muestre que un modo ventilatorio es superior al otro.

Una confusión muy generalizada consiste en pensar que la ventilación controlada por presión (VCP) es menos dañina que la ventilación controlada por volumen (VCV). Esto es debido a que, para un mismo volumen corriente, la presión pico en la VCV es algo mayor que la presión máxima inspiratoria en la modalidad VCP. Sin embargo, esta argumentación no tiene ningún fundamento fisiopatológico, ya que este incremento de presión es a expensas de la presión pico, que se asocia al componente de resistencias al flujo en la vía aérea, y no a la presión meseta, que es la que alcanza la pared alveolar.

Una vez revisados los diferentes puntos a tener en cuenta en la ventilación de protección pulmonar, se puede observar que actualmente no hay ninguna estrategia que demuestre mejores resultados que otra, por lo que nuevos estudios prospectivos deben realizarse para poder garantizar una disminución en las complicaciones postoperatorias asociadas a la ventilación mecánica.

Se puede decir que el futuro de la protección pulmonar intraoperatoria pasa por una individualización de todos los parámetros de programación del ventilador, acordes a las características individuales de cada uno de los pacientes. Esto es lo que se podría llamar la ventilación mecánica basada en una ventilación individualizada, en una personalización del volumen corriente y determinación de valores de PEEP óptimos para cada paciente, para asegurar el equilibrio entre unos valores correctos de volúmenes pulmonares espiratorios evitando la sobredistensión. Para ello, se están desarrollando sistemas de medición de presiones más precisos que los usados hasta la fecha como el catéter de medición de actividad diafragmática (NAVA) y catéteres de presión esofágica capaces de determinar la presión alveolar durante la ventilación mecánica. Hoy en día se están llevando a cabo múltiples estudios que buscan demostrar si el uso de estos catéteres para la determinación de una PEEP óptima para cada paciente en cada momento puede mejorar la oxigenación y disminuir la aparición de complicaciones en las cirugías laparoscópica y torácica.

Otras técnicas de monitorización que van a aportar mucha información en el futuro son la ecografía pulmonar y diafragmática y la tomografía de impedancia eléctrica, que van a enseñar muchas cosas y van a ayudar en la toma de decisiones, individualizadas, como métodos para establecer la PEEP óptima que necesita cada paciente en cada momento y evitar la sobredistensión fija y cíclica.

VENTILACIÓN EN CASOS ESPECIALES

Ventilación unipulmonar

La ventilación unipulmonar durante la cirugía torácica predispone a un incremento del riesgo de barotrauma, volutrauma, atelectrauma y toxicidad por oxígeno. Además, el daño quirúrgico directo y la ventilación unipulmonar están relacionados con un aumento de liberación de citocinas debido a la gran cantidad de células del sistema inmune que se encuentran tanto en el alveolo como en las células endoteliales y cuya liberación conlleva un aumento de la permeabilidad capilar, tanto en el pulmón dependiente como en el no dependiente. Estos factores implican un mayor riesgo de desarrollo de SDRA postoperatorio, neumonía y retraso en la recuperación del paciente. Por ello, en este tipo de cirugías, la ventilación de protección pulmonar cobra especial importancia y está muy recomendada.

Los estudios más recientes han sido llevados a cabo fijando volúmenes corrientes en torno a 5-6 mL/Kg (IBW), valores de PEEP de 5 cmH₂O (con valores máximos de 20cmH₂O durante las maniobras de reclutamiento en periodos de tiempo no superiores a 15-20 seg) y deltas de presión menores de 14-15 cmH₂O.

No obstante, un gran número de complicaciones postoperatorias han sido observadas a pesar de estas estrategias y los estudios realizados hasta la fecha no pueden demostrar la mejor estrategia de protección pulmonar en ventilación unipulmonar.

Ventilación del paciente pediátrico

Como bien es sabido, hay importantes diferencias fisiológicas en todos los aspectos entre el neonato y el adulto. Las más importantes que hay tener en cuenta a la hora de ventilar mecánicamente a un paciente pediátrico son la menor capacidad residual funcional (CRF) (lo que condiciona menor tiempo de apnea), las altas resistencias en la vía aérea (125 cmH₂O/L/s en el neonato intubado frente a 10-15 cmH₂O/L/s en el adulto), mayor facilidad para volutrauma (más facilidad para sobrepasar volúmenes corrientes adecuados), barotrauma (por la escasa distensibilidad del sistema pulmonar, junto con una elevada distensibilidad de la caja torácica), un aumento de la hiperreactividad bronquial y mayor riesgo de apneas postanestésicas por inmadurez de los centros respiratorios (Tabla 1.5-3).

Tabla 5-3. Comparación de volúmenes pulmonares entre el adulto y el niño

Volúmenes	Neonato	Adulto
CRF en paciente anestesiado	20-25	45
Volumen corriente	6-7	7-8
Volumen minuto (mL/kg/min)	250-300	100
Espacio muerto (valor absoluto)	6-8 mL	120-180 mL

CRF: capacidad residual funcional.

Teniendo en cuenta estas diferencias, las estrategias ventilatorias para evitar la lesión pulmonar en el niño que se recomiendan son las siguientes:

- Volumen corriente que no supere los 6 mL/kg con circuito abierto, y los 8 mL/kg con circuito circular, por tener mayor seguridad para compensar la pérdida por volumen compresible del circuito y tubuladuras.
- Presiones meseta en función de la edad:
 - >6 años: <30 cmH₂O
 - De 1 mes a 6 años: <20 cmH₂O
 - Neonatos <15-20 cmH₂O
- Hipercapnia permisiva, pero manteniendo un pH mínimo de 7,25.

- Maniobras de reclutamiento pulmonar con incrementos escalonados de la presión en PCV. Con D-P constante de 15 cmH₂O. Pmáx de 30 cmH₂O y PEEP máxima de 15 cmH₂O.
- Empleo de FiO₂ bajas: intentar no superar nunca 0,5. En prematuros y neonatos, la FiO₂ menor posible para conseguir la normooxigenación que depende de la edad del paciente.
- PEEP óptima: 2 cmH₂O por encima del punto de inflexión inferior. Neonatos 2-3 cmH₂O.

VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA (VMNI)



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Aprendizaje del concepto de VMNI y las cánulas nasales de alto flujo (VAFO).
- Manejo de las indicaciones y cuando comenzar la VMNI.
- Conocer las contraindicaciones.

INTRODUCCIÓN

La función respiratoria se ve comprometida con facilidad en el período perioperatorio. Los fármacos anestésicos, el dolor postoperatorio, el encamamiento y la propia cirugía, sobre todo la cercana al diafragma (cirugía abdominal, torácica y cardíaca) crean alteraciones en los volúmenes pulmonares (capacidad residual funcional, capacidad vital y volumen corriente), que facilitan el fallo respiratorio postoperatorio, la formación de atelectasias, la aparición de complicaciones pulmones postoperatorias y la disfunción diafragmática postoperatoria. Todas estas alteraciones aparecen desde el mismo momento de la extubación postoperatoria y pueden permanecer hasta 5 o 7 días postoperatorios o hasta que el enfermo recupera su capacidad de andar y hacer vida normal nuevamente.

Las indicaciones de VMNI en el perioperatorio se podrían dividir en indicaciones preventivas para evitar el fallo respiratorio en el postoperatorio en los pacientes de riesgo, y en las terapéuticas, para tratar precozmente el fallo respiratorio instaurado y así evitar la reintubación.

Estos desarrollos están mejorando la capacidad para adaptar el tratamiento a las necesidades individuales y para facilitar la transferencia entre el quirófano, la unidad de cuidados intensivos, las unidades de reanimación y el domicilio.

Una de las principales barreras para el uso de estas terapias es la falta de familiaridad del personal sanitario del hospital con su aplicación, por lo que una de las vías claves del éxito de la VMNI es dedicar un esfuerzo constante, dirigido también a la formación del personal.

La ventilación no invasiva no se puede plantear como una técnica opuesta a la ventilación invasiva convencional. La intubación endotraqueal tiene sus indicaciones claras y no tiene sentido pretender cuestionarla. Sin embargo, tampoco tiene ningún sentido rechazar frontalmente la ventilación no invasiva simplemente porque sea una técnica ventilatoria que se está desarrollando tecnológicamente en los últimos años, que requiere de un entrenamiento específico y un mayor grado de vigilancia y esfuerzo por parte de todo el personal.

Se debe ver en la VMNI y en la OAF unas técnicas complementarias a la invasiva convencional, tanto antes de plantearse una intubación, para quizá conseguir evitarla, como después de la intubación para facilitar un destete complicado. A su vez, un problema añadido es la falta de dispositivos e interfaces específicamente diseñados para todo el rango de pacientes, sobre todo los más pequeños.

¿CUÁNDO SE REQUIERE LA VMNI PERIOPERATORIA?

Las principales indicaciones para la VMNI en el período perioperatorio son la obstrucción o hipoventilación de la vía aérea superior no controlada durante la recuperación de la anestesia o durante la exposición a los fármacos opiáceos y sedantes, particularmente durante el sueño.

Los pacientes con trastornos obstructivos respiratorios del sueño (SAOS) conocidos previamente a la intervención, hipoventilación por obesidad y trastornos neuromusculares tienen un mayor riesgo de desarrollar episodios adversos respiratorios como resultado de estos problemas. La VMNI debe considerarse para tales pacientes durante el sueño o cuando están sedados en el postoperatorio inmediato. La VMNI también puede ser necesaria en pacientes que previamente no se sabía que tenían trastornos respiratorios del sueño, pero en los que se observa obstrucción respiratoria o hipoventilación en estas circunstancias. Dados los factores predisponentes comunes, como la obesidad, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y la enfermedad neuromuscular, estos problemas respiratorios pueden coexistir.

La VMNI es segura y bien tolerada en obesos durante el perioperatorio de la cirugía bariátrica, y no hay evidencia hasta el momento que demuestre un aumento en las dehiscencias de suturas en el postoperatorio de cirugía bariátrica por el uso de VMNI en el postoperatorio inmediato.

En comparación con el tratamiento convencional, el uso de la VMNI después de la cirugía cardiotorácica mejora la oxigenación del paciente y disminuye la necesidad de reintubación endotraqueal, sin incremento de complicaciones significativas.

No hay evidencia sobre la disminución de las complicaciones respiratorias postoperatorias con el uso de VMNI en el paciente intervenido de cirugía torácica. Los estudios son escasos y con tamaños muestrales reducidos. Si bien los estudios actuales sugieren que se debe tener en cuenta como una herramienta terapéutica importante en el postoperatorio del paciente con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) sometido a resección pulmonar, todavía no hay .

Una problemática clásica sobre el empleo de VMNI en el postoperatorio de cirugía torácica era el miedo a generar fugas y dehiscencias anastomóticas traqueobronquiales. Sin embargo, parece que su uso es seguro. No se ha evidenciado aumento de la fuga anastomótica traqueobronquial con VMNI.

Tanto la CPAP como la VMNI mejoran la función respiratoria en el período perioperatorio, previniendo el fallo respiratorio agudo postoperatorio mediante la reducción del trabajo respiratorio. También mejoran el reclutamiento pulmonar y la disminución de atelectasias y facilitan la oxigenación y la ventilación alveolar. También estos beneficios ventilatorios favorecen la función hemodinámica por disminución de las resistencias vasculares pulmonares y mejoran el gasto cardíaco.

Los estudios hasta el momento sugieren que la CPAP y la VMNI son efectivas para mejorar los resultados clínicos de los pacientes con fallo respiratorio agudo, especialmente en los casos de cirugía abdominal y torácica. En estas cirugías se ha demostrado una reducción de la tasa de reintubación postoperatoria, de las tasas de infección nosocomial, de estancia hospitalaria postoperatorio e incluso de la mortalidad.

Las dos consideraciones fundamentales que hay que tener en cuenta son que antes de instaurar una terapia de CPAP o VMNI, hay que estar seguros de haber descartado y tratado las complicaciones quirúrgicas específicas del procedimiento. La segunda consideración es que la VMNI es un tratamiento de soporte del fallo respiratorio que requerirá simultáneamente que se instaure el tratamiento etiológico adecuado de la causa que ha causado ese fallo respiratorio.

¿QUÉ MODALIDAD DE TRATAMIENTO SE DEBE USAR DURANTE EL PERIOPERATORIO?

Cuando no se asocia con hipoventilación relacionada con el sueño o insuficiencia respiratoria hipercápnica, la obstrucción de la vía aérea superior se puede tratar con CPAP. Cuando se presenta hipoventilación relacionada con el sueño o insuficiencia respiratoria hipercápnica, con o sin obstrucción de la vía aérea, se indica presión positiva con dos niveles de presión (BIPAP) o presión soporte (ST, PS) (con su nivel de presión positiva espiratoria en vía aérea [EPAP] ajustada para tratar la obstrucción de la vía aérea superior y la IPAP, para conseguir mejorar la insuficiencia respiratoria).

¿CUÁNDO COMENZAR LA VMNI?

Es posible que los pacientes con diagnóstico conocido de trastornos respiratorios del sueño ya estén recibiendo algún tipo de VMNI domiciliaria. Se deben hacer todos los esfuerzos posibles para garantizar que

estos pacientes reciban su tratamiento también en el postoperatorio y durante toda su estancia en el hospital. Esto se puede lograr haciendo que los pacientes lleven su propio dispositivo al hospital (por lo general, requieren una verificación del dispositivo para garantizar la seguridad y la configuración correcta) o que el hospital les proporcione la terapia correcta. Las CPAP que los pacientes usan domiciliariamente puede que no sirvan si el paciente requiere de algún tipo de soporte ventilatorio, por insuficiencia respiratoria asociada a su obstrucción de vía aérea. Debe tenerse en cuenta, que todas las formas de respiración alterada durante el sueño pueden empeorar perioperatoriamente y puede requerirse un control para evaluar los ajustes del tratamiento domiciliario.

Para los pacientes que no han recibido VMNI previamente, juzgar cuándo comenzar el tratamiento en el contexto perioperatorio implicará la observación clínica, el control de la ventilación y el intercambio de gases y la medición de gases arteriales. La aplicación de estas terapias perioperatoriamente debe realizarse en un ambiente con adecuada monitorización, por ejemplo, en las salas de despertar o recuperación postanestésica.

En el caso de la obstrucción de la vía aérea superior, la indicación puede ser hecha por la simple observación de la clínica. Cuando no responden a medidas simples, como cambio postural o disminuir la sedación, y cuando no hay una necesidad inmediata de intubación traqueal, se puede considerar la terapia con CPAP. Si no se detecta mediante observación clínica, el problema puede identificarse mediante el control de la ventilación (CO_2 espirado u otras medidas de flujo de aire oronasal) o la oximetría de pulso. En el caso de la oximetría, hay que tener en cuenta que los efectos de la oxigenoterapia sobre las saturaciones relacionadas con la obstrucción, pueden enmascarar el problema.

En el caso de hipoventilación, con o sin obstrucción, el contexto clínico proporciona ayuda importante. La existencia de factores predisponentes como obesidad, y la enfermedad neuromuscular o EPOC avanzada deben alertar al médico. El estudio del pH y nivel de bicarbonato en la gasometría arterial puede ser de gran ayuda para diferenciar entre un fallo respiratorio agudo y uno crónico. Un nivel elevado de HCO_3 en la gasometría en el perioperatorio puede ser un signo de hipoventilación crónica (que indica amortiguación de la retención nocturna de CO_2) y puede garantizar un recuento más detenido.

Los fármacos anestésicos, analgésicos opiáceos y resto de fármacos sedantes pueden aumentar el riesgo de hipoventilación aguda en el período perioperatorio. Si dicha hipoventilación es grave con una bradipnea importante, no es probable que responda inmediatamente a otras medidas (como la reversión de la sedación). Es mejor no retrasar la intubación traqueal ni la ventilación invasiva. Sin embargo, si no hay bradipnea importante y la hipercapnia es moderada o leve, se puede considerar BPAP no invasiva como medida inicial.

CONTRAINDICACIONES

Las contraindicaciones de la VMNI se dan, sobre todo, en neonatología. No hay contraindicaciones absolutas, aunque algunas malformaciones faciales con dificultad para colocar la interfase hacen muy complicada su aplicación. Durante el postoperatorio de cirugía abdominal es preferible demorar su inicio o utilizar un soporte mínimo para evitar la distensión abdominal. No debe emplearse en la hernia diafragmática congénita.

INTERFASES (MASCARILLAS)

La interfase es el dispositivo de conexión entre el ventilador y paciente. La correcta elección del tamaño es importante para el buen funcionamiento de la terapia. Puede producir molestias y, con ello, el rechazo de la terapia.

Una interfase se caracteriza por tener un armazón rígido, con diferentes tallas, es transparente, ligera y con sellado cómodo y válvula de seguridad. Debería poderse reutilizar. Si es posible, debe tener poco espacio muerto. Debe tener un puerto accesorio (para medir presiones, capnografía, etc.). El arnés debe ser ligero, transpirable y no se tiene que deformar con el uso.

OXIGENOTERAPIA DE ALTO FLUJO (OAF)

Introducción

Las terapias con cánula nasal de alto flujo (OAF) que comenzaron hace décadas en las unidades de cuidados neonatales, se están extendiendo al paciente adulto con insuficiencia respiratoria hipóxica o mixta, tanto en unidades de cuidados intensivos, como en quirófano y reanimación. La OAF consiste en oxígeno humidificado de alto flujo (hasta 60 L/min) con una FiO_2 que es regulable. Con altas tasas de flujo, generalmente se considera que la OAF puede proporcionar un nivel variable de CPAP, sobre 3-6 cmH_2O . Además, se están incorporando aparatos específicos que dan diferentes modalidades de CPAP y que son capaces de administrar niveles más altos de CPAP (10-12 cmH_2O) basados en la tecnología del OAF. Los ensayos clínicos aleatorios prospectivos en la UCI y en el postoperatorio han encontrado que la OAF no es inferior respecto a la VMNI para prevenir la insuficiencia respiratoria y se tolera mejor. OPERA es un ensayo clínico a gran escala que examina el papel de la OAF en la prevención de la insuficiencia respiratoria postoperatoria en pacientes con cirugía abdominal reciente que recibieron OAF u oxigenoterapia estándar. No hubo diferencias significativas en la reducción del riesgo de hipoxemia ni en la incidencia de complicaciones pulmonares postoperatorias (PPC). Estos hallazgos pueden sugerir que la OAF podría no prevenir de forma la atelectasia, ya que no garantiza suficiente nivel de presión para mantener abiertas zonas pulmonares que tienden al colapso.

Las cánulas de alto flujo en neonatología son cortas y permiten la administración de flujos altos de aire y oxígeno (2 y 8 L/min).

Componentes del sistema de alto flujo

- Interfase: cánula nasal capaz de dar flujos de hasta 60 lat/min, con diferentes tallas y que aguanten el peso de la tubuladura.
- Rotámetros para flujos de entre 0 y 70 lat/min de oxígeno o mezcla de oxígeno/aire con dos caudalímetros conectados a una pieza en «Y» adaptada al humidificador o sistemas como el de una turbina (como en el respirador mecánico) incorporados al dispositivo de OAF.
- Humidificador-calentador para obtener una humedad relativa del 100 % y temperatura de 37 °C. Para medir la FiO_2 de forma fiable es mejor que incorpore un analizador de O_2 .
- Tubuladuras con resistencia interior para mantener la temperatura. Se recomienda agua destilada para obtener la humedad necesaria. También se puede realizar la terapia desde algunos ventiladores mecánicos que ofertan este uso.

Indicaciones

Indicaciones de la oxigenoterapia de alto flujo en adultos

- **Insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica no cardiogénica (neumonía):** el empleo temprano de OAF disminuye el trabajo respiratorio, mejora la PaO_2/FiO_2 y disminuye el riesgo de intubación. No se debe retrasar el inicio de la terapia para un mejor resultado. Los resultados son peores en SDRA y de momento solo en el SDRA leve su uso puede tener un resultado aceptable.
- **Insuficiencia cardíaca aguda:** La CPAP disminuye el trabajo respiratorio, la incidencia de intubación y también la mortalidad. Con todo, no hay suficientes estudios que avalen a la OAF como terapia en EAP en pacientes que no toleran la VMNI.
- **Insuficiencia respiratoria hipercápnica (EPOC reagudizada):** el patrón de oro del tratamiento es la VMNI. El uso de OAF en EPOC está muy limitado a pacientes con acidosis respiratoria con buenos resultados en la disminución de la pCO_2 , pero no está determinado cuando puede ser una buena alternativa a la VMNI, teniendo en cuenta que la OAF tiene menos espacio muerto y puede mejorar la actividad ciliar.

- **Insuficiencia respiratoria aguda postextubación:** comparadas con las mascarillas habituales (Venturi) la OAF es más cómoda, mejora la F_i y la PaO_2/FiO_2 .
- **Preoxigenación antes de la intubación orotraqueal (IOT):** la OAF como preoxigenación reduce la hipoxemia durante la IOT.

Oxigenoterapia durante sedaciones profundas (bronoscopias, etc.): se puede emplear durante cualquier procedimiento que necesite sedación profunda y el paciente mantenga la ventilación espontánea. La oxigenoterapia de alto flujo en neonatología tiene las mismas indicaciones que la VMNI, en cualquier proceso que aumente el trabajo respiratorio de forma leve. Es cómodo para el paciente, con pocos efectos adversos y menor daño nasal si se compara con la VMNI.

Contraindicaciones y complicaciones de la OAF

Las contraindicaciones y complicaciones más destacadas de la OAF incluyen las siguientes:

- No debe emplearse en el paciente no colaborador, en caso de anomalías nasales graves (por cirugía, trauma o malformación), en vía aérea obstruida, epistaxis importante y en parada cardiorrespiratoria (PCR).
- Como complicaciones muy raras se pueden encontrar leve dolor torácico (transitorio) al inicio de la terapia, epistaxis, sinusitis, cefalea, malestar por ruido o por flujo y por aire muy caliente. En los sistemas de mala calidad se puede observar condensación que puede pasar de la tubuladura al paciente con posibilidad de que este lo aspire.



CONCLUSIONES

- El tratamiento con VMNI y OAF tiene un papel en expansión dentro del entorno hospitalario y, sin duda, ha sido infrutilizado en el contexto perioperatorio. La mejora en el equipo utilizado para administrar estas terapias (dispositivos, humidificadores e interfaces) ha aumentado su eficacia, versatilidad y aceptabilidad para los pacientes.



BIBLIOGRAFÍA

- Amato MB, Meade MO, Slutsky AS et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372(8):747-55.
- Antonelli M, Conti G, Moro ML et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multicenter study. *Intensive Care Med.* 2001;27(11):1718-28.
- Belda FJ, Llorens J. Ventilación mecánica en anestesia y cuidados críticos. Madrid: ed. Arán, 2009.
- Brodsky JB. Recent advances in anesthesia of the obese patient. *F1000Research* 2018; 7: F1000 Faculty Rev-1195.
- Carron M, Zarantonello F, Ieppariello G, Ori C. Obesity and perioperative noninvasive ventilation in bariatric surgery. *Michele Carron et al. Minerva Chirurgica.* 2017;72(3):248-64.
- Chiumello D, Chevillard G, Gregoretti C. Non-invasive ventilation in postoperative patients: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2013;37:918-29.
- Chung F, Chau E, Yang Y et al. Serum bicarbonate level improves specificity of STOP-Bang screening for obstructive sleep apnea. *Chest.* 2013;143(5):1284-93.
- Frat JP, Thille AW, Mercat A et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *N Engl J Med.* 2015;372(23):2185-96.
- Fu ES, Downs JB, Schweiger JW et al. Supplemental oxygen impairs detection of hypoventilation by pulse oximetry. *Chest.* 2004;126(5):1552-8.
- Futier E, Paugam-Burtz C, Godet T, et al. OPERA study investigators. Effect of early postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on hypoxaemia in patients after major abdominal surgery: a French multicentre randomised controlled trial (OPERA). *Intensive Care Med.* 2016;42:1888-98.

Tema 5: Ventilación y oxigenoterapia en quirófano. VMI. VMNI.

- García Fernández, J. Clasificación de los modos ventilatorios [consulta el 23 de julio de 2019]. Disponible en: www.ventilacionanestesia.com
- García Fernández, J. Programación fisiológica de un respirador [consulta el 23 de julio de 2019]. Disponible en: www.ventilacionanestesia.com
- García Fernández J, Romero Berrocal, A. Manual de anestesia pediátrico. Cap 9. Ventilación mecánica en paciente pediátrico. Madrid: Ed. Médica Panamericana, 2016; p. 135-155.
- Guangfa Z, Yan H, Dong W, Yingxin S. Efficacy and safety of noninvasive ventilation in patients after cardiothoracic surgery. A PRISMA-compliant systematic review and meta-analysis. *Medicine*. 2016;95:38.
- Hernández G, Vaquero C, Colinas L et al. Effect of postextubation high-flow nasal cannula vs noninvasive ventilation on reintubation and postextubation respiratory failure in high-risk patients: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2016;316(15):1565-74.
- Hillman DR, Jungquist CR, Auckley D. Perioperative Implementation of Noninvasive Positive Airway Pressure Therapies. *Respir Care*. 2018;63(4):479-87.
- Jaber S, Chanques G, Jung B. Postoperative non-invasive ventilation. *Anesthesiology*. 2010;112:453-61.
- Jaber S, De Jong A, Castagnoli A et al. Non-invasive ventilation after surgery. *Annales Francaises d'Anesthésie et de Réanimation*. 2014;33:487-9.
- Jungquist CR, Flannery M, Perlis ML, Grace JT. Relationship of chronic pain and opioid use with respiratory disturbance during sleep. *Pain Manag Nurs*. 2012;13(2):70-9.
- Kushida CA, Chediak A, Berry RB et al. Clinical guidelines for the manual titration of positive airway pressure in patients with obstructive sleep apnea. *J Clin Sleep Med*. 2008;4(2):157-71.
- Manual de anestesia y medicina perioperatoria en cirugía torácica. 2ª ed. R. Moreno Balsalobre. Capítulo: VMNI en cirugía torácica, 2017.
- Mason M, Cates CJ, Smith I. Effects of opioid, hypnotic and sedating medications on sleep-disordered breathing in adults with obstructive sleep apnoea. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015(7):CD011090.
- McKiernan C, Chua LC, Visintainer PF, Allen H. High flow nasal cannulae therapy in infants with bronchiolitis. *J Pediatr*. 2010;156:634-8. MiHye Park et Al.; Driving Pressure during Thoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial. *Anesthesiology* 2019;130(3):385-393
- Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet*. 2009;374(9685):250-9.
- Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med*. 2016;4:272-80.
- O'Gara B, Talmor, D. Perioperative lung protective ventilation. *BMJ*. 2018;362:k3030.
- Ramachandran SK, Haider N, Saran KA et al. Life-threatening critical respiratory events: a retrospective study of postoperative patients found unresponsive during analgesic therapy. *J Clin Anesth*. 2011;23(3):207-13.
- Ramos Gómez L, Benito Vales S. Fundamentos de la ventilación mecánica. Barcelona: ed: Marge Médica, 2012.
- Tong S, Gower J, Morgan A et al. Noninvasive positive pressure ventilation in the immediate post-bariatric surgery care of patients with obstructive sleep apnea: a systematic review. *Surgery for Obesity and Related Diseases*. 2017;13:1227-35.