

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLÍNICA**



TESIS DOCTORAL

**EFFECTIVIDAD DE LA FIBROBRONCOSCOPIA POR VÍA
BUCAL CON SISTEMA DE SELLADO, DURANTE LA
VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA POR VÍA NASAL**

Memoria de Doctorado
Ana Camarasa Escrig

Director de la tesis
Dr Eusebi Chiner Vives

Sant Joan d'Alacant
2017

Prof. JAVIER FERNÁNDEZ SÁNCHEZ,
Director del departamento de Medicina Clínica de la
Universidad Miguel Hernández

AUTORIZA:

La presentación y defensa como Tesis doctoral del trabajo “EFECTIVIDAD DE LA FIBROBRONCOSCOPIA POR VÍA BUCAL CON SISTEMA DE SELLADO, DURANTE LA VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA POR VÍA NASAL” presentado por Ana Camarasa Escrig bajo la dirección del Dr Eusebi Chiner Vives.

Lo que firma en Sant Joan d’Alacant a, 11 de Abril de 2017

Prof. J. Fernández
Director
Dpt. Medicina Clínica



DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLINICA

Campus de San Juan. Ctra. de Valencia (N-332), Km. 87 – 03550 San Juan de Alicante
Telf.: 96 5919449 – Fax: 96 5919450
c.electrónico: med.psiqui@umh.es

D. Eusebi Chiner Vives, como Director de Tesis Doctoral

CERTIFICA:

Que el trabajo "Efectividad de la fibrobroncoscopia por vía bucal con sistema de sellado, durante la ventilación mecánica no invasiva por vía nasal" realizado por Dña. Ana Camarasa Escrig ha sido llevado a cabo bajo mi dirección y se encuentra en condiciones de ser leído y defendido como Tesis Doctoral en la Universidad Miguel Hernández.

Lo que firmamos para los oportunos efectos en San Juan de Alicante a 15 de Abril de 2017.

Fdo. Dr. D. Eusebi Chiner Vives
Director de la Tesis Doctoral



DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLINICA

Campus de San Juan. Ctra. de Valencia (N-332), Km. 87 – 03550 San Juan de Alicante
Telf.: 96 5919449 – Fax: 96 5919450
c.electrónico: med.psiqui@umh.es



AGRADECIMIENTOS

A una persona a quien aprecio, valoro y admiro que me ha dado el impulso que necesitaba para reflexionar y retomar tareas pendientes. Gracias Eusebi por estar SIEMPRE ahí.

A la persona que comparte todo conmigo. Gracias Esteban por hacerme la vida fácil.

A mi chica, gracias Lucía por llegar a nuestras vidas.

A mi próximo chico, gracias Jaime por regalarme este tiempo para reilusionarme.

A mi familia, aunque no estemos todos, gracias por mantenernos unidos.

A mis compañeros que tanto he echado de menos en muchos momentos, gracias Cristina, gracias Esther, gracias Jose, gracias Jaime.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	12
1. VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA (VMNI)	13
1.1 VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda	13
1.1.1 <i>Bases fisiopatológicas</i>	14
1.1.2 <i>Indicaciones de VMNI en insuficiencia respiratoria aguda</i>	15
1.1.2.1 Insuficiencia respiratoria aguda hipercápnica	15
1.1.2.2 Insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica	17
1.1.3 <i>Selección de pacientes</i>	18
1.1.3.1 Criterios de selección	19
1.1.3.2 Contraindicaciones	20
1.1.4 <i>Consideraciones previas al inicio de VMNI</i>	21
1.1.4.1 Modos ventilatorios	21
1.1.4.2 Selección del respirador	22
1.1.4.3 Vías de acceso	23
1.1.4.4 Accesorios	24
1.1.5 <i>Aplicación de la VMNI en pacientes agudos</i>	24
1.1.5.1 Inicio	25
1.1.5.2 Programa básico	26
1.1.5.3 Ajustes inmediatos	26
1.1.5.4 Monitorización	27

1.1.5.5	Efectos adversos y complicaciones	28
1.1.5.6	Retirada de la VMNI	29
1.1.5.7	Lugar de aplicación	31
1.2	VMNI en pacientes crónicos	32
1.2.1	<i>Mecanismo de acción</i>	33
1.2.2	<i>Indicaciones</i>	33
1.2.3	<i>Tipos de ventilador</i>	35
2.	FIBROBRONCOSCOPIA (FBC)	35
2.1	Historia	36
2.1.1	<i>Los precursores</i>	38
2.1.2	<i>Nacimiento y desarrollo</i>	39
2.1.3	<i>El impulsor</i>	40
2.1.4	<i>Nuevas aportaciones</i>	40
2.1.5	<i>La FBC flexible</i>	40
2.1.6	<i>El videobroncoscopio</i>	41
2.2	Indicaciones	41
3.	FIBROBRONCOSCOPIA BAJO VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA	42
3.1	Introducción	42
3.2	Ventilación mecánica no invasiva y fibrobroncoscopia	43
3.2.1	<i>Procedimiento</i>	46
3.2.1.1	Entorno	46
3.2.1.2	Aplicación de la ventilación mecánica no invasiva	46
3.2.1.3	Interfases	47
3.2.1.4	Sedación	52
3.2.1.5	Posición del paciente	52

3.2.1.6	Vía de entrada	53
3.2.1.7	Técnicas	53
3.2.1.8	Duración	53
3.2.1.9	Cuidados post fibrobroncoscopia	53
3.2.1.10	Complicaciones	54
3.2.1.11	Contraindicaciones	55
3.3	Situaciones especiales	55
3.3.1	Intubación orotraqueal con fibrobroncoscopia y VMNI	55
3.3.2	Pacientes pediátricos	57
3.3.3	Síndrome de apnea hipopnea del sueño, síndrome obesidad hipoventilación y obesidad mórbida	57
3.4	Broncoscopia rígida y ventilación mecánica no invasiva	58
3.5	Ecobroncoscopia	59
3.6	Conclusiones	59
II.	HIPÓTESIS	60
III.	OBJETIVOS	62
IV.	MATERIAL Y MÉTODO	64
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
VI.	CONCLUSIONES	81
VII.	BIBLIOGRAFÍA	83

ABREVIATURAS

BIPAP: *bilevel positive airway pressure*

BR: broncoscopia rígida

CPAP: *continuous positive airway pressure*

EAP: edema agudo de pulmón

EBUS: *endobronchial ultrasound*

EPAP: *expiratory positive airway pressure*

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica

FBC: fibrobroncoscopia

FiO₂: fracción inspiratoria de oxígeno

FR: frecuencia respiratoria

IOT: intubación orotraqueal

IPAP: *inspiratory positive airway pressure*

IRA: insuficiencia respiratoria aguda

LBA: lavado broncolveolar

Pa CO₂: presión arterial de CO₂

Pa O₂: presión arterial de O₂

PAV: *proportional assist ventilation*

PEEP: *positive end expiratory pressure*

SAPS: *simplified acute physiology score*

SDRA: síndrome de distress respiratorio del adulto

UCI: unidad de cuidados intensivos

UCRI: unidad de cuidados respiratorios intermedios

VMD: ventilación mecánica domiciliaria

VMI: ventilación mecánica invasiva

VMNI: ventilación mecánica no invasiva

VPN: ventilación a presión negativa

VT: *tidal volume*





I. INTRODUCCIÓN

1. VENTILACIÓN MECÁNICA NO INVASIVA

La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) puede definirse como cualquier forma de soporte ventilatorio administrado sin necesidad de intubación endotraqueal. Iniciada a principios del siglo XX mediante ventiladores de presión negativa y desarrollada posteriormente coincidiendo con la epidemia de poliomielitis que asoló a Europa y Estados Unidos, la VMNI ha experimentado en las últimas décadas un crecimiento importante en su aplicación.

La demostración de la eficacia de la presión positiva en la vía aérea mediante mascarillas y el desarrollo de respiradores portátiles y relativamente fáciles de manejar, ha propiciado el gran auge de esta técnica ventilatoria en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda y crónica.

Un aspecto clave de la VMNI es la posibilidad de evitar la intubación traqueal y ventilación mecánica invasiva (VMI) y así como sus potenciales complicaciones. Además de ser más confortable, el paciente puede comunicarse, comer y beber, expectorar, evita la necesidad de sedación profunda preservándose los mecanismos de defensa de la vía aérea superior (1).

La aplicación de VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda permite reducir la intubación endotraqueal, la tasa de morbilidad y la estancia hospitalaria. Además, esta técnica puede utilizarse fuera de UCI, lo cual permite un inicio más precoz del soporte ventilatorio y un menor consumo de recursos (2). En pacientes con fallo ventilatorio crónico, el soporte ventilatorio no invasivo nocturno se asocia a una mejoría significativa en los síntomas, calidad de vida y en parámetros fisiológicos.

1.1 VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda

La VMNI es actualmente el tratamiento de elección en la mayor parte de pacientes con fallo ventilatorio agudo. Los buenos resultados obtenidos en las agudizaciones graves de la EPOC han extendido el uso de la VMNI a otras patologías que cursan con insuficiencia respiratoria aguda (Tabla I), siendo hoy considerada una intervención de primera línea en el manejo de muchos de estos pacientes.

Tabla I. Indicaciones, nivel de evidencia y lugar idóneo de aplicación de VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda

Etiología	Nivel de evidencia	Lugar de aplicación
Agudización de EPOC	A	Planta, UCRI, UCI
Edema agudo de pulmón**	A	UCI, UCRI
Inmunodeprimidos	A	UCI, UCRI
Destete de VM en EPOC	A	UCI, UCRI
Insuficiencia respiratoria postoperatoria	B	UCI
Fibrobroncoscopia	B	Según gravedad
Agudización grave de asma	C	UCI, UCRI
Neumonía/SDRA	C	UCI, UCRI
Fracaso extubación	C	UCI
Pacientes no candidatos a IOT	C	Planta, UCRI
Síndrome obesidad-hipoventilación	C	

**Adaptada de referencia 13.
 **Mayor evidencia para CPAP.
 Evidencia A: múltiples estudios controlados randomizados y meta-análisis; evidencia B: más de un estudio controlado randomizado, estudios de cohorte o caso-control; evidencia C: series de casos o resultados conflictivos. UCRI: unidad de cuidados respiratorios intermedios. SDRA: síndrome de distrés respiratorio del adulto.*

Adaptado referencia 13

1.1.1 Bases fisiopatológicas

Los objetivos principales de la VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda son evitar la intubación endotraqueal y sus potenciales complicaciones, reducir el trabajo respiratorio y corregir la hipoxemia y la acidosis respiratoria. Estos objetivos pueden variar en función del tipo de insuficiencia respiratoria, del contexto clínico y de la enfermedad de base del paciente.

Desde un punto de vista fisiopatológico, la insuficiencia respiratoria aguda puede clasificarse en dos grandes grupos (3):

- Insuficiencia respiratoria hipoxémica: se produce un fracaso en el intercambio de gases por afectación parenquimatosa pulmonar (por ejemplo, neumonía, edema pulmonar cardiogénico, distrés respiratorio del adulto), e insuficiencia respiratoria hipercápnica, causada por el fallo de la bomba ventilatoria.
- Insuficiencia respiratoria aguda hipercápnica: el objetivo de la ventilación mecánica en la insuficiencia respiratoria hipercápnica es aliviar la carga de los músculos respiratorios para aumentar la ventilación alveolar y reducir la presión arterial de CO₂ (PaCO₂) y estabilizar el pH arterial mientras se resuelve el problema desencadenante.

El paradigma de esta situación clínica está representado por la agudización de la EPOC. Esta enfermedad se caracteriza por una reducción de los flujos espiratorios e hiperinsuflación pulmonar, que a su vez da lugar a un aplanamiento del diafragma, el cual queda en una posición de desventaja mecánica, generándose así una sobrecarga inspiratoria del mismo. Durante las agudizaciones, se produce un incremento de las resistencias de la vía aérea, de la hiperinsuflación dinámica y, por tanto, del trabajo respiratorio, situación que favorece el fracaso de la musculatura ventilatoria por agotamiento.

Por otra parte, juegan un papel importante los desequilibrios en la relación ventilación-perfusión, que darán lugar a hipoxemia, con mayor o menor grado de hipercapnia y acidosis.

En estos casos, la VMNI con presión positiva se asocia a una reducción del trabajo muscular respiratorio, con disminución de la frecuencia respiratoria y aumento del volumen corriente.

En casos de Insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica el objetivo de la VMNI es asegurar una presión arterial de oxígeno (PaO_2) adecuada mientras se trata la causa del episodio agudo.

El colapso de los espacios aéreos distales y la ocupación alveolar producen una disminución de las relaciones ventilación-perfusión, que en ocasiones pueden comportarse como un verdadero shunt, con la consiguiente hipoxemia. La VMNI con presión positiva tanto inspiratoria como espiratoria favorece el reclutamiento de unidades alveolares no ventiladas, mejorando así la oxigenación. En pacientes con edema pulmonar cardiogénico, la VMNI produce un beneficio adicional al reducir el retorno venoso y la postcarga del ventrículo izquierdo (4).

1.1.2 Indicaciones de la VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda

1.1.2.1 Insuficiencia respiratoria aguda hipercápnic

La VMNI es especialmente eficaz y alcanza mayores tasas de éxito en procesos que cursan con fatiga de la musculatura respiratoria e hipoventilación que conduce a la retención de CO_2 y acidosis respiratoria.

- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

En la actualidad disponemos de fuerte evidencia científica que apoya el uso de VMNI como intervención de primera línea, junto a las medidas terapéuticas convencionales, en las exacerbaciones graves de la EPOC. La VMNI mejora la disnea y los parámetros gasométricos, y reduce la mortalidad, la necesidad de intubación y la estancia hospitalaria (5,6). Los pacientes con exacerbaciones leves y menor grado de acidosis respiratoria (pH arterial superior a 7,30) no parecen beneficiarse de esta técnica (7).

- Asma bronquial

Algunos estudios sugieren que el uso de VMNI en crisis asmáticas puede mejorar las variables fisiológicas y reducir la intubación. Sin embargo, un metaanálisis reciente concluye que no puede recomendarse su uso sistemático durante las crisis graves (8). En pacientes que no respondan al tratamiento convencional, puede evaluarse con extrema cautela la respuesta a VMNI sin demorar, si es necesaria, la intubación y conexión a ventilación mecánica.

- Fibrosis quística

En estos pacientes la VMNI puede ser una medida terapéutica de soporte durante las agudizaciones y servir de “puente” al trasplante pulmonar en estadios finales.

- Enfermedades restrictivas

- *Enfermedades neuromusculares y patología de caja torácica:* aunque la indicación de VMNI en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica secundaria a enfermedades restrictivas está bien establecida, su uso en situaciones agudas apenas ha sido estudiado, quizás porque representan sólo una pequeña proporción de los ingresos por insuficiencia respiratoria aguda (9). Se acepta en la actualidad que la VMNI puede mejorar los gases arteriales y evitar la intubación en pacientes neuromusculares y cifoescolióticos con insuficiencia respiratoria agudizada.

- *Síndrome de obesidad-hipoventilación*: el uso de VMNI se ha demostrado eficaz en las agudizaciones de estos pacientes, aunque tampoco existen amplios estudios randomizados. Una vez superada la agudización, debe plantearse su empleo a largo plazo.

1.1.2.2 *Insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica*

- Edema agudo pulmonar cardiogénico (EAP)

El tratamiento de elección del EAP es la presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) la cual, al reclutar alveolos e incrementar la capacidad residual funcional, mejora de forma rápida la oxigenación, el trabajo respiratorio y la función cardiaca. Varios metaanálisis indican que tanto la VMNI como la CPAP consiguen disminuir las intubaciones y la mortalidad con respecto al tratamiento convencional con oxigenoterapia (10). Sin embargo, un estudio muy reciente no ha encontrado efectos de la VMNI en la mortalidad a corto plazo (11). No está demostrado que el añadir presión inspiratoria de soporte (BIPAP) sea superior a la CPAP sola, pero puede ser de utilidad en pacientes hipercápnicos (12).

- Neumonía y síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA)

Los resultados de diversos estudios no son uniformes y no apoyan el uso sistemático de la VMNI en la neumonía grave y SDRA (13). En casos muy seleccionados puede ensayarse con una estrecha monitorización, debido al alto riesgo de fracaso, sin demorar la instauración de ventilación mecánica invasiva.

- Pacientes inmunodeprimidos

El uso de VMNI en fases tempranas de la insuficiencia respiratoria en pacientes inmunocomprometidos (neoplasias hematológicas, SIDA o trasplantados de médula u órgano sólido) puede evitar la intubación, reduciendo las complicaciones infecciosas de la ventilación invasiva y la mortalidad frente al tratamiento convencional (13).

- Otras indicaciones

- *Insuficiencia respiratoria postoperatoria*: en pacientes con insuficiencia respiratoria hipoxémica secundaria a cirugía mayor abdominal y cirugía de resección pulmonar, la VMNI ha demostrado mejoría de la hipoxemia, así

como una disminución de las complicaciones, de la necesidad de intubación endotraqueal y de la mortalidad (14).

- *Fracaso de la extubación*: la VMNI puede ser útil para prevenir el fracaso de la extubación en pacientes con EPOC, insuficiencia cardíaca y/o hipercapnia, siempre administrada bajo una vigilancia estrecha para evitar, en caso de fracaso, demoras en el inicio de la ventilación mecánica convencional.
- *Cuidados paliativos y pacientes no intubables*: en pacientes que han expresado su deseo de no ser intubados o en los que no son candidatos, por condiciones médicas a la intubación, la VMNI puede plantearse desde dos puntos de vista: como soporte ventilatorio mientras se resuelve un proceso agudo o como tratamiento paliativo para aliviar la disnea o prolongar brevemente la vida del paciente mientras se toman decisiones o se resuelven problemas personales (15). En este último caso deben tenerse en cuenta las probables molestias propias de la técnica y el riesgo de prolongar la agonía del paciente. En caso de usarse mientras revierte el proceso agudo, la VMNI puede aumentar la supervivencia en la EPOC y en la insuficiencia cardíaca, con una tasa de éxito de hasta el 50%, mientras que los resultados son peores en pacientes con neumonía o neoplasia terminal.

1.1.3 Selección de pacientes

El éxito de la VMNI depende en gran medida de una selección adecuada de los pacientes. Para ello, deben tenerse en cuenta las características clínicas del enfermo, la causa y potencial reversibilidad de la insuficiencia respiratoria y el riesgo de fracaso de la VMNI.

Diversos estudios han intentado identificar factores predictores del éxito o fracaso de la VMNI (Tabla II).

Tabla II. Factores predictores de respuesta a VMNI

Éxito <ul style="list-style-type: none">• PaCO₂ elevada, gradiente alveolo-arterial de oxígeno bajo, pH 7,25-7,35• Mejoría del pH, PaCO₂ y frecuencia respiratoria tras 1-2 horas de VMNI• Nivel de conciencia normal
Fracaso <ul style="list-style-type: none">• Puntuación APACHE alta• Neumonía en radiografía de tórax• Secreciones respiratorias abundantes• Edéntulo, alteraciones que dificulten ajuste adecuado de la interfase• Mal estado nutricional• Confusión, disminución del nivel de conciencia

En la insuficiencia respiratoria hipoxémica se han asociado con fracaso de la ventilación los siguientes (16): edad mayor de 40 años, puntuación del SAPS II > 34, presencia de SDRA o neumonía de la comunidad, y PaO₂/FiO₂ ≤ 146 mmHg tras 1 hora de ventilación.

1.1.3.1 Criterios de selección

Basándose en los factores anteriores, se han definido unos criterios de selección de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda candidatos a VMNI. En primer lugar, debe establecerse la necesidad de soporte ventilatorio atendiendo a parámetros clínicos y gasométricos (Tabla III), y luego excluir a aquellos en los que la VMNI está contraindicada o presentan alto riesgo de fracaso.

Tabla III. Selección de pacientes candidatos a VMNI

1° Identificar a los pacientes que requieren soporte ventilatorio

- Síntomas y signos de fracaso respiratorio agudo
 - Disnea de moderada a severa, y
 - Frecuencia respiratoria > 24, uso de musculatura accesoria, respiración paradójica
- Alteraciones del intercambio gaseoso
 - PaCO₂ > 45 mmHg, pH < 7,35, o
 - PaO₂/FiO₂ < 200

2° Excluir a pacientes con contraindicaciones de VMNI

- Absolutas
 - Parada respiratoria. Indicación de directa de intubación orotraqueal y ventilación invasiva
 - Comorbilidad severa inestable (isquemia miocárdica, arritmia, hipotensión)
 - Incapacidad de proteger la vía aérea
 - Obstrucción fija de la vía aérea superior
 - Traqueostomía
 - Agitación intensa o falta de colaboración del paciente
 - Quemaduras o traumatismos faciales
 - Cirugía o alteraciones anatómicas faciales que impidan ajustar la mascarilla
- Relativas
 - Hemorragia digestiva alta activa
 - Cirugía esofágica o gástrica ambas recientes
 - Secreciones abundantes

1.1.3.2 Contraindicaciones

Las contraindicaciones de la VMNI vienen determinadas por el hecho que se trata de criterios de exclusión en la mayoría de los trabajos, por lo que sería más correcto decir que la VMNI no está probada en estas situaciones (Tabla III).

La disminución del nivel de conciencia y falta de colaboración del enfermo se han considerado normalmente una contraindicación para la VMNI, pero trabajos recientes han demostrado su eficacia en pacientes en coma hipercápnico (17). Debe hacerse hincapié en que la VMNI puede evitar la intubación y ventilación invasiva, pero en ningún caso debe sustituirla cuando ésta sea necesaria.

1.1.4 Consideraciones previas al inicio de la VMNI

1.1.4.1 *Modos ventilatorios*

La VMNI limitada por presión es la más adecuada para procesos agudos, ya que es más cómoda para el paciente que los modos controlados por volumen. En este modo la variable independiente es la presión, mientras que el volumen depende de la presión programada y de la mecánica pulmonar.

En VMNI se dividen básicamente en modo BIPAP y modo CPAP. La CPAP no se considera un modo de VMNI propiamente dicho, ya que no aporta presión de soporte; consiste en la aplicación de una presión positiva continua en la vía aérea a un único nivel, manteniéndose una presión constante durante todo el ciclo respiratorio. La acción de la CPAP se basa en la reducción del shunt intrapulmonar mediante el reclutamiento de unidades alveolares colapsadas, con mejoría de la capacidad residual pulmonar y de la distensibilidad pulmonar. También puede contrarrestar la auto-PEEP en pacientes con EPOC.

En el modo BIPAP (presión positiva en la vía aérea de doble nivel) el paciente respira espontáneamente, aplicándose una presión en la vía aérea a dos niveles, uno inspiratorio (IPAP) y otro espiratorio (EPAP), siendo la diferencia entre ambas la presión de soporte efectiva. Es un modo limitado por presión y ciclado por flujo. Se divide a su vez en tres modos:

1. Modo S (*spontaneous*): la unidad cicla entre IPAP y EPAP siguiendo el ritmo respiratorio del paciente. El respirador envía una presión positiva sólo si el paciente es capaz de activar el trigger, de forma que es siempre el paciente el que marca la frecuencia respiratoria.
2. Modo ST (*spontaneous/timed*): igual al modo S, pero si el paciente es incapaz de iniciar una respiración en un tiempo predeterminado, la unidad ciclará a IPAP e iniciará una respiración.

En este caso la frecuencia será la del paciente o la del respirador, en el que se programa una frecuencia respiratoria mínima de seguridad. Es el modo más usado.

3. Modo T (*timed*): la unidad cicla entre IPAP y EPAP en base a la frecuencia respiratoria programada en el respirador y la proporción de tiempo inspiratorio seleccionado.

Un modo ventilatorio más reciente es la presión asistida proporcional (PAV), en la cual el ventilador genera volumen y presión en proporción al esfuerzo del paciente, facilitando un patrón ventilatorio adecuado a las demandas metabólicas. Su principal ventaja teórica es la optimización de la interacción paciente-respirador. No se ha demostrado, sin embargo, que la PAV sea superior a la VMNI con presión de soporte cuando se han comparado ambos modos ventilatorios (18).

1.1.4.2 Selección del respirador

La VMNI limitada por presión puede aplicarse con los respiradores convencionales de cuidados intensivos, pero en los últimos años se emplean cada vez con más frecuencia equipos portátiles, inicialmente usados para el tratamiento con CPAP en pacientes con síndrome de apneas durante el sueño, los cuales son también eficaces para la ventilación con presión positiva en la insuficiencia respiratoria aguda. Dentro de éstos, han tenido gran difusión los dispositivos de BIPAP, aparatos más ligeros, fácilmente transportables, más económicos y de eficacia similar a los respiradores usados en unidades de cuidados intensivos (2).

Otra ventaja es su capacidad para compensar pequeñas fugas (20-25 L/min). Entre sus inconvenientes se encuentran menor monitorización y alarmas, presencia de circuito único inspiratorio y espiratorio con mayor probabilidad de reinhalación de CO₂ (que puede evitarse aumentando el nivel de EPAP), y el hecho de que no proporcionan la FiO₂ exacta.

La elección del respirador debe basarse en la experiencia del personal sanitario de cada unidad, la situación clínica del paciente y el lugar de aplicación de la VMNI. Si es posible, en cada unidad deberían utilizarse uno o dos modelos con los que el personal esté familiarizado. Los dispositivos de BIPAP, que aportan ciertas ventajas respecto a otros respiradores, se han empleado en la mayoría de estudios y actualmente son los más recomendables en la insuficiencia respiratoria aguda, sobre todo por agudización de EPOC (19).

En pacientes con fallo respiratorio hipoxémico severo que requieran concentraciones más altas de oxígeno es preferible utilizar respiradores convencionales de cuidados intensivos. En los últimos años se han comercializado nuevos respiradores, cada vez con más prestaciones, diseñados específicamente para VMNI, que permiten con un solo equipo aplicar ventilación por presión o volumen, ajustar la sensibilidad del trigger y el ciclado, ajuste del tiempo inspiratorio, etc. Además, incorporan alarmas, monitorización de curvas básicas (presión, volumen, flujo) y mezcladores de oxígeno que permiten conocer la FiO_2 exacta administrada y alcanzar FiO_2 más elevadas.

1.1.4.3 Vías de acceso

La elección de la vía de acceso a la vía aérea es de gran importancia para conseguir una buena tolerancia del paciente a la VNI y, por tanto, un factor clave en el éxito de la misma. La VMNI se aplica generalmente mediante mascarillas nasales u oronasales, sujetas al paciente mediante arneses elásticos. Debe seleccionarse la más adecuada para cada paciente atendiendo a las características anatómicas faciales, así como al grado de confort con cada una de ellas. Las mascarillas nasales son en general más cómodas, producen menor espacio muerto y menor reinhalación de CO_2 que las oronasales o faciales. Éstas, sin embargo, permiten presiones de ventilación más elevadas con menores fugas, requieren menos colaboración por parte del paciente y le permiten respirar por la boca.

No existe evidencia basada en estudios controlados a favor de uno u otro tipo de mascarilla en pacientes con fracaso respiratorio agudo. La experiencia clínica sugiere que las mascarillas faciales u oronasales aumentan la eficacia de la VMNI al minimizar las fugas y son más apropiadas en pacientes agudos. Una actitud razonable sería comenzar con una máscara oronasal para ventilar durante periodos cortos y cambiar a una nasal si se requiere una aplicación de VMNI más prolongada (9). En algunas ocasiones se ha empleado un casco o *Helmet*, particularmente en inmunodeprimidos con insuficiencia respiratoria hipoxémica, lo cual puede ser una alternativa que evita las lesiones faciales por presión. Estos sistemas se utilizan preferentemente en cuidados intensivos.

1.1.4.4 Accesorios

- Sistemas de aporte de oxígeno: durante la VMNI, debe aportarse oxígeno suplementario para mantener una saturación arterial de oxígeno (SatO₂) por encima del 90%. En la mayoría de dispositivos binivel, salvo en los más recientes, el oxígeno es suministrado mediante una cánula conectada a la mascarilla o a la tubuladura del respirador, y de esta manera es difícil alcanzar FiO₂ superiores a 45-50%. Por este motivo, los pacientes con fallo respiratorio hipoxémico severo deben manejarse preferiblemente con respiradores convencionales o nuevos respiradores portátiles que permitan conseguir niveles más altos de FiO₂.
- Humidificadores: su uso puede mejorar la comodidad del paciente y facilitar la expectoración. Suele recomendarse si se prevé un uso de la VMNI mayor de 8 ó 12 horas o en caso de secreciones espesas.
- Filtros: los sistemas mecánicos o filtros bacterianos reducen la incidencia de infecciones nosocomiales en pacientes con ventilación mecánica. Todos los respiradores llevan filtros anti-polvo pero entre el ventilador y la tubuladura debe colocarse un filtro antibacteriano, que debe ser de baja resistencia.
- Material de almohadillado: es importante colocarlo en zonas de la cara donde la mascarilla ejerce más presión (puente nasal, frente y pómulos) para evitar lesiones cutáneas. El material puede ser variado, recomendándose apósitos hidrocoloides adherentes. Este tipo de almohadillado, además de prevenir escaras, ayuda al ajuste de la mascarilla minimizando sus fugas.

1.1.5 Aplicación de la VMNI en pacientes agudos

El inicio de la VMNI es un paso decisivo para garantizar el éxito de la misma ya que de la adaptación y aceptación inicial del paciente va a depender en gran medida el éxito o fracaso de la técnica.

A continuación se recoge un protocolo sistemático de aplicación de VMNI en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda (20,21) que describe el procedimiento paso por paso.

1.1.5.1 Inicio

1. Confirmar la indicación de VMNI. Excluir a los pacientes con contraindicaciones para la misma.
2. Elegir el respirador adecuado. Los más usados en pacientes agudos son los sistemas de BIPAP en modo ST.
3. Informar y explicar al paciente de forma clara y con lenguaje comprensible en qué consiste la técnica, cuáles son sus objetivos y posibles alternativas. Tranquilizar al paciente y darle confianza. Si el paciente permanece muy ansioso, puede ser útil algún ansiolítico a bajas dosis.
4. Colocar al enfermo en posición de semisentado, con la cabeza a 45° sobre la cama.
5. Monitorizar electrocardiograma, frecuencia respiratoria y SatO₂ por pulsioximetría.
6. Seleccionar la mascarilla adecuada y conectarla al respirador. Se aconseja comenzar con mascarilla oronasal y, si el paciente no tolera, usar una nasal o facial total.
7. Encender el ventilador, silenciar las alarmas y establecer el programa básico de inicio.
8. Parámetros de comienzo: usar presiones bajas, aunque sean infraterapéuticas, ya que ayudan al paciente a adaptarse a la mascarilla y a la presión.
 - BIPAP: empezar con IPAP de 8 cm de H₂O, EPAP de 4 cm de H₂O, 4-8 respiraciones mandatorias, flujo de oxígeno de 4-8 L/min o FiO₂ de 0,4 o la necesaria para una SatO₂ > 90%.
 - CPAP: comenzar con 5 cm de H₂O.
9. Aplicar suavemente la máscara sobre la cara (sin fijarla todavía con el arnés), hasta que el paciente se encuentre cómodo y sincronizado con el ventilador. En individuos muy angustiados se puede dejar que él mismo se aplique la mascarilla hasta que pierda el temor.
10. Proteger el puente nasal con un apósito hidrocoloide para evitar erosiones o úlceras por presión.

11. Fijar la máscara con el arnés para mínima fuga posible, evitando apretarla demasiado ya que reduce la tolerancia del paciente y aumenta el riesgo de lesión cutánea. Entre la máscara y la cara deben pasar al menos 1-2 dedos.

1.1.5.2 *Programa básico*

1. Subir la IPAP de 2 en 2 cm de H₂O hasta obtener un volumen corriente (VT) \geq 7 ml/kg, FR < 25 rpm, menor disnea, no uso de los músculos accesorios y confortabilidad. Evitar presiones inspiratorias > 20 cm de H₂O, se toleran mal y aumentan el riesgo de distensión gástrica.

2. Regular la EPAP de 2 en 2 cm de H₂O para que no haya inspiraciones fallidas, lo cual indicaría que la PEEP intrínseca está compensada en pacientes con EPOC agudizada. En enfermos con edema agudo de pulmón, la EPAP aumenta la presión intratorácica, reduce la pre- y postcarga y mejora la SatO₂. Recordar que un aumento de EPAP requiere un aumento equivalente de IPAP para mantener la misma presión de soporte.

3. Ajustar la FiO₂ para alcanzar una SatO₂ > 90%.

4. Activar las alarmas del monitor y del respirador.

1.1.5.3 *Ajustes inmediatos*

1. Si hipoxemia: aumentar la EPAP de 2 en 2 cm de H₂O (máximo, 12 cm de H₂O) hasta SatO₂ > 90%. Si persiste, incrementar el flujo de O₂ FiO₂.

2. Si hipercapnia: subir IPAP hasta pH normal (no sobrepasar 20 cm de H₂O).

3. Si desadaptación:

- Contracción del esternocleidomastoideo (aumento de la carga inspiratoria): subir IPAP.
- Contracción abdomen (espiración activa): bajar IPAP.
- Inspiraciones fallidas: subir EPAP para compensar la auto-PEEP (máximo, 8 cm de H₂O).

- Si el VT es bajo: ajustar mascarilla, evitar presión pico mayor de 30 cm de H₂O, permitir fugas si el volumen espirado es adecuado.

4. Preguntar frecuentemente al enfermo por sus necesidades (posición de la máscara, dolor, incomodidad, fugas molestas, deseo de expectorar) o posibles complicaciones (mayor disnea, distensión abdominal, náuseas, vómitos).

5. Realizar gasometría arterial (o venosa si la SatO₂ es fiable y $\geq 90\%$) 1 hora después de iniciada la VMNI.

6. Si en 2-4 horas no hay respuesta favorable clínica o gasométrica después de haber efectuado todos los ajustes y correcciones, considerar cambiar el modo ventilatorio así como la intubación endotraqueal y ventilación mecánica invasiva.

1.1.5.4 *Monitorización*

La vigilancia de los pacientes que reciben VMNI durante un episodio agudo es crucial y debe orientarse tanto a valorar si se van logrando los cambios clínicos y fisiológicos deseados (buena sincronización, reducir el trabajo ventilatorio, aliviar los síntomas, mejorar el intercambio gaseoso y optimizar la comodidad del paciente) como descubrir problemas potenciales, reducir los riesgos al mínimo, evitar las complicaciones y, en última instancia, evitar la intubación (2). Esta monitorización ha de ser estrecha en las primeras horas de la VMNI, cuando la corrección de parámetros en función de los resultados tiene especial relevancia para asegurar el éxito de la técnica. No debemos olvidar que el mejor sistema de monitorización con alta tecnología no sustituye una buena observación clínica.

Los parámetros a monitorizar serían los siguientes:

- Parámetros fisiológicos

Es muy importante mantener el control de la frecuencia respiratoria y de la cardíaca, presión arterial, nivel de conciencia, uso de la musculatura accesoria y vigilar la existencia de fugas o asincronías paciente-ventilador. Algunos respiradores permiten realizar un seguimiento de la magnitud de las fugas y la visualización de curvas básicas para comprobar la sincronización paciente-respirador.

- Parámetros de intercambio gaseoso

Uno de los objetivos de la VMNI es mejorar y estabilizar el intercambio de gases. Es imprescindible la medición continua de la SatO₂ y es conveniente el control periódico del pH y los gases arteriales.

La frecuencia dependerá de la situación clínica del paciente, siendo aconsejable realizar una gasometría arterial a las 1-2 horas de inicio de la VMNI, y controles posteriores según evolución clínica.

El nivel de monitorización dependerá del lugar de aplicación de la VMNI, de la etiología de la insuficiencia respiratoria y de la existencia de comorbilidades (19). En cualquier caso, la monitorización mínima e indispensable debe incluir:

- Observación clínica regular o continua.
- Pulsioximetría continua con alarma de desaturación.
- Frecuencia cardíaca y respiratoria.
- Control gasométrico fácilmente disponible.

1.1.5.5 *Efectos adversos y complicaciones*

La VMNI suele ser una técnica segura y bien tolerada cuando se aplica correctamente y en pacientes seleccionados. Los efectos adversos y complicaciones más frecuentes suelen ser poco relevantes, normalmente relacionados con la mascarilla y el flujo o presión del respirador. En la Tabla IV se recogen los principales efectos adversos, su frecuencia y sus posibles soluciones.

Tabla IV. Efectos adversos y complicaciones de la VMNI

Relacionados con la máscara
<ul style="list-style-type: none"> • Incomodidad (30-50%). Ajustar mejor la máscara, ajustar arneses o buscar otros modelos. • Eritema facial (20-34%). Aflojar los arneses ligeramente, teniendo cuidado de no producir fugas. • Claustrofobia (5-10%). Usar mascarillas más pequeñas, tranquilizar al paciente. • Rash acneiforme (5-10%). Emplear soluciones tópicas con esteroides o antibióticos. • Úlceras por presión (5-10%). Usar apósitos hidrocoloides en las zonas de apoyo y mascarillas adecuadas sin excesiva tensión. Usar cremas hidratantes oleosas en los puntos de presión en los descansos.
Relacionados con la presión o el flujo
<ul style="list-style-type: none"> • Fugas (80-100%). Ajustar bien la máscara y los arneses, incentivar el cierre de la boca con sujeta-mentón. Si es preciso, usar máscaras oronasales, reducir la IPAP. • Congestión y obstrucción nasal (20-50%). Tratamiento tópico con suero salino y/o esteroides • Sequedad de mucosas nasal y oral (10-20%). Evitar fugas bucales con sujeta-mentón, evitar presiones inspiratorias >20 cm H₂O, acoplar humidificador/calentador. • Irritación ocular (10-20%). Producidas por fuga de aire a los ojos. Comprobar ajuste de la máscara. Si no es suficiente reducir presión. • Dolor de nariz u oído (10-30%). Disminuir la presión inspiratoria. • Distensión abdominal (5-10%). Evitar presiones inspiratorias altas y mejorar la adaptación al respirador. Pueden usarse fármacos como la Simeticona. Plantear sonda nasogástrica
Complicaciones mayores. Muy poco frecuentes
<ul style="list-style-type: none"> • Broncoaspiración (<5%). Selección adecuada de pacientes capaces de proteger la vía aérea y enseñarle a liberarse de la mascarilla en caso de vómito. • Hipotensión (<5%). Reducir presión inspiratoria. • Neumotórax (<5%). Colocación de tubo de drenaje.

1.1.5.6 Retirada de la VMNI

La ausencia de respuesta positiva clínica o gasométrica en las primeras horas, tras haber realizado todos los posibles ajustes de parámetros y correcciones, debe hacernos valorar la intubación y ventilación mecánica invasiva en la unidad de cuidados intensivos.

- Criterios de fracaso y discontinuación de la VMNI
 - No mejoría del estado mental (letargia si aumenta la PaCO₂, agitación si baja la PaO₂).

- No mejoría de la disnea o trabajo respiratorio.
- Ausencia de mejoría gasométrica en la 1^a-2^a hora desde el inicio de la ventilación.
- Intolerancia del paciente.
- Inestabilidad hemodinámica, isquemia miocárdica aguda, arritmias ventriculares potencialmente letales.
- Necesidad de intubación endotraqueal y ventilación mecánica convencional.
- Duración y retirada de la VMNI

No existen pautas establecidas respecto al tiempo de soporte ventilatorio necesario, siendo la duración total de la VMNI muy variable en función de la rapidez con que se resuelva o mejore la insuficiencia respiratoria y de la tolerancia del paciente (2).

En los diferentes estudios la VMNI se ha aplicado entre 4 y 20 horas en las primeras 24 horas y durante un total de 1 a 21 días. En general se recomienda mantener la ventilación durante el máximo tiempo posible durante las primeras 12-24 horas o hasta comprobar la corrección de la acidosis respiratoria.

Durante este tiempo, se permitirán periodos de descanso cada 4-5 horas durante 15-30 minutos para hidratación y toma de fármacos si el estado del paciente lo permite. Posteriormente pueden realizarse periodos de descanso más prolongados hasta mantener la VMNI en horas de sueño.

Los factores más importantes que determinan el momento de retirar la VMNI están representados por la mejoría clínica y estabilidad del paciente.

Podría plantearse la retirada cuando la situación que condujo al fracaso respiratorio haya revertido o mejorado y el paciente se mantenga alerta, eupnéico y sin entrar en acidosis tras un periodo mínimo de 8 horas sin VMNI.

En todos los pacientes con enfermedades neuromusculares, alteraciones de caja torácica, obesidad u otros trastornos restrictivos que han recibido VMNI durante un

episodio de insuficiencia respiratoria aguda hipercápnica, debe considerarse la continuación de VMNI domiciliaria a largo plazo (19).

Podría plantearse también en pacientes seleccionados con EPOC aunque, como se indicará más adelante, el papel de la VMNI nocturna domiciliaria en esta situación clínica no está todavía claramente definido.

1.1.5.7 *Lugar de aplicación de la VMNI*

A diferencia de la ventilación convencional, la VMNI ofrece la oportunidad de aportar asistencia ventilatoria fuera de unidades de cuidados intensivos, ya que se puede aplicar de forma intermitente, no requiere sedación y permite además una intervención en fases iniciales de la insuficiencia respiratoria y en un entorno menos hostil para el paciente. Asimismo, puede reducir los elevados costes que supone la atención en UCI.

Estudios recientes han demostrado que el uso de VMNI en pacientes con EPOC en fracaso respiratorio agudo hipercápnico es factible en planta de hospitalización, con adiestramiento del personal y capacidad de monitorización adecuados (22,23). No existen, no obstante, estudios controlados sobre VMNI fuera de UCI o de unidades de alta dependencia en la insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica o en otras situaciones, como en el destete de la ventilación mecánica. Respecto a la utilización de la VMNI en servicios de urgencias, los resultados de diferentes trabajos han sido discordantes. En este contexto, puede ser útil la aplicación no invasiva de CPAP y, en algunos casos, presión binivel en pacientes con edema agudo de pulmón (24).

A la hora de seleccionar el lugar más adecuado para la aplicación de VMNI, deben considerarse diversos factores, relacionados tanto con las condiciones locales como con el propio paciente. Aunque, como se ha comentado, la VMNI es posible en planta, existen datos que indican que en pacientes con mayor grado de acidosis ($\text{pH} < 7,3$) los resultados son peores que en una unidad de especializada de cuidados respiratorios. Teniendo en cuenta estos factores, posiblemente el sitio idóneo para el tratamiento con VMNI sea un emplazamiento único, intermedio entre UCI y planta de hospitalización, con disponibilidad de personal con formación y experiencia suficiente así como equipamiento técnico adecuado (respiradores, monitorización, etc.). Las unidades de cuidados respiratorios intermedios (UCRI) se han desarrollado en los

últimos años como lugares específicamente diseñados para la aplicación de VMNI en pacientes respiratorios.

Actualmente se distinguen, en función de su complejidad, tres tipos de unidades especializadas de cuidados respiratorios (Tabla V) (25).

Tabla V. Características de los tres niveles de cuidados respiratorios

	UCI respiratoria	UCRI	UMR
Criterios mayores			
Relación enfermero/paciente	> 1/3	1/3 ó 1/4	< 1/4
Equipamiento	Monitores multifunción* Ventiladores de soporte vital	Monitores multifunción* VMNI con disponibilidad de ventiladores de soporte vital	Monitores multifunción* Equipos mecánicos para VMNI
Tratamiento	Fracaso del pulmón o de más de un órgano	Fracaso de un órgano (pulmón)	Fracaso de un órgano (pulmón)
Atención médica	24 horas	24 horas	Localizado en el hospital
Ventilación mecánica	Invasiva y no invasiva	Invasiva y no invasiva	No invasiva
Criterios menores			
Broncoscopia	En la unidad	En la unidad	Dentro o fuera de la unidad
Analizador de gases	En la unidad	En la unidad	Dentro o fuera de la unidad
<small>UCI: unidad de cuidados intensivos; UCRI: unidad de cuidados respiratorios intermedios; UMR: unidad de monitorización respiratoria. *Oximetría, electrocardiograma, determinación no invasiva de presión arterial, frecuencia respiratoria. Todos los criterios mayores y al menos uno de los menores deben estar presentes en la unidad para incluirlo en ese nivel.</small>			

1.2 Ventilación no invasiva en pacientes crónicos. Ventilación mecánica domiciliaria (VMD)

Aunque la ventilación mecánica no invasiva en el paciente crónico no es objeto del presente trabajo daremos unas pinceladas acerca de su objetivo y se comentarán algunos aspectos básicos.

Se denomina ventilación mecánica domiciliaria (VMD) al conjunto de medidas de soporte ventilatorio, tanto invasivas como no invasivas, empleadas como tratamiento del fracaso respiratorio crónico y llevadas a cabo en el domicilio del paciente. Los objetivos de la ventilación mecánica en estas situaciones son aumentar la duración y la calidad del sueño, mejorar la calidad de vida, mejorar el estado funcional y aumentar la supervivencia (2). Siempre que sea posible, estos objetivos será mejor conseguirlos con VMNI domiciliaria que a través de traqueostomía, ya que es más fácil de administrar, no necesita cuidadores especializados, no aparecen las complicaciones

asociadas a la traqueotomía, mejora la comodidad del paciente y conlleva menos costes y menos consumo de recursos.

1.2.1 Mecanismo de acción

La VMNI correctamente empleada en pacientes con fallo respiratorio crónico produce una serie de beneficios que culminan con la mejoría del intercambio gaseoso, la mejoría de la función muscular y de la cantidad y calidad del sueño, así como la disminución de los síntomas respiratorios. Sin embargo, el mecanismo de acción de la VMNI en la insuficiencia respiratoria crónica no es del todo conocido. La mejoría del intercambio gaseoso diurno cuando habitualmente se usa sólo durante unas horas por las noches, puede explicarse por varios factores:

- Descanso de los músculos respiratorios crónicamente fatigados y consiguiente mejoría de su función.
- Disminución del trabajo respiratorio por aumento de la compliance al desaparecer microatelectasias pulmonares por efecto de la presión positiva.
- Regulación del centro respiratorio a un umbral más bajo de PaCO₂ por la corrección de la hipoventilación crónica.

Probablemente, una combinación de estos factores influiría en diverso grado según las características de cada paciente y la enfermedad que provoca el cuadro.

1.2.2 Indicación

La indicación fundamental de la VMD es el fracaso de la ventilación, que se manifiesta por la presencia de hipercapnia en sangre arterial. Los pacientes que se benefician de este tratamiento son los que presentan patología restrictiva y que sufren como enfermedad de base alguna de las recogidas en la Tabla VI.

Tabla VI. Condiciones médicas susceptibles de VMD en adulto (26)

Trastornos del sistema nervioso central	Malformación de Arnold-Chiari Traumatismos del sistema nervioso central Enfermedades cerebrovasculares Trastornos congénitos y adquiridos del control respiratorio Mielomeningocele Traumatismos de la médula espinal Esclerosis lateral amiotrófica Síndrome de Guillain-Barré Parálisis del nervio frénico Poliomielitis y síndrome pospolio Atrofia espinal
Enfermedades neuromusculares	Distrofia muscular de Duchenne Distrofia miotónica de Steinert Otras distrofias musculares Miastenia gravis
Deformidades de la caja torácica	Toracoplastia Cifoescoliosis Trastornos musculoesqueléticos secundarios Síndrome de Obesidad-hipoventilación
Enfermedades obstructivas de las vías aéreas inferiores	Displasia broncopulmonar EPOC Fibrosis quística
Otras	Trastornos de la vía aérea superior Síndrome de Pierre-Robin Traqueomalacia Parálisis de cuerdas vocales

En estas enfermedades aparece, en algún momento de su evolución, insuficiencia respiratoria, que puede ser causa de morbimortalidad importante. Los criterios para iniciar soporte ventilatorio no invasivo a largo plazo son los siguientes (27):

- Síntomas de hipoventilación nocturna (cefalea matutina, dificultad para conciliar el sueño, despertares con disnea, somnolencia diurna).
- Criterios fisiológicos (uno de los siguientes):
 - PaCO₂ > 55 mmHg.
 - PaCO₂ entre 50 y 54 mmHg y desaturaciones nocturnas (SatO₂ < 88% durante más de 5 minutos).
 - PaCO₂ entre 50 y 54 mmHg e ingresos repetidos (> 2 en un año) por insuficiencia respiratoria hipercápnica.

1.2.3 Tipos de ventilador

Antes de decidir el tipo de ventilador para un paciente en concreto hay que distinguir dos tipos de pacientes, cuyo manejo es completamente distinto:

- Pacientes con dependencia de la ventilación mecánica. Una desconexión de la ventilación durante más de 24 horas puede tener efectos clínicos deletéreos. Sería el caso de pacientes neuromusculares con insuficiencia respiratoria avanzada o pacientes procedentes de UCI que no se han podido desconectar del respirador.

En ellos suelen emplearse respiradores volumétricos, con alarmas y batería interna. Gran parte de estos pacientes van a recibir ventilación a través de traqueostomía.

- Pacientes no dependientes de la ventilación mecánica. En estos casos la ventilación no constituye un sistema de soporte vital y se administra durante las horas de sueño, habitualmente con respiradores de soporte de presión.

1. FIBROBRONCOSCOPIA

2.1 Historia de la broncoscopia

La neumología, que en sus albores se conocía como tisiología, pues se dedicaba casi exclusivamente al diagnóstico y tratamiento de la tuberculosis, expande su quehacer a todas las enfermedades del aparato respiratorio y el mediastino, gracias al desarrollo y aplicación de numerosos medios tecnológicos en diferentes campos como: técnicas de imagen, fisiología y endoscopia.

La broncoscopia o examen directo del árbol traqueobronquial constituye uno de los avances más significativos en el diagnóstico de las enfermedades respiratorias, y llega a constituir una subespecialidad en los centros de referencia. Sus indicaciones y posibilidades están en continua expansión, gracias a la utilización de múltiples técnicas que permiten la obtención de secreciones bronquiales, mucosa bronquial, parénquima pulmonar y muestras de adenopatías mediastínicas o lesiones más periféricas. Con objeto de su estudio microbiológico, citohistológico, bioquímico, inmunológico, de su contenido inorgánico o estudios de biología molecular, a cambio de un número limitado

de complicaciones y contraindicaciones (28). Para que surgiera la broncoscopia, previamente tuvo que desarrollarse la laringoscopia, la intubación endotraqueal, la endoscopia tanto digestiva como urológica y la anestesiología, cuyos avances técnicos hicieron posible el surgimiento de numerosos instrumentos, que junto al progreso en el conocimiento de las enfermedades y la necesidad de diagnosticarlas y tratarlas, generaron en el siglo XIX las condiciones para el nacimiento de la broncoscopia como técnica endoscópica.

El primero en crear un instrumento de uso endoscópico fue Hipócrates en el año 400 a.c., introduciendo el término “endoscopia” derivado de las voces griegas *endo*-adentro y *scopia*-mirar.

Descubrimientos arqueológicos en las ruinas de la ciudad de Pompeya han sugerido que sus habitantes fabricaron instrumentos que muy probablemente eran utilizados para examinar cavidades corporales. En el siglo 73 a.c., los médicos romanos de esa ciudad revisaban la laringe y la cavidad oral con espejos de metal muy pulidos y también utilizaban espéculos vaginales en su afán por explorar el interior del cuerpo humano (29).

2.1.1 Los precursores

A finales del primer milenio de la Era Cristiana, nació en la península ibérica Abu Khasim, médico islámico conocido por Abulcasis, quien vivió de 936 al 1013, y fuera un eminente tratadista sobre temas de cirugía y traumatología e incursionara en el campo de la endoscopia. Abulcasis, en uno de sus libros, describió la posición que más tarde bautizaría “Trendelemburg” e inventó un aditamento para colocar o remover cuerpos extraños de la garganta. Su obra fue posteriormente traducida a varios idiomas y difundida en numerosos países.

Cinco siglos después, en el período del Renacimiento, nace el fundador de la Anatomía moderna, Andrés Vesalio (1514-1564). Este eminente médico, en 1542, experimentó la intubación endotraqueal en un cordero y describió el funcionamiento de los pulmones y el corazón al dejar de ventilar y reventilar los pulmones, por lo que es considerado el pionero de la intubación traqueal y de la anestesia. Sus aportes fueron, sin dudas, una fuente de referencia para el desarrollo posterior de la broncoscopia. El interés científico de Vesalio fue mal visto por la Inquisición, que en 1561 lo condena a

muerte por herejía. Felipe II logró que le fuera conmutada la pena por una peregrinación a Jerusalén, pero, durante el viaje de regreso, su barco naufragó cerca de la isla griega de Zante, donde murió. En 1743, M. Levret desarrolló un espéculo, mediante el cual se podían extirpar pólipos de la nariz y la garganta. Este instrumento era un espejo pulido de plata que utilizaba la reflexión de la luz solar. Algunos años después, Desault utilizó la intubación nasotraqueal para el tratamiento de la asfixia que se producía por la aspiración de cuerpos extraños (30).

Philipp Bozzini (1773-1809), inventó en 1804 un instrumento llamado "la linterna mágica" que consistía en un pequeño tubo de metal que permitía iluminar las cavidades y orificios del cuerpo y fue el punto de partida para el desarrollo de la endoscopía. En 1807, publicó su artículo "Der Lichleiter" (El conductor de la luz) en Frankfurt (Alemania). Su aguzado sentido de la observación lo llevó a investigar cómo explorar bajo visión e iluminación directa las cavidades por la vía natural.

Dicho instrumento constaba de dos partes: una parte óptica con la fuente lumínica aportada por la luz de una vela y una parte mecánica que podía ser adaptada al orificio del cuerpo que debía ser examinado. La luz era conducida dentro del cuerpo mediante un tubo y reflejada; este instrumento podía ser utilizado para examinar la orofaringe, el oído, la vagina y el cuello uterino, así como el ano y el recto. El instrumento fue probado y usado en Viena, cumpliendo con todas las expectativas de los médicos; no obstante, fue desaprobado por el Decano de Medicina de la Universidad de Viena por "molesto e incómodo"; además, el proyecto sufrió intrigas políticas y celos profesionales, por lo que, finalmente, el aparato fue archivado en 1807 y más tarde olvidado por la temprana muerte de su inventor en 1809, durante una epidemia de tifus en Frankfurt. La difusión de los conocimientos de Bozzini dio impulso al desarrollo de técnicas endoscópicas. Por ello es reconocido como uno de los pioneros de la broncoscopia (31).

Pocos años después, en Inglaterra, Benjamin Guy Babington (1794-1866), efectuó la primera visualización de la glotis con un instrumento que denominó *glottiscope*, con el cual deprimía la lengua y podía observarse la laringe.

Orase Green (1802-1866) logró, en 1847, introducir un catéter hasta los bronquios del lóbulo inferior derecho y al presentar este avance a la sociedad de cirugía de la ciudad de Nueva York fue expulsado de la misma, al considerar esta institución el

proceder como "una imposibilidad anatómica, y una innovación no garantizada en la práctica médica" (32).

En Hungría, Janos Czermack, jefe de Biología de la Universidad de Pest, construyó, en 1858, un aparato que denominó "autolaringoscopio"; que posteriormente fue llamado "laringoscopio" por Morell Mackenzie (1827-1892), laringólogo inglés que atendió a Federico III de su cáncer de laringe. Mackenzie decía que de cada 100 laringoscopias, en 40 llegaba a ver la bifurcación traqueal (33). En 1861, se popularizó el proceder y fue reportada por primera vez la visualización de un tumor de tráquea mediante el mismo, a pesar de que la fuente de luz se limitaba a velas, lámparas de petróleo y la luz solar. A finales del siglo XIX, surgió la mejor solución a este problema cuando Thomas Alva Edison inventa la lámpara incandescente.

Con el desarrollo del instrumental y las fuentes de luz, se crean las condiciones para que Alfred Kirstein (1863-1922), laringólogo alemán, realizara en 1895, en Berlín, su primera laringoscopia directa, deprimiendo la lengua y con la cabeza hiperextendida, para luego proceder a la intubación, por lo que se convirtió en pionero de esta técnica (Método de Kirstein), al crear el escenario ideal para el siguiente paso: el surgimiento de la broncoscopia.

2.1.2 Nacimiento y desarrollo de la broncoscopia

Hasta ese momento la exploración directa de las vías aéreas inferiores se veía como un hecho demasiado arriesgado, pues se creía que el simple contacto con la mucosa era capaz de producir una hemoptisis importante y poner en peligro la vida del examinado.

El 30 de marzo de 1897, en Freiburg (Alemania), el médico Gustav Killian recibe a un granjero de 63 años con un cuadro de disnea tos y hemoptisis y el antecedente reciente de haber aspirado un hueso de cerdo. Killian le realiza una laringoscopia directa usando el laringoscopio de Kirstein y puede llegar a visualizar en el bronquio principal derecho un cuerpo sólido. Consulta con los cirujanos y estos lo autorizan a tratar de extraer el cuerpo extraño utilizando el esofagoscopio de Mikulicz–Rosenheim, bajo anestesia local con cocaína; el resultado fue sorprendente. En el Congreso de Laringología, en 1898, celebrado en Heilderberg Alemania, Gustav Killian comunicó tres casos de extracción de cuerpos extraños de la vía aérea mediante este proceder, al

cual denomino "broncoscopia directa". Es por eso que se considera a Johann Gustav Killian como el creador y padre de la broncoscopia (34).

A partir de ese momento, se inicia una serie de adaptaciones al conocido laringoscopio, y surge de esa forma el traqueoscopio de Killian, el cual tenía un diámetro de 9 mms y una longitud hasta 41 cms; se usaba como fuente de luz la lámpara de Kirstein. La técnica consistía en colocar al enfermo en decúbito supino con la cabeza en hiperextensión y espolvorear cocaína en la laringe, mientras un ayudante levantaba la base de la lengua y la epiglotis con una espátula, inmediatamente se introducía el traqueoscopio, y se lograba visualizar la tráquea y los bronquios principales.

A partir de los trabajos iniciales de Killian, aparecieron broncoscopistas en diferentes países: Guisez, en Francia; Brunnings, en Alemania; Chevalier Jackson, en los Estados Unidos de Norteamérica; Haslinger, en Austria; Negus, en Inglaterra y muchos otros.

2.1.3 El impulsor de la broncoscopia

Si bien la aportación de Killian fue crucial para el surgimiento de la broncoscopia, el gran impulsor para su ulterior desarrollo fue Chevalier Jackson, médico laringólogo norteamericano, quien formó una importante escuela, produjo abundante bibliografía e innovó instrumentos que mejoraron la técnica endoscópica y ampliaron su campo de uso. Ideó el broncoscopio autónomo, utilizable sin laringoscopio, y defendió la iluminación distal con una pequeña bombilla alojada en el extremo distal del equipo, lo que era una gran ventaja para la visualización de las lesiones endobronquiales. La implantación poco después de las ópticas telescópicas permitió una visión endoscópica de mejor calidad. Chevalier Jackson nunca patentó sus innovaciones e inventos, pues consideraba que eso limitaría el desarrollo de la broncoscopia y sus aplicaciones médicas.

En 1907, publicó su primer libro en la materia *Tracheobronchoscopy, esophagoscopy and bronchoscopy*, que fue reeditado en 1914 y en el que se precisa el instrumental, la técnica, las indicaciones -incluyendo la aspiración terapéutica de las secreciones traqueobronquiales- y el estudio de los tumores. En 1916, Chevalier Jackson fue designado profesor de laringología en el Jefferson Medical College, comenzando así la edad dorada de la broncoscopia. En ese puesto académico puso en

marcha programas de entrenamiento, diseñó materiales específicos para cada situación, impulsó las técnicas broncoscópicas y bajo su tutela se formaron precursores que desarrollaron la broncoscopia en muchos países del mundo.

2.1.4 Nuevas aportaciones

En 1917, se realizó la primera resección endoscópica de un tumor endobronquial a un enfermo con un adenoma. Pocos años después, Jean Marcel Lemoine protocolizó la técnica de la anestesia local para la broncoscopia rígida y diseñó broncoscopios y un cabezal, los que fueron utilizados por la mayoría de los broncoscopistas.

En 1946, Herbut y Clerf desarrollaron el estudio de la citología exfoliativa y el diagnóstico por ese método del carcinoma bronquial y, en 1949, el argentino Eduardo Schieppati realizó y publicó la primera punción aspirativa transtraqueal usando una aguja diseñada por él.

La fundación, en 1950, de la Asociación Internacional para el Estudio de los Bronquios (AIEB), convirtió la broncoscopia en una técnica neumológica, hasta ese momento en manos de los otorrinolaringólogos. Edwin N. Broyles, discípulo de Chevalier Jackson, desarrolló en esa época telescopios de visión lateral con diferentes ángulos y desarrolló las ópticas de iluminación distal, lo cual permitió la observación de los bronquios segmentarios y los lóbulos superiores. En 1965, H. A. Andersen desarrolló fórceps de biopsia para obtener material en las enfermedades pulmonares difusas (35).

2.1.5 La broncoscopia flexible

Otro de los grandes broncoscopistas que revolucionó este procedimiento fue el Japonés Shigeto Ikeda (1925-2001), quien junto a Haruhiko Machida presentó en el verano de 1964 el primer modelo de fibrobroncoscopio, el cual fue mejorando técnicamente y ya a los 2 años tenía movilidad en la punta con una desviación de 180° en U, además de estar provisto de un canal interno para fórceps de biopsia y para la instilación de anestésicos. En 1967, el séptimo modelo de fibrobroncoscopio flexible de Ikeda fue sacado al mercado y, rápidamente, se extendió su uso en todos los países (36). Con este fibrobroncoscopio flexible de 5 mm de diámetro, se tuvo acceso a todos los bronquios segmentarios y subsegmentarios, y se llegó incluso a visualizar bronquios más dístales; tenía además un pequeño canal de 2,5 mm que permitía la inserción de fórceps de biopsia y de cepillos (37).

En 1966, Frennessy utiliza el catéter con cepillo bronquial y, en 1967, Finley introduce el lavado bronquioalveolar (BAL). En 1974, Strong desarrolla la técnica de láser con CO₂ y, en 1975, se introduce la crioterapia por Carpenter y cols.

Percarpio aplica la braquiterapia usando el fibrobroncoscopio en 1978 y, en 1979, Wimberley y Bartlett describen el empleo del catéter bronquial con cepillo protegido y Ryosuke Ono comienza la realización de la punción aspirativa transbronquial.

2.1.6 El videobroncoscopio

En 1983, Ono e Ikeda desarrollaron, junto con la compañía Ashai Pentax, el videobroncoscopio equipado con una cámara en su extremo distal; las imágenes obtenidas mediante esta técnica son grabadas y revaluadas posteriormente. En 1984, Hooper describe la utilización de electrocauterización endobronquial mediante fibrobroncoscopia. A partir de 1985, comienzan a desarrollarse las prótesis y *stents* endobronquiales, que venían usándose de forma experimental desde hacia varios años y que todavía continúan perfeccionándose. También por esos años, Profio y Mung desarrollan las técnicas de fotodinámica y autofluorescencia, tanto para la detección de carcinomas *in situ* como para su tratamiento (38, 39). En 1990, Hunter introduce el uso de catéteres transductores de ultrasonidos en miniatura a través del canal del fibrobroncoscopio para el diagnóstico y estadiaje del carcinoma pulmonar y las enfermedades del mediastino (40).

La técnica más recientemente desarrollada ha sido la ecobroncoscopia, descrita por primera vez en el año 1990 y hoy día es imprescindible en el estudio de la patología respiratoria. Utiliza los ultrasonidos para visualizar las estructuras adyacentes a la pared de la vía aérea y en el interior de la misma. Es una técnica mínimamente invasiva que permite la punción-aspiración guiada para el abordaje de tumores y adenopatías mediastínicas y pulmonares. Hay dos tipos de ecobroncoscopios, radial y lineal o sectorial, en función del tipo de transductor utilizado, y las indicaciones clínicas son diferentes en cada uno de ellos.

2.2 Indicaciones

Hay múltiples indicaciones para la realización de una broncoscopia, tanto diagnósticas como terapéuticas (TABLA VII).

Tabla VII. Indicaciones de la FB

- Valoración de signos y síntomas (tos, disnea, hemoptisis, disfonía...)
- Valoración de enfermedad endobronquial (tumor, cuerpo extraño, fístula, tapón mucoso)
- Valoración de radiografía de tórax alterada (masa pulmonar, derrame pleural, atelectasia, infiltrado pulmonar, parálisis frénica unilateral...)
- Diagnóstico microbiológico de infecciones respiratorias
- Valoración de adenopatías mediastínicas
- Seguimiento de una enfermedad conocida (trasplante pulmonar, estadificación del cáncer de pulmón, neoplasia de esófago)

Uno de los principales objetivos, durante la realización de la misma, es la obtención de diferentes tipos de muestras para su estudio microbiológico, histológico, citológico y, cada vez más, inmunológico y genético. Este aumento en el número de técnicas exige la obtención de mayor número de muestras y de la mejor calidad posible.

3. FIBROBRONCOSCOPIA BAJO VMNI

3.1 Introducción

Como se ha comentado con anterioridad, la ventilación mecánica no invasiva (VMNI) aplicada en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda actúa mejorando las alteraciones del intercambio gaseoso y reduciendo los signos de trabajo respiratorio, la disnea y la actividad de la musculatura respiratoria accesoria mientras aparecen los efectos de los fármacos administrados (41). Puede así producirse una más rápida estabilización del paciente, evitar la intubación orotraqueal (IOT), la ventilación mecánica invasiva (VMI) y su ingreso en una unidad de cuidados intensivos (UCI) (42.)

La fibrobroncoscopia (FBC) es una técnica fundamental en el estudio de las enfermedades respiratorias: permite la visualización de la vía aérea superior y las primeras divisiones del árbol traqueobronquial, así como la toma de muestras de la

tráquea, bronquios, mediastino y parénquima pulmonar (43). Además, es fundamental en el manejo terapéutico de los pacientes con hemoptisis, aspiración de un cuerpo extraño, exceso de secreciones, lesiones neoplásicas y obstrucción de la vía aérea central, entre otras. Se ha convertido en un elemento esencial en la neumología moderna: en sus indicaciones diagnósticas abarca la mayor parte de las enfermedades respiratorias, y es pieza clave en algunos aspectos de la terapéutica neumológica actual (44).

Dentro de la broncoscopia, la flexible, introducida en 1968 por Shigeto Ikeda (45), es la técnica más utilizada, aunque existen otras modalidades, como la broncoscopia rígida (BR) (46) o la ecobroncoscopia (EBUS) (47,48).

3.2 Ventilación mecánica no invasiva y broncoscopia

Al analizar la FBC en pacientes sometidos a VMNI, deberían diferenciarse los casos agudos (paciente críticos con necesidad de una intervención urgente o preferente) de aquellos con VMNI crónica o domiciliaria, que pudieran requerir una FBC no urgente o programada (49). En el primer grupo se incluyen los pacientes que precisan de una acción terapéutica preferente como la aspiración de secreciones, la intubación guiada por fibrobroncoscopio (50) -especialmente en pacientes con alteración de la deglución y riesgo de aspiración pulmonar (miopatías con afectación bulbar)- o la extracción de cuerpos extraños. La presencia de secreciones abundantes en pacientes con fallo respiratorio agudo es una de las causas de fracaso de la VMNI, que puede contraindicar su empleo (51).

Sin embargo, la FBC puede facilitar su eliminación, mejorar la ventilación y evitar la intubación traqueal. Esta FBC terapéutica incluso ha permitido la adaptación a la VMNI de pacientes con patologías como la fibrosis quística con exacerbaciones graves y secreciones abundantes (52). También deben considerarse aquí los pacientes con infiltrados pulmonares de origen no aclarado que pudieran precisar de la toma de muestras microbiológicas, o aquellos de otra naturaleza (hemorragia alveolar difusa o neumonía organizada) (53).

Otras indicaciones de FBC en pacientes con VMNI incluyen el estudio de atelectasias, hemoptisis, procesos neumónicos de evolución tórpida en pacientes

inmunodeprimidos, la sospecha de neoplasia pulmonar, fístulas broncopleurales o fístulas traqueoesofágicas.

La realización de la FBC presenta complicaciones potenciales, que pueden estar relacionadas con la propia realización de la misma, con factores individuales del paciente, o con la habilidad, la cualificación y la experiencia del broncoscopista. Las alteraciones del intercambio gaseoso que se producen durante la FBC pueden desencadenarse por la propia causa que motivó su realización, pero el broncoscopio de por sí también ocasiona disfunciones, ya que ocupa alrededor del 10% de la luz traqueal -disminuyendo su calibre-, aumenta la resistencia de la vía aérea y reduce el volumen corriente. El impacto de la FBC sobre el aumento de la resistencia del flujo dependerá del calibre de las vías respiratorias y/o del calibre del broncoscopio. El incremento del trabajo respiratorio asociado al aumento de la carga resistiva puede precipitar insuficiencia respiratoria aguda en el paciente crítico. Además, la aplicación de la aspiración por el canal del FBC disminuye las presiones de la vía aérea al final de la espiración, facilitando el cierre alveolar precoz. Ello puede originar que la presión arterial de oxígeno (PaO_2) disminuya entre 10 y 20 mmHg durante la realización de la FBC (54). Estos cambios persisten tras la finalización del procedimiento, y el tiempo que tarda en normalizarse el intercambio gaseoso oscila entre 15 minutos en sujetos normales y varias horas en pacientes con enfermedades pulmonares. Todo ello justifica la utilización de O_2 suplementario en pacientes con riesgo de desaturación durante la realización de una FBC (55).

A lo comentado debe añadirse el efecto irritativo del broncoscopio sobre las superficies mucosas que atraviesa a su paso, generando frecuentemente tos, náuseas, vómitos, espasmo laríngeo, traqueal o bronquial. Los reflejos anteriormente descritos, en su gran mayoría dependientes de los pares craneales IX, X y XI, ocasionan molestias y sobreestimulación neurovegetativa. Ello se contrarresta con la administración de anestesia tópica, como la lidocaína, o con anestésicos intravenosos como el propofol, empleados en casos de alergia a aquella (56, 57). La administración de estos anestésicos tópicos, la de suero salino o la realización de técnicas como el lavado broncoalveolar (LBA) pueden empeorar la hipoxemia como consecuencia de una alteración de la relación ventilación-perfusión (58). Ello puede agravarse cuando se requiera una mayor sedación con anestesia por la propia intolerancia al procedimiento.

En pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y otras enfermedades obstructivas, el broncoscopio puede promover el atrapamiento de aire al incrementar la capacidad residual funcional hasta en un 17% y aumentar la auto-PEEP. Estos efectos pueden ser deletéreos en pacientes con fallo ventilatorio hipercápnico o en los que inician descompensación de su enfermedad de base (59). Cabe recordar que en ocasiones la FBC se indica en pacientes críticos o de alto riesgo para lograr un diagnóstico etiológico, optando por la IOT para la realización de la FBC o asumiendo un tratamiento empírico en los casos de patología infecciosa pulmonar, con el fin de evitar la exploración.

Teniendo en cuenta que asociaciones como la American Thoracic Society contraindican la realización de una FBC con LBA cuando no se logra una PaO_2 de 75 mmHg o una FiO_2 del 90% en ventilación espontánea con aporte de O_2 , suele optarse por la IOT cuando la FBC es imprescindible (60).

Sin embargo, la VMI comporta una serie de riesgos en relación con la inserción del tubo endotraqueal, como son infecciones respiratorias asociadas, problemas intrínsecos de la VMI o aquellos objetivados tras la retirada del tubo endotraqueal. La VMNI es una alternativa capaz de evitar complicaciones relacionadas con la intubación y la ventilación mecánica, sobre todo en pacientes con EPOC y tendencia a la hipercapnia (61). Al persistir la ventilación espontánea durante el procedimiento, garantiza el equilibrio de la relación V/Q y la estabilidad hemodinámica, permitiendo que pueda realizarse la FBC (62).

Es conocido que la VMNI puede mantener la permeabilidad de la vía aérea, facilitar el drenaje de secreciones y mejorar el trabajo respiratorio. Se ha demostrado que la simple administración de presión continua en vías aéreas (CPAP) puede mejorar el volumen minuto y disminuir la probabilidad de atelectasias. Este hecho es más llamativo en los pacientes con traqueomalacia (63).

La CPAP, que actúa mediante un mecanismo de tipo “stent neumático”, puede incrementar la presión transmural de las vías aéreas centrales, incrementando su diámetro transversal. Sin embargo, este no es el único mecanismo que puede explicar la mejoría en las variables ventilatorias, dado que al elevar el volumen pulmonar incrementa el flujo espiratorio pico, la capacidad funcional residual y la eficacia de la

tos, hecho importante, sobre todo, en pacientes con enfermedad neuromuscular o debilidad de la musculatura respiratoria (64).

Aunque estrictamente la CPAP no se considera un sistema de VMNI por ausencia de apoyo inspiratorio, se ha comprobado la reducción de riesgo de aparición de fallo respiratorio agudo tras la FBC en los casos en que se ha utilizado este sistema. (65,66) Otros estudios similares mostraron una mejoría de la relación PaO_2/FiO_2 a expensas de la elevación de la PaO_2 , en comparación con pacientes tratados solo con oxigenoterapia convencional (67). El efecto beneficioso de la VMNI en la FBC también ha sido confirmado en pacientes con EPOC afectos de neumonía y encefalopatía hipercápnica (68, 69). Además, se ha demostrado que en la encefalopatía hipercápnica moderada-severa de pacientes con EPOC agudizados, la supervivencia a corto y largo plazo es similar al emplear la VMNI o la VMI, aunque el número de complicaciones de origen séptico es menor en la primera de ellas (61).

3.2.1 Procedimiento

3.2.1.1 Entorno

Suele recomendarse la realización en un entorno de UCI o unidad de cuidados intermedios respiratorios o cumpliendo los estándares de una sala de broncoscopia con capacidad para abordar las complicaciones (59).

3.2.1.2 Aplicación de la ventilación mecánica no invasiva

El inicio de la VMNI en un paciente no ventilado previamente debe instaurarse, al menos, 15 o 20 minutos antes de la FBC (54, 67). No existen estudios comparativos entre diferentes modalidades de VMNI. Inicialmente se emplearon sistemas de doble presión, modalidad de soporte (IPAP de 17 cm H₂O y EPAP de 5 cm H₂O) y FiO_2 del 100% (70), pero han sido descritos procedimientos con presiones inspiratorias menores y FiO_2 del 70% (71). Se recomienda una presión de soporte de 10 cm H₂O durante el procedimiento (68). También se ha propuesto la realización de FBC con modo CPAP, en concreto CPAP Boussignac, acoplada a una mascarilla facial (66).

Este sistema se basa en el denominado principio de la conservación de la energía en movimiento, por el que la entrada de gas a alta velocidad procedente de un caudalímetro, y su paso por unos microcapilares, genera una aceleración en forma de

microjets que provoca que las moléculas de aire del jet transfieran una parte de la energía cinética a las moléculas de aire situadas en el cuerpo de la CPAP, que son así aceleradas (efecto de turbulencia o válvula virtual). Esta transformación en presión de la velocidad del gas dependerá del flujo de gas aportado desde el caudalímetro (72).

De manera orientativa, se recomienda comenzar con una IPAP de 14-15 cm H₂O y EPAP de 5 cm H₂O en sistemas bipresión (o 10 cm H₂O de presión de soporte, en su caso) y 5 cm H₂O cuando se emplee CPAP, salvo que se hubieran establecido parámetros diferentes previamente por las características clínicas del paciente (67, 68). Se suele utilizar una FiO₂ que permita obtener una saturación de O₂ mayor del 90%. A nivel práctico, ello implica una FiO₂ mayor de 0,5 o un flujo entre 6-12 l/min.

Preferentemente, suele iniciarse con FiO₂ de 1 para disminuir según la tolerancia del paciente (73). Obviamente, en la CPAP modelo Boussignac se empleará, para conseguir la presión deseada, el adecuado nivel marcado por el caudalímetro. El resto de parámetros incluiría, a modo orientativo, el modo S/T (spontaneous/timed), una frecuencia de 4-8 respiraciones mandatorias y una relación I/E (inspiración/expiración) según las características del paciente (habitualmente 1:2, 1:3 en algunos pacientes con obstrucción a flujo aéreo y 1:1 en algunos pacientes restrictivos). En el ventilador que permitiera su monitorización, debiera lograrse un volumen corriente espiratorio (VT) entre 8- 10 ml/kg y objetivarse una frecuencia respiratoria siempre menor de 25/min. La disponibilidad de la monitorización de la curva de presión y flujo puede ser de ayuda en la valoración de la interacción paciente-ventilador, aunque faltan aún datos que demuestren la utilidad en este escenario de VMNI y FBC.

3.2.1.3 Interfases

En relación con la interfase o mascarilla, se han empleado casi todos los tipos de mascarillas. La más extendida es la mascarilla facial (70, 71), que permite la entrada por vía oral o nasal del fibrobroncoscopio. Actualmente las mascarillas faciales endoscópicas suelen disponer de 2 orificios: uno para la administración del gas y un segundo orificio, obturado y distensible, que permite la introducción de un endoscopio (Figuras 1 y 2).



Figura 1. Máscara facial para VMNI con diafragma para la entrada del fibrobroncoscopio. Inserción por vía bucal a través del mordedor.



Figura 2. Variante de máscara oronasal con diafragma de inserción, independiente del canal de suministro de la VMNI.

Algunos autores han propuesto modificaciones en las interfases y se basan en la presencia de un segundo orificio con un diafragma de silicona destinado a pasar el fibrobroncoscopio (74). También existen conexiones en T universales para el acoplamiento a cualquier mascarilla (Figura 3).



Figura 3. Máscara oronasal a la que se le ha acoplado una pieza en T, permitiendo la inserción del fibrobroncoscopio por vía nasal.

Cuando se utiliza una CPAP Boussignac para realizar una FBC, se emplea la máscara facial (66). Antonelli describió la posibilidad de realizar FBC con VMNI utilizando una interfase tipo *Helmet*, que cubre por completo la cabeza del paciente, manteniendo el soporte ventilatorio (Figura 4) (75).



Figura 4. Interfase tipo *Helmet* para ventilación mecánica no invasiva. Inserción del fibrobroncoscopio a través de pieza fenestrada y acceso nasal o bucal.

Heunks (76) ha diseñado un sistema sobre una máscara facial completa con la inserción de un cilindro de plástico sintético en la máscara para evitar la salida de aire durante la FBC, sobre 12 pacientes hipoxémicos (PaO_2/FiO_2 : 192 ± 23) se realizaron FBC con LBA sin complicaciones importantes (Figura 5).



Figura 5. Máscara facial para ventilación mecánica no invasiva a la que se le ha acoplado una pieza cilíndrica fenestrada para la inserción del fibrobroncoscopio.

Un sistema semejante se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Variante de la expuesta en la figura 5 mediante máscara oronasal.

Recientemente, Chiner et al. (77) han publicado los resultados de un estudio prospectivo con 35 pacientes, en los que utilizando un sistema artesanal de acoplamiento de una membrana fabricada con un guante de látex a un mordedor bucal sobre el que se realiza una pequeña incisión, se logra la retención de la presión administrada mediante BIPAP a través de una mascarilla nasal, procediendo así a la FBC por vía bucal, con buenos resultados diagnósticos y terapéuticos (Figura 7).



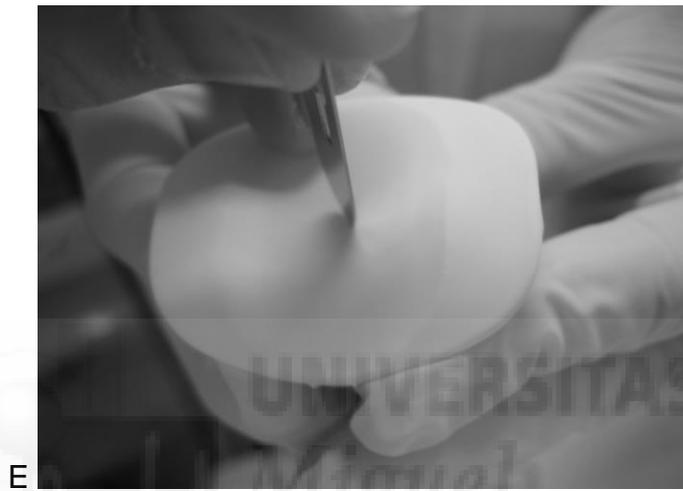




Figura 7. VMNI practicada con máscara nasal e inserción del fibrobroncoscopio por vía bucal. A-B. Introducción del mordedor bucal en un guante de látex y sujeción con un hilo de sutura. C-D: recorte del material sobrante. E: Mínima incisión en la membrana del mordedor. F-G: introducción del mordedor bajo VMNI y a continuación del fibrobroncoscopio para la realización de la técnica bajo VMNI.

3.2.1.4 Sedación

La VMNI no implica necesariamente una mayor sedación. De hecho, no se desaconseja, aunque es fundamental disponer de la experiencia necesaria en el manejo de fármacos. Para la anestesia tópica suele emplearse la lidocaína, siguiendo el procedimiento habitual de la FBC. Algunos autores proponen el empleo de propofol para la práctica de la FBC bajo VMNI, lo que permite reducir el malestar de los pacientes sin que presente efectos adversos significativos (78).

3.2.1.5 Posición del paciente

Es recomendable la práctica del procedimiento con el paciente semincorporado, lo que implica la vía anterior para la realización de la FBC. Sin embargo, la propia VMNI ha sido utilizada en decúbito supino para optimizar los parámetros respiratorios en otras exploraciones, como la ecografía transesofágica o la cardiología intervencionista (o en casos de diagnóstico de colapso dinámico de la vía aérea, que precisaron mantener al paciente en esta posición) (79, 80).

3.2.1.6 Vía de entrada

Hay autores que han usado tanto la vía nasal como la oral. En muchos casos está en relación con la interfase utilizada. En aquellos con mascarilla facial, puede emplearse la vía nasal o la oral (67, 68). La vía oral puede emplearse también con modificaciones y sistemas de acoplamiento a un mordedor bucal, con el empleo concomitante de una mascarilla nasal (82). En las exploraciones practicadas con *Helmet*, la entrada podría ser nasal u oral, con el paciente incorporado o en decúbito supino (75). De igual manera, el uso de CPAP Boussignac permite, al ser un sistema abierto, la entrada por vía oral o nasal (66).

El control de la pérdida de presión no intencional (interfase) durante la FBC debe ser conocido para poder garantizar la eficacia de la VMNI.

3.2.1.7 Técnicas

Las técnicas empleadas estarán condicionadas por las características de los pacientes. Es habitual el empleo del broncoaspirado, LBA o el catéter protegido para el diagnóstico microbiológico o citológico (68, 77). Aunque no contraindicada formalmente, algunos autores recomiendan no realizar la biopsia transbronquial mientras el paciente esté sometido a ventilación mecánica, por mayor riesgo de neumotórax y sangrado (54,83-85).

3.2.1.8 Duración

Como toda intervención en pacientes de riesgo, se recomienda el menor tiempo imprescindible para lograr el propósito de la intervención. Suele variar, aunque la media de duración de una FBC con VMNI en pacientes con neumonía se estableció en torno a 8 minutos (68).

3.2.1.9 Cuidados post-fibrobroncoscopia

Se mantendrá la VMNI con similares parámetros a los previos a la realización de la FBC y un tiempo mínimo entre 15 y 90 minutos después de su finalización (52, 63, 69,78).

3.2.1.10 Complicaciones

Dado que la VMNI ofrece un flujo inspiratorio a presiones positivas, puede presentarse distensión gástrica con incremento del riesgo de broncoaspiración. La presión abdominal generada por la distensión intragástrica puede reducir la capacidad residual funcional y añadir un componente restrictivo (86). La VMNI requiere que los pacientes aporten un grado elevado de colaboración, lo que facilita su acople al ventilador, disminuyendo la probabilidad de distensión gástrica y colapso alveolar de tipo restrictivo. Existen también otras complicaciones propias de la FBC (desaturación, sangrado, mala colaboración, agitación, etc.), para cuya resolución se procederá como en un procedimiento habitual de FBC. Menos frecuentes son las complicaciones mayores de tipo cardiovascular (arritmias malignas, síndrome coronario agudo, paro cardíaco), que pueden minimizarse por una adecuada selección del paciente y la monitorización durante la FBC.

Los ajustes inmediatos de la VMNI (hipoxemia, hipercapnia, desadaptación, incomodidad) durante la prueba se realizarán según la práctica habitual, que resumimos a continuación: Se incrementará la EPAP de 2 en 2 cmH₂O hasta lograr una saturación de O₂ ≥ 90% si existe hipoxemia. Debe tenerse en cuenta que valores muy altos (mayor de 10) pueden originar un mayor riesgo de distensión gástrica e intolerancia al paciente). En caso de persistir, se incrementaría el flujo o la FiO₂. La hipercapnia se corregiría subiendo la IPAP hasta conseguir buenos márgenes de pH (máximo 25 cmH₂O) y ajustando la EPAP para evitar *rebreathing*. La desadaptación del paciente se objetivará con algunos signos o datos: contracción del esternocleidomastoideo (lo que condicionaría subir la IPAP), contracción abdominal o espiración activa (lo que recomendaría bajar la IPAP), inspiraciones fallidas (que justificarían la subida de la EPAP) y VT bajo (que obligaría a ajustar la mascarilla, evitar una presión pico mayor de 30 cmH₂O y permitir fugas si el volumen espirado fuera adecuado) (87).

Las lesiones faciales o nasales secundarias al uso de la mascarilla no se incluyen en este apartado, por considerarse que aparecen tras el uso prolongado (horas como mínimo) de la VMNI. La desaturación persistente del paciente o el deterioro clínico obligarán a la suspensión del procedimiento y a la toma de medidas adicionales, que incluyen la IOT. Por tanto, es importante subrayar que el

procedimiento debe ser evaluado en un ambiente adecuado por personal experto en FBC con VMNI con rápido acceso a la IOT en caso de reanimación cardiopulmonar (88).

3.2.1.11 Contraindicaciones

Deben incluirse las propias de la VMNI, como paro cardíaco, encefalopatía grave, sangrado gastrointestinal grave, inestabilidad hemodinámica grave, antecedentes de traumatismo o cirugía facial, incapacidad de ser asegurada una vía aérea permeable o un elevado riesgo de aspiración (62). Algunas contraindicaciones relativas son la agitación psicomotora, el fallo respiratorio provocado por causa neurológica o el estado asmático (73). No deben olvidarse las relacionadas con las deformidades faciales o intervenciones quirúrgicas faciales, esofágicas o gástricas (76). Otras, como la obstrucción de la vía aérea o la incapacidad de expulsar secreciones, pueden llegar a ser indicaciones de broncoscopia con VMNI (68).

Existen otras contraindicaciones absolutas propias de la FBC, como la falta de colaboración, el ángor inestable, el infarto agudo de miocardio reciente (menos de 20 días), arritmias graves, trombopenia inferior a 60.000 o una actividad de protrombina menor del 60% si se prevé la realización de biopsias (89). El asma bronquial es una contraindicación relativa con un FEV₁ menor del 60%. Es fundamental recordar que la incapacidad para mantener una saturación de oxígeno superior al 85% a pesar de mantener una elevada FiO₂, es indicación de IOT si se plantea la realización de una broncoscopia (90) e insistir en la necesidad de contar con una mínima colaboración del paciente. Si ello no fuera posible, se elegiría la IOT o el inicio de tratamiento empírico (73).

3.3 Situaciones especiales

3.3.1 Intubación orotraqueal con fibrobroncoscopia y ventilación mecánica no invasiva

La intubación con FBC se realiza habitualmente de forma urgente en las UCI o de forma programada en los casos de intubación difícil en los servicios de anestesia. Puede ser peligrosa por el riesgo de hipoxia secundaria tras la apnea inducida por la anestesia general. Se ha empleado la VMNI para asegurar la realización de FBC en

pacientes hipoxémicos o hipercápnicos, y podría plantearse su uso para asegurar la intubación traqueal con FBC, incluidas intubaciones previsiblemente difíciles, siempre que se utilice una técnica rigurosa (91).

Las mascarillas empleadas serán las faciales con 2 orificios, comentadas previamente. Estas mascarillas permiten una FiO_2 de 1 y aseguran una mezcla gaseosa sin fugas. Además, con la ventilación con presión positiva se obtiene una distensión de las estructuras faríngeo-traqueales durante la inspiración y mejora la visualización de la glotis durante la FBC. Al añadir una presión espiratoria positiva al final de la espiración (PEEP), se logra mantener la glotis abierta durante la espiración (92).

Muchas intubaciones son nasotraqueales, y en estos casos la técnica consistiría en aplicar la anestesia local de fosas nasales y orofaringe, colocación de la mascarilla endoscópica sobre la cara, conexión al ventilador y, finalmente, introducción del broncoscopio a través del tubo orotraqueal previamente lubricado progresando hasta llegar a 3 cm de la carina principal. Algunos autores administran en este momento midazolam si la saturación con VMNI supera el 94% (93). Otros autores prefieren administrarlo una vez visualizada la punta del tubo endotraqueal cuando sobrepasa el extremo distal del broncoscopio. Durante la progresión del tubo endotraqueal utilizando de guía el broncoscopio, este último permanecerá fijo para evitar su salida de la tráquea por la inercia que acompaña a la progresión del tubo endotraqueal sobre el fibrobroncoscopio. En el caso de apreciar una mínima resistencia al deslizamiento del tubo endotraqueal, podría ser útil una mínima retirada del tubo y con una entrada posterior acompañada de una ligera rotación en sentido horario al tiempo que se reintroduce (94). Una vez el tubo se encuentra dentro de la tráquea, se hincha el balón del mismo, se retira el broncoscopio, se desconecta la mascarilla y el tubo endotraqueal se conecta al ventilador.

La IOT con fibrobroncoscopio a través de mascarilla facial endoscópica, pero con ventilación manual, es una técnica descrita por algunos grupos. Se trata de una técnica empleada cuando la intubación con laringoscopia no ha sido posible, pero sin antecedentes de empleo previo de la VMNI (95).

Ocasionalmente puede realizarse la FBC previa IOT o intubación nasotraqueal con un tubo endotraqueal fino e introduciendo el FBC en paralelo, por fuera del tubo endotraqueal sin hinchar el manguito, lo que permite ventilar simultáneamente al

paciente, siempre que el nivel de fuga sea tolerable. Se puede emplear para procedimientos rápidos que impliquen VMI transitoria (mantenimiento del tubo endotraqueal) o VMNI (reversión de sedación y extubación) tras su finalización. Como hemos comentado, estos procedimientos deben ser realizados por equipos con experiencia y en un ambiente de UCI o similar (59, 88).

3.3.2 Pacientes pediátricos

Los pacientes pediátricos tienen un elevado riesgo de sufrir hipoxemia e hipercapnia durante la FBC debido al menor diámetro y a la mayor tendencia al colapso de sus vías aéreas. Además, existe un incremento de la resistencia en las vías creada por el propio broncoscopio (96). Cualquier obstrucción por edema, lesión ocupante de espacio o elementos que disminuyan el diámetro transversal con el broncoscopio elevan de manera exponencial la resistencia al flujo de gases (ley de Hagen-Poiseuille), limitando la ventilación por disminuciones significativas en el volumen corriente, la presión pico inspiratoria y el flujo espiratorio (97). La CPAP incrementa la anchura del espacio laríngeo y disminuye la tendencia al colapso de las paredes laterales de la faringe, que son las estructuras más sensibles en la vía aérea superior (98). La FBC en pacientes pediátricos con respiración espontánea se ha asociado con una disminución franca del volumen corriente y flujo respiratorio, que puede ser revertida con el uso de CPAP. En pacientes pediátricos con traqueomalacia, donde los volúmenes pulmonares son bajos y la resistencia al flujo espirado es alta, la VMNI mejora los volúmenes pulmonares y el flujo espiratorio (99).

3.3.3 Síndrome de apneas-hipopneas del sueño / Síndrome obesidad-hipoventilación / Obesidad mórbida

En estos pacientes la hipoxemia desencadenada durante la FBC, incrementada en ocasiones por el efecto de la sedación, puede ser verdaderamente importante, hasta el punto que, aún sin ella, la hipercapnia en vigilia puede empeorar (100). La VMNI contrarresta las presiones inspiratorias negativas y la hipotonicidad de los músculos de la vía aérea superior de estos pacientes, aplicando presión positiva sobre la orofaringe (73). Además, en este tipo de pacientes se ha descrito que, en condiciones de sedación moderada, el colapso de algunas zonas como la hipofaringe puede limitar la visualización de las estructuras por el broncoscopio (101). La presión positiva generada

por la VMNI facilita la identificación de las estructuras laríngeas al paso del equipo por la hipofaringe y su introducción a través de las cuerdas. Este aspecto es fundamental en estos casos, que suelen ser considerados como de intubación difícil (102).

3.4 Broncoscopia rígida y ventilación mecánica no invasiva

Las mayores aplicaciones del broncoscopio rígido incluyen la FBC terapéutica (láser, electrocauterio o crioterapia), la colocación de stents traqueobronquiales, la resección de tumores, la dilatación de estenosis traqueobronquial y la extracción de cuerpos extraños, particularmente en niños.

Otras indicaciones son el tratamiento de la hemoptisis y la toma de biopsias profundas, obtenidas con la pinza rígida de biopsia, complementada con otras técnicas como la crioterapia bronquial (102, 103). La aplicación de presión positiva intermitente y la ventilación en jet son las 2 modalidades ventilatorias habituales que garantizan una ventilación efectiva durante la FBC (104). Los pacientes también pueden controlarse con una respiración espontánea asistida, pero puede dar lugar a bajos niveles de acidosis respiratoria.

Algunos autores propusieron el uso de la ventilación a presión negativa (VPN), una modalidad de VMNI, como un sistema de ventilación óptima para los procedimientos de FBC. Con el objetivo de evaluar la eficacia de VPN mediante sistema de poncho (*wrap*) durante la aplicación de terapia con láser en lesiones endobronquiales, Vitacca desarrolló un estudio prospectivo aleatorizado y controlado, que confirmó su utilidad en pacientes con apnea, durante el procedimiento de laserterapia bajo anestesia general, evitando el desarrollo de hipercapnia, acidosis respiratoria secundaria y un aumento de las necesidades de aporte de O₂ (105). En un estudio posterior, el empleo de la VPN en pacientes sometidos a broncoscopia rígida demostró reducir el uso de opiáceos, el tiempo de recuperación, la posibilidad de reducir la acidosis respiratoria, la necesidad de ventilación manual asistida y la necesidad de O₂ (106).

3.5 Ecobroncoscopia

La ultrasonografía endobronquial (EBUS) es una técnica diagnóstica mínimamente invasiva que complementa al broncoscopio flexible. Es una herramienta de última generación que combina la videoendoscopia tradicional con la ecografía, que permite obtener imágenes ecográficas de las estructuras que se encuentran fuera de las paredes bronquiales, como son los ganglios linfáticos (107). Existen 2 técnicas de EBUS, dependiendo del tipo de transductor: EBUS radial y EBUS lineal. La técnica se realiza bajo sedación por parte del broncoscopista o anestesia. Tras la colocación a nivel bucal de una cánula orolaríngea, se introduce el ecobroncoscopio por vía oral. Hasta el momento no hay estudios prospectivos publicados sobre la ventaja del uso de la VMNI en la ecobroncoscopia, aunque es probable su empleo en el futuro, probablemente aplicando modalidades de VMNI de alta frecuencia.

3.6 Conclusiones y recomendaciones prácticas

La VMNI es un procedimiento terapéutico seguro que permite la realización de pruebas complementarias como la FBC, con soporte ventilatorio de eficacia similar a la VMI, aunque debe estar supervisado por personal experto, por lo que se exige ocasionalmente en ambiente de UCI o unidades de cuidados intermedios respiratorios, que cuenten con adecuada monitorización, reconocido manejo en VMNI y preparación por si fuera requerida la IOT y la VMI (108, 109).

Una vez decidida la realización de la FBC con VMNI, debe haberse iniciado el tratamiento previo con VMNI y comprobado su eficacia en el paciente. Debe contarse con la colaboración del paciente (salvo en niños o en intubaciones programadas). La FBC debe ser realizada por un broncoscopista con experiencia, que garantice precisión y rapidez en la realización de la prueba (108).

En los casos en los que no se objetive la mejora en el intercambio gaseoso tras un tratamiento previo con VMNI o la incapacidad para mantener una saturación de oxígeno superior al 85% a pesar de mantener una elevada FiO_2 , se evitará retrasar la IOT, que se programará para ser realizada a la mayor brevedad y en las mejores condiciones posibles (110).



II. HIPÓTESIS

La fibrobroncoscopia es un procedimiento ampliamente extendido que se considera seguro y efectivo, aunque no está exento de riesgos. Debido a que puede producirse un descenso de la presión arterial de oxígeno entre 10 y 20 mm Hg durante la técnica, están descritos problemas respiratorios graves y otro tipo de complicaciones, como arritmias cardíacas.

Se considera, por tanto, que la realización de una fibrobroncoscopia está contraindicada en pacientes no intubados cuando existe hipoxemia (fracción inspiratoria de oxígeno superior al 50%, necesaria para mantener una PaO₂ de 75 mm Hg).

En estos pacientes, las opciones tradicionales han sido la intubación, con el fin de llevar a cabo el procedimiento con ventilación mecánica invasiva, o no realizar el procedimiento, aplicando tratamiento empírico.

En los últimos años, la fibrobroncoscopia se ha practicado simultáneamente bajo ventilación mecánica no invasiva, con el fin de reducir los riesgos de la fibrobroncoscopia en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda.



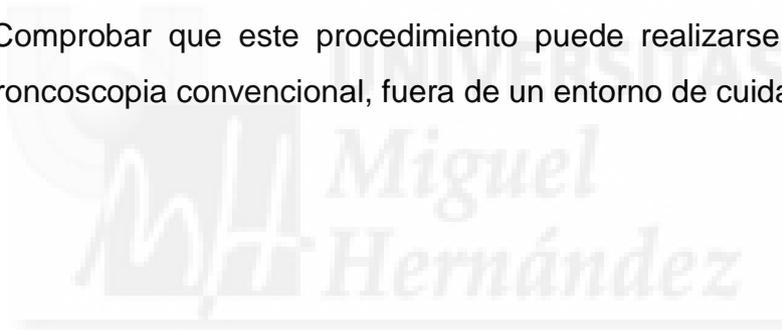
III. OBJETIVOS

Chiner E., Sancho-Chust J.N., Llombart M. Senent C., Camarasa A., Signes-Costa J.

“Fiberoptic bronchoscopy during nasal non invasive ventilation in acute respiratory failure” Respiration 2010; 80: 321-326

- Evaluar la rentabilidad y la seguridad de la práctica de la fibrobroncoscopia realizada por vía bucal a través de un sistema sellado, mientras se administra ventilación mecánica no invasiva a través de interfase nasal, en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda secundaria a distintas patologías respiratorias.

- Comprobar que este procedimiento puede realizarse con seguridad en una sala de broncoscopia convencional, fuera de un entorno de cuidados intensivos.





IV. MÉTODO

1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio prospectivo observacional para evaluar la seguridad de la FB practicada por vía oral mediante un sistema de sellado, aplicando simultáneamente VMNI a través de una máscara nasal.

2. PERIODO DE ESTUDIO

Noviembre de 2004 a Noviembre de 2008.

3. POBLACIÓN

Pacientes adultos valorados en la Unidad de Broncoscopias del Servicio de Neumología del Hospital Universitario Sant Joan d'Alacant

• Criterios de inclusión

- Pacientes ingresados en el Servicio de Neumología, Oncología, Medicina Interna o Unidad de Cuidados Intensivos
- Cumplir criterios de Insuficiencia Respiratoria Aguda, con uno o más de los siguientes:
 - $Pa O_2/FiO_2 < 200$
 - Frecuencia respiratoria (FR) > 35 respiraciones / min
 - Disnea en reposo
- La FB se indicó con fines diagnósticos o terapéuticos siguiendo los siguientes criterios:
 - Atelectasia
 - Infiltrados o masas pulmonares en la radiografía de tórax
 - Retención de secreciones
 - Hemoptisis

- **Criterios de exclusión**

- Incapacidad para mantener $SpO_2 \geq 90\%$ a pesar de VMNI por vía nasal
- Intolerancia a la VMNI
- Indicación clínica para ventilación mecánica invasiva, definida como uno o más de los siguientes:
 - Necesidad de reanimación cardiopulmonar
 - Inestabilidad hemodinámica;
 - Encefalopatía
 - Coma

4. OBJETIVOS

- **Objetivo principal**

- Evaluar la reducción de la saturación de oxígeno medida por pulsioximetría antes, durante y después del procedimiento
- Valorar los cambios en la relación PaO_2/FiO_2 durante la FB.

- **Objetivos secundarios**

- Evaluar los cambios en FR, end-tidal CO_2 ($ETCO_2$) y frecuencia cardiaca (FC), y valorar la existencia de complicaciones y la necesidad de intubación y ventilación mecánica invasiva tras el procedimiento.

5. PROCEDIMIENTO

Tras la indicación de la FB, se obtuvo una gasometría arterial (GAB) mientras el paciente recibía oxigenoterapia suplementaria con una máscara de tipo Venturi, que proporcionó la relación inicial PaO_2/FiO_2 . Tras la determinación de este parámetro y después de obtener el consentimiento informado del paciente, se inició la VMNI.

Para ello se empleó un sistema de presión positiva bilevel administrado por vía nasal (BiPAP, Resironics, Murrysville, Pa., EE.UU.) en modo espontáneo /ciclado, ajustando la presión inspiratoria (IPAP) y espiratoria (EPAP) de forma independiente para conseguir una ventilación efectiva (volumen corriente espiratorio entre 6-10 ml / kg). En todos los casos se empleó una presión mínima de IPAP y EPAP de 14 y 5 cm H_2O , respectivamente.

Con el fin de garantizar que las presiones se mantuvieran constantes durante la VMNI, se empleó el control remoto del aparato para monitorizar el volumen espiratorio, fugas, IPAP y EPAP de forma continua, por medio de un sistema digital. Estos parámetros fueron ajustados durante el procedimiento según niveles de PaO₂/FiO₂ y ETCO₂.

La interfase empleada fue una máscara nasal (ComfortClassic, Respironics), con un soporte para la barbilla, conectado al arnés de sujeción si se consideraba necesario. Se administró oxigenoterapia complementaria (entre 5-15 l/min) a través de una cánula conectada a la máscara, regulando el flujo para mantener SpO₂ ≥ 90%.

Inicialmente se practicó al paciente un período de adaptación de 15 a 20 minutos a la VMNI. Durante este periodo, se monitorizó la tolerancia clínica y la SpO₂ de manera continua mediante un pulsioxímetro (Nonin 8600 \ alpha; Nonin Medical, Minneapolis, Minnesota, EE.UU.). Tras comprobar buena tolerancia y adaptación a VMNI y SpO₂ ≥ 90% se iniciaba la fibrobroncoscopia. El nivel de ETCO₂ fue monitorizado continuamente mediante un Capnógrafo Microstream (Oridion, Needham, Mass., EE.UU.), conectado directamente a la máscara nasal.

La FB se llevó a cabo por vía oral utilizando una pieza bucal tipo mordedor (MB-142; Olympus, Tokio, Japón). Primero se introdujo el mordedor en un guante de látex, que posteriormente se ató con un hilo de sutura en su reborde inferior. Después de atar el guante, se cortó el exceso de material y con la ayuda de un bisturí, se realizó una pequeña incisión central (1-2 mm) a través de la cual se introdujo el broncoscopio.

El dispositivo resultante consiste en una boquilla cerrada por una membrana elástica a través de la cual se introduce el broncoscopio, al tiempo que la boquilla actúa como una válvula de retención para la presión positiva administrada, principalmente la EPAP.

Se utilizó un videobroncoscopio flexible (EB250S, Fujinon; Saitama, Japón). Para la anestesia tópica de la faringe se empleó lidocaína al 10% pulverizada y para la anestesia de la laringe y cuerdas vocales, se instiló una solución de lidocaína al 2% a través de la luz del FB.

Se obtuvieron broncoaspirados (BAS) a través del canal del FB, remitiendo muestras para estudios citológico microbiológicos. En pacientes en los que se sospechó una etiología infecciosa, se efectuaron tomas con catéter protegido, practicando cepillados en la zona con mayor alteración radiológica. Asimismo se realizó lavado broncoalveolar cuando se consideró indicado. Para ello se instilaron tres alícuotas de 50 cc de suero salino no bacteriostático enclavando el broncoscopio en un bronquio segmentario en la localización de los infiltrados en la radiografía de tórax.

Se efectuaron cultivos cuantitativos de las muestras remitidas aplicando los siguientes puntos de corte: 10³ (catéter protegido), 10⁴ (BAL) y 10⁵ (BAS) unidades formadoras de colonias / ml, respectivamente.

Se practicaron biopsias bronquiales cuando fue necesario si existía sospecha de neoplasia o ante cualquier alteración en la mucosa bronquial.

Tras la FBC, los pacientes continuaron con VMNI y bajo vigilancia durante 15 min. Posteriormente, según la respuesta y tolerancia se administró de nuevo oxigenoterapia convencional tal como venía recibiendo el paciente antes del procedimiento. Se obtuvo una gasometría arterial 2 horas después de la FBC y se recogió cualquier complicación atribuible al procedimiento, especialmente:

- Deterioro gasométrico
- Disminución del nivel de conciencia
- Cardiopatía, arritmias
- Necesidad de intubación orotraqueal y ventilación mecánica invasiva (tiempo después de la FB y causa)
- Causa de muerte, en caso de producirse

6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elaboró una base de datos protocolizada con el fin de emplear el paquete estadístico para Windows SPSS (versión 13, SPSS, Chicago, Illinois, EE.UU.). Tras comprobar la normalidad de la distribución de las variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnov se empleó la t de Student para datos pareados o la prueba de Mann-Whitney, para comparar los valores antes y después de la FBC. Se consideró significativa una $p < 0.05$.

7. ASPECTOS ÉTICOS

Todos los pacientes dieron su consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética e Investigación Clínica del H. Universitario San Juan de Alicante. La identidad de los pacientes fue preservada en todo momento y el estudio respetó en todo momento la declaración de Helsinki que rige los principios éticos para la investigación médica en humanos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



- **INTRODUCCIÓN**

Se han descrito distintos métodos para realizar la fibrobroncoscopia (FBC) durante la Ventilación con presión positiva no invasiva (VMNI) en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda (IRA) .

- **OBJETIVOS**

Evaluar la seguridad de un nuevo método para practicar la FBC en pacientes IRA.

- **MÉTODO**

Se estudiaron pacientes con IRA en los cuales se indicó la realización de la FBC. El criterio principal de valoración fue la disminución de la saturación de oxígeno (SpO_2) después del procedimiento. La FBC se llevó a cabo a través de una pieza bucal sellada con una membrana elástica de látex construida a partir de un dedo de guante, con el fin de mantener el sello de la presión ins y espiratoria, al tiempo que al paciente se le aplicaba VMNI a través de una máscara nasal sujeta con un arnés convencional.

- **RESULTADOS**

Se incluyeron finalmente 35 pacientes (63 ± 17 años, 74% hombres, relación PaO_2 / FiO_2 168 ± 63). Se obtuvo un total de 35 broncoaspirados, 21 cepillados protegidos, 11 lavados broncoalveolares y 8 biopsias bronquiales.

Las variables cardiorrespiratorias al inicio y al final de la FB fueron: SpO_2 93 ± 3 vs $94 \pm 5\%$, frecuencia cardíaca 95 ± 17 vs 99 ± 22 ppm y frecuencia respiratoria 24 ± 11 vs 25 ± 11 respiraciones / min. El valor de SpO_2 más bajo alcanzado durante el procedimiento fue $86 \pm 3\%$ y el aumento máximo de $ETCO_2$ fue de 41 ± 4 mm Hg. La fuga media fue de 50 ml / s en 32 pacientes. El curso clínico fue favorable en el 66%. Fue necesario mantener la VMNI en el 11%, 5 ± 4 días después de la FB. Doce pacientes (33%) fallecieron 3 ± 2 días después de la FB, como consecuencia de su enfermedad subyacente.

- **CONCLUSIONES**

El sistema permite realizar la FBC de forma segura en pacientes con IRA. Aunque hay una tasa relativamente alta de intubación y ventilación mecánica invasiva por enfermedad grave subyacente, no hubo empeoramiento de la oxigenación ni complicaciones atribuibles al procedimiento.



Fiberoptic Bronchoscopy during Nasal Non-Invasive Ventilation in Acute Respiratory Failure

E. Chiner J.N. Sancho-Chust M. Llombart C. Senent A. Camarasa
J. Signes-Costa

Pulmonology Section, University Hospital of Sant Joan d'Alacant, Sant Joan d'Alacant, Spain

Key Words

Acute respiratory failure · Chronic obstructive pulmonary disease · Fiberoptic bronchoscopy · Intubation · Non-invasive positive pressure ventilation · Oxygen saturation

Abstract

Background: Various methods have been described for safely performing fiberoptic bronchoscopy (FB) while applying non-invasive positive pressure ventilation (NIPPV) in patients with acute respiratory failure (ARF). **Objectives:** To evaluate the safety of a new method to perform FB in patients with ARF. **Methods:** Patients with ARF in whom FB was indicated were studied. The primary end-point was a mean drop in oxygen saturation (S_{aO_2}) after the procedure. During nasal NIPPV, FB was performed via the mouth using a bite block sealed with an elastic glove finger allowing bronchoscope insertion. **Results:** Thirty-five patients were included in the final study (63 ± 17 years, 74% men, P_{aO_2}/F_{iO_2} ratio 168 ± 63). A total of 35 bronchoaspirates, 21 protected brushings, 11 bronchoalveolar lavages and 8 bronchial biopsies were done. The cardiorespiratory variables at the start and end of FB were: S_{aO_2} 93 ± 3 to $94 \pm 5\%$, heart rate 95 ± 17 to 99 ± 22 b.p.m. and respiratory rate 24 ± 11 to 25 ± 11 respirations/min. The lowest S_{aO_2} value reached during the procedure was $86 \pm 3\%$ and the maximal $ETCO_2$ rise was 41 ± 4 mm Hg. Leakage was <50 ml/s in 32 patients. The clinical

course was favorable in 66%. Invasive ventilation was necessary in 11%, 5 ± 4 days after FB. Twelve patients (33%) died 3 ± 2 days after FB as a result of their underlying disease. **Conclusions:** The system allowed to perform FB safely in patients with ARF. Although there is a relatively high rate of intubation and invasive mechanical ventilation due to illness severity, there was no worsening of oxygenation or complications attributable to the procedure.

Copyright © 2010 S. Karger AG, Basel

Introduction

The effectiveness of non-invasive positive pressure ventilation (NIPPV) in acute respiratory failure (ARF) patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), immunodepression, pneumonia, acute pulmonary edema, adult respiratory distress syndrome or thoracic trauma is well known. Compared with invasive mechanical ventilation, this type of ventilation achieves the same physiological benefits of reduced work of breathing and improved gas exchange. Furthermore, it avoids the complications of intubation and the increased risk of ventilator-associated pneumonia. Moreover, other physiologic effects as minimizing or counterbalancing intrinsic positive end-expiratory pressure in critically ill patients with COPD have been described [1–6].

KARGER

Fax +41 61 306 12 34
E-Mail karger@karger.ch
www.karger.com

© 2010 S. Karger AG, Basel
0025-7931/10/0804-0321\$26.00/0

Accessible online at:
www.karger.com/res

Eusebi Chiner
Pulmonology Section, University Hospital of Sant Joan d'Alacant
Ctra. Alacant-València s/n
ES-03550 Sant Joan d'Alacant (Spain)
Fax +34 96 565 8750, E-Mail chiner_eus@gva.es

Many of these patients have pulmonary infiltrates or retention of secretions which make it necessary to perform fiberoptic bronchoscopy (FB) [1, 2, 7] in order to reach an etiological diagnosis and thus implement the measures necessary to reduce the high mortality that exists in these patients. In cases of severe pneumonia, early microbiological diagnosis helps in selecting the right antibiotic and may improve the prognosis [8]. In addition, approximately 15% of patients with cancer develop ARF, and FB with bronchoalveolar lavage (BAL) is the basis of causal diagnosis [9].

Bronchoscopy is a widely performed procedure that is generally considered to be safe and effective. In recent years, its range of application has been greatly expanded. However, FB is not devoid of risks. Severe complications occurred in 0.637% and mortality was noted in 0.013% of patients [10]. The bronchoscope occupies approximately 10% of the normal airway and may cause the arterial oxygen pressure (P_aO_2) to drop between 10 and 20 mm Hg during the procedure [9, 11]. This may cause serious respiratory complications or cardiac arrhythmias. For this reason, FB is contraindicated in non-intubated patients with hypoxemia (inspiratory oxygen fraction (F_iO_2) >50%, necessary to maintain a P_aO_2 of 75 mm Hg) [12]. In these patients, there have traditionally been two options: intubate in order to carry out FB with invasive mechanical ventilation (IMV) or not perform the procedure and apply empirical treatment with all the risks this implies.

In recent years, FB has been done while simultaneously applying NIPPV in order to reduce the risks of FB in patients with ARF. Very few studies have been published: two methods of applying NIPPV have been described [13–16] as well as another method that makes use of continuous positive airway pressure (CPAP) [17].

We present the results of a new method whose main advantage is the simplicity of the procedure, which makes it easy to perform.

Patients and Methods

Study Subjects

From November 2004 to November 2008, adult patients admitted to the Sant Joan d'Alacant University Hospital were studied. In order to be included in the study, the patients had to fulfill the following criteria:

- (a) They were admitted to the pulmonology ward or intensive care unit.
- (b) They had ARF, meeting 2 or more of the following criteria:
 - (1) $P_aO_2/F_iO_2 < 200$;
 - (2) respiratory rate (RR) >35 respirations/min, and

- (3) dyspnea at rest.
- (c) FB was indicated for diagnostic or therapeutic purposes according to any of the following criteria:
 - (1) atelectasis;
 - (2) infiltrates or pulmonary masses on chest X-ray;
 - (3) retention of secretions, and
 - (4) hemoptysis.
 Exclusion criteria were:
 - (a) Inability to maintain $S_aO_2 \geq 90\%$ despite NIPPV via the nasal route.
 - (b) Intolerance to NIPPV.
 - (c) Clinical indication for IMV, defined as one or more of the following:
 - (1) need for cardiopulmonary resuscitation;
 - (2) hemodynamic instability;
 - (3) encephalopathy, and
 - (4) coma.

Study Design

This is a prospective observational study designed to assess the safety of FB via the oral route by means of a sealed system and applying NIPPV via a nasal mask. The primary end-point was the evaluation of the reduction in pulse oximeter oxygen saturation (S_aO_2) during FB. The secondary end-points were changes in RR, end-tidal CO_2 (ET CO_2) and heart rate (HR), the existence of complications and need for intubation and IMV after the procedure. The study was approved by the local ethics committee and all the patients gave their informed consent.

Methods

When FB was indicated, arterial blood gases (ABG) were obtained with the patient receiving conventional oxygen therapy via a Venturi-type mask, which gave the initial P_aO_2/F_iO_2 ratio. Once this parameter had been determined and after obtaining the patient's informed consent, NIPPV was started.

This was done using a bilevel nasal positive pressure system (BiPAP; Respironics, Murrysville, Pa., USA) in the spontaneous/cycled mode adjusting the inspiratory (IPAP) and expiratory positive airway pressure (EPAP) independently in order to achieve effective ventilation (expiratory tidal volume ≥ 10 ml/kg). In all cases, minimum IPAP and EPAP of 14 and 5 cm H_2O , respectively, were considered. In order to ensure that the pressures administered remained steady during NIPPV, the remote control of the apparatus was used to monitor the expiratory tidal volume, leaks, IPAP and EPAP continuously by means of a digital system. These were adjusted during the procedure whenever necessary according to S_aO_2 and ET CO_2 .

The interface used was a nasal mask (ComfortClassic; Respironics), with a chin support connected to the head harness holding the mask in place. Supplementary oxygen therapy was delivered (between 5–15 l/min) via a cannula connected to the mask, and regulated to maintain $S_aO_2 \geq 90\%$.

Initially, the patient underwent a 15- to 20-min period of adaptation to the NIPPV. During this time, the S_aO_2 was continuously monitored using a pulse oximeter (Nonin 8600®; Nonin Medical, Minneapolis, Minn., USA) and the clinical tolerance evaluated. If the S_aO_2 was found to be $\geq 90\%$ and the patient adapted well to NIPPV, FB was started. Continuous non-invasive monitoring of ET CO_2 levels was performed with a Microstream capnograph (Oridion, Needham, Mass., USA). ET CO_2 was mea-

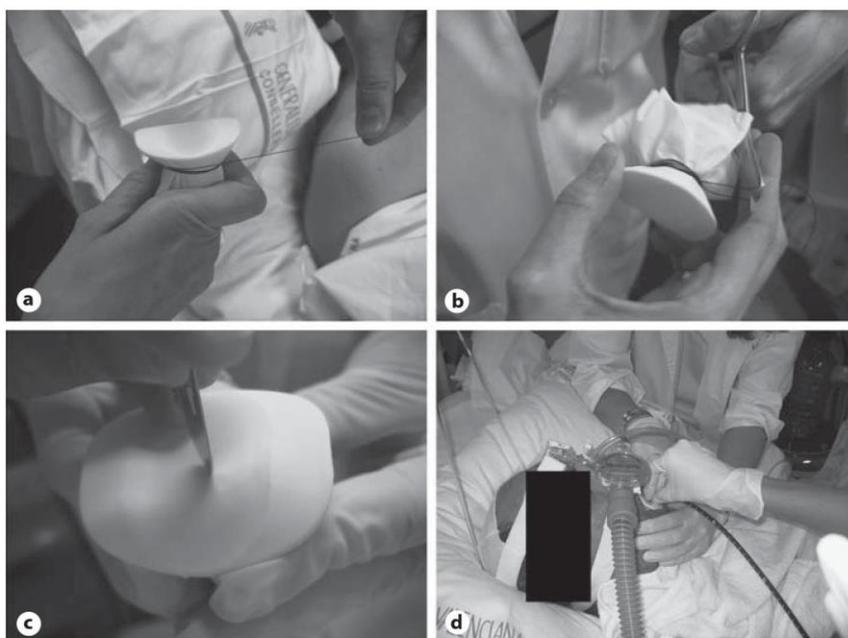


Fig. 1. Construction of the sealed mouthpiece. **a** The mouthpiece is tied inside the glove using a conventional suture via the external channel. **b** Excess material is trimmed. **c** A small incision is made in the tip of the glove finger using a scalpel. **d** The device is then placed in the patient's mouth, permitting insertion of the bronchoscope through the hole in the glove finger.

sured by a sampling line connected to the nasal mask. Microstream sampling lines blocked by secretions were replaced as needed.

FB was performed via the oral route using a mouthpiece (MB-142; Olympus, Tokyo, Japan). This was inserted in a latex glove, which was then tied with conventional suture through the external channel of the mouthpiece leaving one finger of the glove in the center. After tying the glove, excess material was cut away and with the help of a scalpel, a small incision (~1–2 mm) was made at the tip of the glove finger, through which the bronchoscope was inserted (fig. 1). The resulting device consisted of a mouthpiece, closed by an elastic membrane through which the bronchoscope was inserted and which acted as a retention valve for the pressure administered.

A flexible videobronchoscope was used (EB250S; Fujinon; Saitama, Japan). For topical anesthesia of the pharynx, a 10% lidocaine solution was sprayed. For anesthesia of the larynx and vocal cords, a 2% lidocaine solution was instilled through the lumen of the bronchoscope.

The bronchoaspirate was obtained by aspiration through the internal channel of the bronchoscope. Samples were sent for cytological and microbiological study. In patients in whom there was suspicion of an infectious etiology, a protected-specimen brush was used in the zone with the greatest radiological alteration. BAL was done in patients in whom there was a clinical indication. The tip of the bronchoscope was inserted into the orifice of a subsegmentary bronchus that showed infiltrates on chest X-ray. Three aliquots of 50 ml of non-bacteriostatic saline serum were instilled at room temperature. Quantitative cultures with a number $>10^5$, $>10^3$ and $>10^4$ colony-forming units/ml, respectively, for bronchoaspirate, protected-specimen brush and BAL were considered significant [15]. Bronchial biopsies were done when necessary if there was suspicion of bronchial neoplasia or altera-

tion in the bronchial mucosa. Secretions were suctioned when necessary after instillation of saline or sodium-2-mercaptoethane sulfonate.

During the procedure, S_aO_2 , $ETCO_2$, HR and RR were continuously monitored. After FB, patients continued with NIPPV for 15 min, while still being monitored. Subsequently, conventional oxygen therapy was continued as before the procedure. ABG were collected 2 h after the FB. Any complications attributable to the procedure were recorded: e.g. sudden appearance of: (1) deterioration of ABG, (2) decreased level of consciousness or (3) cardiac arrhythmias, need for orotracheal intubation and IMV (time after FB and cause) and cause of death.

Statistical Analysis

Statistical analysis was done using a statistical package for Windows (SPSS, version 13; SPSS, Chicago, Ill., USA). Kolmogorov-Smirnov's test was done to assess the normality of the distribution of all the quantitative variables. Respiratory parameters were compared using Student's t test for paired data or the Mann-Whitney test. $p \leq 0.05$ was considered significant.

Results

During the study period, 39 patients fulfilled the inclusion criteria. Four of these were excluded: 1 due to inability to maintain $S_aO_2 \geq 90\%$ despite NIPPV via the nasal route, 1 due to intolerance to NIPPV and 2 due to clinical indication for IMV. Finally, 35 FBs were performed in 35 patients, whose characteristics are shown in table 1. The indications for FB are shown in table 2.

Table 1. Basal characteristics of the patients included in the study

Age, years	63 ± 17
Males	26 (74)
Females	9 (26)
P _a O ₂ /F _i O ₂	168 ± 63
P _a O ₂	55 ± 18
P _a CO ₂	46 ± 15
pH	7.33 ± 0.09
Prior NIPPV	14 (40)
Underlying disease	
Neuromuscular disease	9 (26)
Extrapulmonary neoplasia	9 (26)
COPD	6 (17)
Ischemic cardiopathy	3 (9)
Cerebrovascular disease	2 (6)
Tuberculosis	2 (6)
Cystic fibrosis	1 (3)
HIV	1 (3)
Systemic lupus erythematosus	1 (3)
Rheumatoid arthritis	1 (3)

Values expressed as means ± SD or numbers (%). HIV = Human immunodeficiency virus.

Table 2. Indications for flexible bronchoscopy

Indication	Absolute value
Pulmonary infiltrates	18 (51%)
Atelectasis	7 (20%)
Retention of secretions	7 (20%)
Pulmonary mass	2 (6%)
Hemoptysis	1 (3%)

Table 3. Final diagnosis after FB

Diagnosis	Absolute value
Pneumonia	20 (57%)
Mucous plugs	5 (14%)
Bronchogenic carcinoma	3 (9%)
Alveolar hemorrhage	2 (6%)
Pneumonitis	2 (6%)
Metastatic carcinoma	2 (6%)
Other	1 (3%)

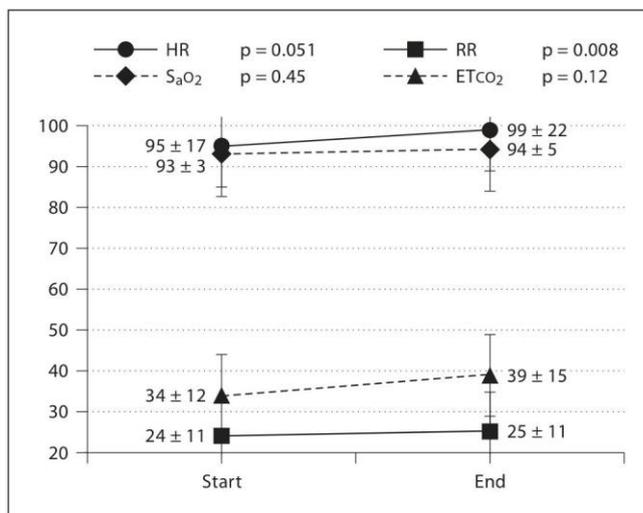


Fig. 2. Cardiorespiratory variables at the start and end of FBA. Means ± SD.

For NIPPV an IPAP of 16 ± 1.5 cm H₂O and an EPAP of 6 ± 1 cm H₂O was used, with nasal masks in 34 patients (97%) and nasal pillows in 1 (3%). Only 1 patient (3%) did not tolerate the procedure due to air leakage.

The cardiorespiratory variables at the start and end of FB are shown in figure 2. Notably, an increase in mean S_aO₂ may be seen although it did not reach statistical significance. The lowest S_aO₂ value reached during the procedure was 86 ± 3% and the maximal value for ETCO₂ was 41 ± 4 mm Hg. Supplementary oxygen was increased in 8 patients with a mean of 4 ± 2 l/min. In 3 patients the leak was 85, 110 and 130 ml/s, respectively, and <50 ml/s in 32 patients. No significant differences were observed in ABG obtained before and 2 h after FB.

In total, 35 (100%) bronchoaspirates, 21 (60%) protected-specimen brush samples, 11 (31%) BAL and 8 (23%) bronchial biopsies were done. The patients' final diagnoses after FB are shown in table 3.

The main indication was the diagnosis of pulmonary infiltrates and the procedure led to a change in antibiotic treatment in 80% of patients with pneumonia. Furthermore, specific diagnoses such as bronchogenic carcinoma or alveolar hemorrhage resulted in a different therapeutic approach in these patients. On the other hand, FB was therapeutic in 14% of cases, contributing to the resolution of ARF.

There were no complications attributable to the procedure. The clinical course was favorable in 23 patients (66%). A total of 12 patients (33%) died as a result of their

Table 4. Patients in whom orotracheal intubation and IMV was necessary after the procedure

Case No.	Underlying disease	Indication for FB	Final diagnosis	Days after FB	Cause of intubation and IMV
4	systemic lupus erythematosus	pulmonary infiltrate	alveolar hemorrhage	1	progressively decreasing ABG
12	COPD	pulmonary infiltrate	pneumonia	1	hemodynamic instability
19	COPD	atelectasis	pneumonia	6	deteriorating level of consciousness
35	extrapulmonary neoplasia	pulmonary infiltrate	pneumonitis	10	progressively decreasing ABG

underlying disease with a mean survival after the procedure of 3 ± 2 days. No death was attributed to FB in any patient. Hospital stay after the procedure was 9 ± 7 days. Orotracheal intubation and IMV was done in 4 patients (11%), on average 5 ± 4 days after the procedure (table 4).

Discussion

This study shows that FB with a mouth seal system and nasal NIPPV is a safe procedure in patients with ARF in whom FB would not otherwise be done due to the high risk associated with intubation and IMV.

There are only a limited number of studies on FB with NIPPV and they include a small number of patients. Overall, the results are favorable, demonstrating the safety of the different methods used.

Antonelli et al. [13] reported the first study using pressure support concomitant with CPAP in 8 immunodepressed patients with ARF in whom conventional FB was contraindicated. They applied NIPPV via a face mask connected to the ventilator and held in place by elastic straps, with a T-shaped adaptor in the mask in which to insert the bronchoscope nasally. They used CPAP at 4 cm H₂O and a support pressure of 17 cm H₂O, with F_iO₂ of 1. During FB, the P_aO₂/F_iO₂ ratio and oxygen saturation (S_aO₂) improved significantly, resulting in good tolerance, and there was no need for intubation in any of the patients after the procedure. In 10 patients with COPD in whom FB was contraindicated in spontaneous ventilation, Da Conceição et al. [14] assessed the safety of FB with BAL done using NIPPV with the same method. S_aO₂ did not fall below 90%, and neither P_aO₂ nor P_aCO₂ changed following the procedure. Intubation was also not needed in any patient. In a later paper, Antonelli et al. [15] performed a randomized prospective study comparing this method with oxygen therapy using a Venturi-type mask. They recruited a total of 26 patients with a P_aO₂/F_iO₂ ratio ≤ 200 and suspicion of nosocomial pneumonia that required FB with BAL. In the NIPPV group, the

P_aO₂/F_iO₂ ratio rose by 82% (261 vs. 139), while it fell by 10% in the oxygen therapy group (155 vs. 139). Furthermore, the P_aO₂/F_iO₂ ratio was higher 60 min after FB with NIPPV, and there was better hemodynamic stability.

NIPPV with a helmet-like interface has been shown to have similar efficacy to that of a face mask. In view of this, Antonelli et al. [16] designed another method in 4 patients with ARF and suspicion of pneumonia, who received NIPPV via a helmet and required FB with BAL. The fiberoptic bronchoscope was inserted using a specific sealed connector via the nasal route. The support pressure mode was used with good tolerance. There was no worsening of the gaseous interchange, and the only differences found were a mean increase in HR and arterial pressure of 5 and 7%, respectively. It was not necessary to intubate any patient.

The CPAP mode with Boussignac's system has also been used by Maitre et al. [17], who performed a double-blind study in patients with P_aO₂ <125 mm Hg despite a high flow mask. Using the face mask, oxygen was either given alone or combined with CPAP at 7.5 mm Hg, and 15 patients were included per group. In the group with CPAP, S_aO₂ was maintained, with a significant difference compared with the group receiving oxygen therapy alone (in which it decreased). In addition, there was less need for NIPPV and intubation, although this did not reach statistical significance.

In an earlier publication [19], our group was the first to describe another technique, which differs from the others in that FB was performed via the oral route and this constitutes the basis of our present study. Using a device consisting of a part that fits in the mouth, closed by means of an elastic membrane, FB was combined with NIPPV. Two cases were described in whom there was good tolerance, with no clinical or ABG complications or need for intubation. In the present work we used non-invasive monitoring of ETCO₂ during the procedure for close monitoring of NIPPV. The lack of a fall in S_aO₂ also demonstrates the safety of the procedure. Nevertheless, the patients presented borderline gaseous interchange

and mainly hypoxemic respiratory failure, with no significant hypercapnia, and the main objective of this study was to verify that oxygenation was not worsening during the procedure.

Making use of the oral route has various potential advantages: (a) FB may be done as a continuation of the ventilation process and does not require adaptors or interface changes; (b) the orotracheal route allows the fiberoptic bronchoscope to be extracted without damaging the nasal route; (c) it avoids the danger of aspiration of gastric content, as occurs in patients with a helmet or face mask; (d) it may be applied in the case of aspiration of a foreign body or mucous plugs or threatened hemoptysis, circumstances that often make it necessary to extract the bronchoscope, and (e) it is a method that is easily accessible for the different hospitalization units and does not require expensive, complex systems.

It has been shown that FB in patients with mechanical ventilation is cost effective. FB allows therapeutic maneuvers such as the aspiration of secretions to improve adap-

tation to the ventilator as well as microbiological sampling in order to choose the appropriate antibiotic. Furthermore, FB may be therapeutic, contributing to the resolution of ARF.

This study has a potential limitation, i.e. the lack of a control group. Due to ethical reasons, since we are dealing with patients with ARF in whom conventional FB with oxygen therapy was contraindicated due to the high risk of complications, it was not considered acceptable to carry out a randomized study in this sense.

In conclusion, NIPPV appears to be a safe, effective procedure for maintaining oxygenation in patients with ARF while FB is being performed. Given the possible problems that may arise with the interface, it may be said that the different methods of performing FB are not mutually exclusive but complementary, and thus may be used alternatively, just as the interfaces are alternated. Therefore, application of NIPPV should be considered in all patients with ARF in whom FB is indicated.

References

- ▶ 1 Antonelli M, Conti G, Bui M, et al: Noninvasive ventilation for the treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation: a randomized trial. *JAMA* 2000;283:235–241.
- ▶ 2 Hilbert G, Gruson D, Vargas F, et al: Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001;344:481–487.
- ▶ 3 Rocco M, Conti G, Antonelli M, et al: Noninvasive pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure after bilateral lung transplantation. *Intensive Care Med* 2001;27:1622–1626.
- ▶ 4 Conti G, Marino P, Cogliati A, et al: Noninvasive ventilation for the treatment of acute respiratory failure in patients with hematological malignancies: a pilot study. *Intensive Care Med* 1998;24:1283–1288.
- ▶ 5 Nava S, Hill N: Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 2009;374:250–259.
- ▶ 6 Krieger BP: Hyperinflation and intrinsic positive end-expiratory pressure: less room to breathe. *Respiration* 2009;77:344–350.
- ▶ 7 Jelic S, Cunningham JA, Factor P: Clinical review: airway hygiene in the intensive care unit. *Crit Care* 2008;12:209.
- ▶ 8 Chastre J, Fagon JY, Lamer C: Procedures for the diagnosis of pneumonia in ICU patients. *Intensive Care Med* 1992;18(suppl 1):10–17.
- ▶ 9 Azoulay E, Schlemmer B: Diagnostic strategy in cancer patients with acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2006;32:808–822.
- ▶ 10 Jin F, Mu D, Chu D, et al: Severe complications of bronchoscopy. *Respiration* 2008;76:429–433.
- ▶ 11 Levine SJ, Stover D: Bronchoscopy and related techniques; in Sheljamer J (ed): *Respiratory Disease in the Immunosuppressed Host*. Philadelphia, Lippincott, 1991, pp 73–93.
- ▶ 12 Herrejón A, Simó M, Pérez ME, et al: Comparación de la presión arterial y transcutánea de oxígeno durante la fibrobroncoscopia. *Arch Bronconeumol* 1989;25:80–83.
- ▶ 13 Antonelli M, Conti G, Riccioni L, et al: Noninvasive positive-pressure ventilation via face mask during bronchoscopy with BAL in high-risk hypoxemic patients. *Chest* 1996;110:724–728.
- ▶ 14 Da Conceição M, Genco G, Favier JC, et al: Fiberoptic bronchoscopy during noninvasive positive-pressure ventilation in patients with chronic obstructive lung disease with hypoxemia and hypercapnia. *Ann Fr Anesth Reanim* 2000;19:231–236.
- ▶ 15 Antonelli M, Conti G, Rocco M, et al: Noninvasive positive-pressure ventilation vs conventional oxygen supplementation in hypoxemic patients undergoing diagnostic bronchoscopy. *Chest* 2002;121:1149–1154.
- ▶ 16 Antonelli M, Pennisi MA, Conti G, et al: Fiberoptic bronchoscopy during noninvasive positive pressure ventilation delivered by helmet. *Intensive Care Med* 2003;29:126–129.
- ▶ 17 Maitre B, Jaber S, Maggiore SM, et al: Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxemic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 200;162:1063–1067.
- ▶ 18 Woodhead M, Blasi F, Ewig S, et al: Guidelines for the management of adult lower respiratory tract infections. *Eur Respir J* 2005;26:1138–1180.
- ▶ 19 Chiner E, Llobart M, Signes-Costa J, et al: Descripción de un nuevo procedimiento para la realización de fibrobroncoscopia durante ventilación no invasiva mediante mascarilla nasal en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda. *Arch Bronconeumol* 2005;41:698–701.

DISCUSIÓN

Nuestro estudio demuestra que la FBC practicada con un sistema de sellado bucal y VMNI administrada mediante interfase nasal es un procedimiento seguro en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, en los que no hubiera podido llevarse a cabo la fibrobroncoscopia, debido al alto riesgo y hubiera conducido, con toda probabilidad, a la intubación y a ser sometidos a ventilación mecánica invasiva

Como se ha comentado en la introducción, sólo hay un número limitado de estudios sobre FBC con VMNI que incluyen en total un número de pacientes muy pequeño.

En general, los resultados son favorables, demostrando la seguridad de los diferentes métodos utilizados. Antonelli et al. (70) informó el primer estudio utilizando presión de soporte mediante CPAP en 8 pacientes inmunodeprimidos con insuficiencia respiratoria aguda en los cuales la FB convencional estaba contraindicada. Aplicaron VMNI a través de una máscara facial mantenida en su lugar por elásticos y conectada al ventilador y con un adaptador en forma de T en la máscara a través del cual se insertaba el broncoscopio por vía nasal. Para ello utilizaron CPAP a 4 cm H₂O y una presión de soporte de 17 cm de H₂O con una FiO₂ de 1. Durante el procedimiento, la relación PaO₂ / FiO₂ y la saturación de oxígeno (SpO₂) mejoraron significativamente, dando como resultado una buena tolerancia, y no hubo necesidad de intubación en ningún paciente tras el procedimiento.

En 10 pacientes con EPOC en los cuales la FBC estaba contraindicada en ventilación espontánea, Da Conceição et al. (71) evaluaron la seguridad de la FBC con lavado broncoalveolar durante la VMNI con el mismo método. La SpO₂ no cayó por debajo del 90%, y ni la PaO₂ ni la PaO₂ se modificaron de forma significativa durante el procedimiento, tampoco fue necesario intubar a ningún paciente.

En un artículo posterior, Antonelli et al. (67) realizaron un estudio prospectivo aleatorizado que comparó este método con oxigenoterapia utilizando una mascarilla tipo Venturi. Se reclutó un total de 26 pacientes con una PaO₂/FiO₂ < 200 y sospecha de neumonía nosocomial que precisaron la práctica de FB con BAL. En el grupo de VMNI, la PaO₂/FiO₂ aumentó en 82% (261 vs. 139), mientras que disminuyó 10% en el

grupo con oxigenoterapia (155 frente a 139). Además, la relación PaO_2/FiO_2 fue mayor 60 min después de la FBC con VMNI, y hubo una mejor estabilidad hemodinámica.

La VMNI con una interfase tipo *Helmet* ha demostrado tener una eficacia similar a la realizada a través de una máscara facial. En este sentido, Antonelli et al. (75) diseñaron otro método en 4 pacientes con insuficiencia respiratoria aguda y sospecha de neumonía, que recibieron VMNI a través de *Helmet* y requerían FBC con BAL. El FBC se insertó utilizando la vía nasal. El apoyo ventilatorio fue en modo presión, con una buena tolerancia. No se produjo empeoramiento del intercambio gaseoso, y las únicas diferencias encontradas fue un aumento medio de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial de 5 y 7%, respectivamente. No fue necesario intubar a ningún paciente.

El sistema en modo CPAP tipo Boussignac también se ha empleado por Maitre et al. (66), que realizó un estudio doble ciego en pacientes con $PaO_2 < 125$ mm Hg a pesar de recibir oxigenoterapia mediante mascarilla de alto flujo. Usando una máscara facial, se administró oxigenoterapia sola o combinada con CPAP a 7,5 mm Hg, y se incluyeron 15 pacientes por grupo. En el grupo con CPAP, la SpO_2 se mantuvo estable, con una diferencia significativa en comparación con el grupo que recibió terapia de oxígeno solo, en el cual disminuyó. Además, en el grupo de VMNI hubo menor necesidad de intubación, aunque en este aspecto no alcanzó significación estadística.

En una publicación anterior de nuestro grupo, Chiner et al. (82), fue el primero en describir otra técnica, que difiere de la propuesta por otros autores. Consiste en practicar la FB por vía oral, y que constituye la base del presente estudio, mediante un dispositivo consistente en una pieza bucal tipo mordedor, sellada mediante una membrana elástica de látex, a través de la cual se introduce el FB, mientras la VMNI se administra con máscara nasal. En este primer trabajo se describieron dos casos en los que este sistema mostró una buena tolerancia, sin complicaciones clínicas o de intercambio gaseoso o necesidad de intubación.

En el presente trabajo se utilizó además, simultáneamente monitorización de $ETCO_2$ durante el procedimiento, que no se había reportado previamente. La ausencia de una caída en SpO_2 también demuestra la seguridad del método, a pesar de que los pacientes presentaron un intercambio gaseoso límite, principalmente insuficiencia respiratoria hipoxémica, sin hipercapnia, cumpliendo el principal objetivo de este estudio, que fue verificar que la oxigenación no empeora durante el procedimiento (77).

El uso de la vía oral tiene varias ventajas potenciales:

- la FB se puede llevar a cabo como una continuación del proceso de VMNI previa y no requiere adaptadores o cambios de interfase
- la ruta orotraqueal permite que pueda extraerse repetidamente el FB sin dañar la vía nasal
- evita el peligro de aspiración de contenido gástrico, como puede ocurrir en pacientes en los que se practica la FB mediante *Helmet* o máscara facial
- puede aplicarse en caso de aspiración de cuerpos extraños, tapones mucosos o hemoptisis amenazante, circunstancias que a menudo hacen necesario extraer el broncoscopio
- es un método fácilmente accesible para las diferentes unidades de hospitalización, que no requiere sistemas costosos o complejos.

Se ha demostrado que la FB practicada en pacientes con VMNI es rentable y segura. La FB permite maniobras terapéuticas tales como la aspiración de secreciones para mejorar la adaptación al ventilador, así como la toma de muestras microbiológicas, con el fin de administrar el antibiótico apropiado. Además, la FB puede ser terapéutica, contribuyendo a la resolución de la insuficiencia respiratoria aguda.

Nuestro estudio tiene una limitación potencial, que es la falta de un grupo control. Por razones éticas, ya que abordamos pacientes con insuficiencia respiratoria aguda en los que la FB convencional sólo con oxigenoterapia, pudiera haber estado contraindicada debido al alto riesgo de complicaciones, no se consideró aceptable desde este punto de vista realizar un estudio aleatorizado.

En conclusión, la FBC bajo VMNI parece ser un método seguro para mantener el intercambio gaseoso en pacientes con insuficiencia respiratoria y por tanto, la aplicación de VMNI debe considerarse en todos los pacientes con insuficiencia respiratoria en los que pueda estar indicada la FBC.



VI. CONCLUSIONES

1. La fibrobroncoscopia puede practicarse con facilidad por vía bucal durante la administración de ventilación mecánica no invasiva en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, lo que previene el deterioro del paciente, sin que el tratamiento pierda eficacia.
2. La fibrobroncoscopia puede realizarse como continuidad del proceso de la ventilación sin precisar de adaptadores, cambios de mascarilla, destrucción o inutilización de las mismas.
3. En el manejo de las secreciones, la vía orotraqueal es rápida, permite la extracción del fibrobroncoscopio sin dañar la vía nasal, que en estos pacientes presenta con frecuencia deterioro por manipulación previa, sondaje nasal, traumatismo orofacial o úlceras de decúbito.
4. La fibrobroncoscopia con ventilación mecánica no invasiva a través de la vía bucal obvia el peligro de la aspiración de contenido gástrico, como sucede en pacientes con *Helmet* o mascarilla facial.
5. Puede aplicarse en caso de aspiración de cuerpo extraño, aspiración de tapones mucosos o ante la presencia de hemoptisis amenazante, circunstancias que requieren la extracción frecuente del fibrobroncoscopio. Al mismo tiempo, permite la rápida intubación si existe deterioro del paciente.
6. Es un método fácilmente reproducible y extensible a las distintas unidades de hospitalización (urgencias, sala de neumología, unidades de cuidados intensivos), sin precisar sistemas complejos o costosos.
7. Los distintos métodos de realización de la fibrobroncoscopia no son excluyentes entre sí, sino complementarios, de modo que pueden alternarse, al igual que se alternan las interfaces



VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Brochard L. Mechanical ventilation: invasive versus noninvasive. *Eur Respir J Suppl* 2003; 47: 31s-7s.
2. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 540-77.
3. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Alia I, Brochard L, Stewart TE. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 2002; 287 (3): 345-55.
4. American Thoracic Society. International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: Noninvasive Positive Pressure Ventilation in Acute Respiratory Failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 283-91.
5. Lightowler JV, Wedzicha JA, Elliott MW, Ram FSF. Noninvasive positive pressure ventilation to treat respiratory failure resulting from exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *Br Med J* 2003; 326: 185-7.
6. Fernández Guerra J, López-Campos Bodineau JL, Perea-Milla López E, Pons Pellicer J, Rivera Irigoín R, Moreno Arrastio LF. Metaanálisis de la eficacia de la ventilación no invasiva en la exacerbación aguda de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Med Clin (Barc)* 2003; 120 (8): 281-6.
7. Keenan SP, Powers CE, McCormack DG. Noninvasive positive- pressure ventilation in patients with milder chronic obstructive pulmonary disease exacerbations: a randomized controlled trial. *Respir Care* 2005; 50: 610-6.
8. Ram FS, Wellington S, Rowe B, Wedzicha JA. Noninvasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to severe acute exacerbations of asthma. *Cochrane Database Sys Rev* 2005; 1: CD004360.
9. Liesching T, Kwok H, Hill NS. Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2003; 124: 699-713.

10. Winck JC, Azevedo LF, Costa-Pereira A, Antonelli M, Wyatt JC. Efficacy and safety of noninvasive ventilation in the treatment of acute cardiogenic pulmonary edema: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2006; 10: R69.
11. Gray A, Goodacre S, Newby DE, Masson M, Sampson F, Nicholl J. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *N Engl J Med* 2008; 359: 142-51.
12. Nava S, Carboné G, DiBattista N, Bellone A, Baiardi P et al. Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema. A multicenter randomized trial. *Am J Resp Crit Care Med* 2003; 168: 1432-7.
13. Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, Hill NS. Does noninvasive positive pressure ventilation improve outcome in acute hypoxemic respiratory failure? A systematic review. *Crit Care Med* 2004; 32: 2516-23.
14. Ambrosino N, Vaghegghini G. Noninvasive positive pressure ventilation in the acute care setting: where are we? *Eur Respir J* 2008; 31: 874-86.
15. Curtis JR, Cook DJ, Sinuff T et al. Noninvasive positive pressure ventilation in critical and palliative care settings: understanding the goals of therapy. *Crit Care Med* 2007; 35: 932-9.
16. Nava S, Ceriana P. Causes of failure of noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care* 2004; 49: 295- 303.
17. González Díaz G, Carrillo Alcaraz A, Pardo Talavera JC, Jara Pérez P, Esquinas Rodríguez A, García Córdoba F et al. Noninvasive positive-pressure ventilation to treat hypercapnic coma secondary to respiratory failure. *Chest* 2005; 127: 952-60.
18. Ambrosino N, Rossi A. Proportional assist ventilation (PAV): a significant advance or a futile struggle between logic and practice? *Thorax* 2002; 57: 272-6.
19. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002; 57: 192-211.
20. Hess DR. How to initiate a noninvasive ventilation program: bringing the evidence to the bedside. *Respir Care* 2009; 54: 232-43.

21. Herrera M, Martín B. Aplicación de la ventilación mecánica no invasiva. Interacción cuidador-paciente. En: M. Herrera, coord. Iniciación a la ventilación mecánica no invasiva. IAVANTE. Consejería de Salud, 2008.
22. Plant PK, Owen JL, Elliot MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory ward: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2000; 355: 1931-5.
23. Del Castillo D, Barrot M, Laserna E, Otero R, Cayuela A, Castillo J. Ventilación no invasiva por soporte de presión en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica en insuficiencia respiratoria aguda hipercápnica ingresados en una unidad de hospitalización convencional de neumología. *Med Clin (Barc)* 2003; 120: 647-51.
24. Elliot MW, Confalonieri M, Nava S. Where to perform noninvasive ventilation? *Eur Respir J* 2002; 19: 1159-66.
25. Calle M, Rodríguez JL, Álvarez-Sala JL. Unidades de cuidados respiratorios intermedios. *Rev Patol Respir* 2003; 6 (3): 113-8.
26. Chiner E, Sancho-Chust JN, Landete P, Senent C, Gómez-Merino E. Técnicas complementarias a la ventilación domiciliaria. Año SEPAR 2014. *Arch Bronconeumol*. 2014; 50: 546-53
27. Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation- a consensus conference report. *Chest* 1999; 116: 521-34.
28. Xaubet A, Agustí C. La broncoscopia en el nuevo milenio. *Arch. Bronconeumol*. 2002; 39:247-8.
29. Baratoux JF. *Technique de la bronchoscopie exploratrice*. Paris: J. Peyronnet et Cie Ed; 1945.
30. Sauret Valet J. *Cien años de Neumología*. Madrid: Ed. Aula Médica S.A.; 1998, p.15- 57.
31. Jackson C. Bronchoscopy: Past, present and future. *N Engl J Med* 1928; 199:758.
32. Sperati G. History Corner. Pioneers of laryngology: Manuel García (1805-1906). *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 1995; 15:465-6.

33. Zadbilek E, Regal W. The Macintosh laryngoscope: sixtieth anniversary of the first published description. *Internet Journal of Airway Management*. 2003;20:312-6 .
34. Suárez López de Vergara RG. Orígenes de la Fibrobroncoscopia. ¿Cómo se desarrolló en nuestro medio? *BSCP Can Ped*. 2004;28(1):19-22.
35. Feinsilver SH, Feim AM. *Textbook of bronchoscopy*. Baltimore: Williams and Wilkin; 1995.
36. Ikeda S. *Atlas of flexible bronchofiberscopy*. Stuttgart: Georg Thieme Publishers; 1974.
37. Oki M, Saka H, Kumazawa A, Sako Ch, Ikeda S, Sakakibara Y. Extraction of peripheral endobronchial foreign body using an ultrafin flexible bronchoscope. *J Bronchol*. 2004; 11: 37-9.
38. Dumon JF, Díaz Jiménez JP. *Endoscopia Respiratoria y láser*. Barcelona: Tecnograph S.A.; 1991.
39. Francisco P, Navarro R, Flores Colín I. La fibrobroncoscopia en Neumología y Cirugía de Tórax. 2006; 65(S2):S15-S25.
40. Haro Estarriola M, Rubio Godaya M, Casamitja Sota MT. Avances en broncoscopia. 2002; 39: 274-286.
41. Nava S, Navalesi P, Conti G. Time of non-invasive ventilation. *Intensive Care Med*. 2006; 32:361-70.
42. Esquinas Rodríguez AM, Ayuso Baptista F, Minaya García JA, Artacho Ruiz R, Salguero Piedras M, Suero Méndez C, et al. Ventilación mecánica en urgencias, emergencias y transporte sanitario. Metodología. En: Esquinas Rodríguez A, editor. *Tratado de ventilación mecánica no invasiva*. Madrid: Grupo Aula Médica; 2006. p. 509-17.
43. Weiss YG, Deutschman CS. The role of fiberoptic bronchoscopy in airway management of the critically ill patient. *Crit Care Clin*. 2000; 16: 445-51.
44. Villegas Fernández FR, Callol Sánchez LM, Carrillo Aranda B. Broncoscopia. En: Carlos V, editor. *Enfermedades respiratorias*. 2a ed. Madrid: Grupo Aula Médica; 2009. p. 75-86.
45. Ikeda S, Yanai N, Ishikawa S. Flexible bronchoscope. *Keio J Med*. 1968; 17:1.

46. Wain JC. Rigid bronchoscopy: the value of a venerable procedure. *Chest Surg Clin N Am.* 2001; 11: 691–9.
47. Yasufuku K, Nakajima T, Chiyo M, Sekine Y, Shibuya K, Fujisawa T. Endobronchial ultrasonography: current status and future directions. *J Thorac Oncol.* 2007; 2: 970–9.
48. Colt HG, Davoudi M, Murgu S. Scientific evidence and principles for the use of endobronchial ultrasound and transbronchial needle aspiration. *Expert Rev Med Devices.* 2011; 8: 493–513.
49. Ambrosino N, Guarracino F. Unusual applications of non-invasive ventilation. *Eur Respir J.* 2011; 38: 440–9.
50. Dellinger RP, Bandi V. Fiberoptic bronchoscopy in the intensive care unit. *Crit Care Clin.* 1992; 8: 755–72.
51. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax.* 2002; 57:192–211.
52. Disdier C. Broncoscopia con soporte ventilatorio mecánico no invasivo. En: Esquinas Rodríguez AM, editor. *Tratado de ventilación mecánica no invasiva. Práctica clínica y metodológica.* Madrid: Grupo Aula Médica; 2006. p.429–31.
53. Confalonieri M, Potena A, Carbone G, Porta RD, Tolley EA, Umberto Meduri G. Acute respiratory failure in patients with severe community-acquired pneumonia. A prospective randomized evaluation of non-invasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999; 160:1585–91.
54. Herrejón A, Simó M, Pérez ME, Chiner E, Marín J. Comparación de la presión arterial y transcutánea de oxígeno durante la fibrobroncoscopia. *Arch Bronconeumol.* 1989; 25:80–3.
55. Golpe R, Mateos A. Supplemental oxygen during flexible bronchoscopy. *Chest.* 2002; 121: 663–4.
56. Reed A. Preparation of the patient for awake flexible fiberoptic bronchoscopy. *Chest.* 1992; 101: 813–6.

57. Bose AA, Colt HG. Lidocaine in bronchoscopy. Practical use and allergic reactions. *J Bronchol.* 2008; 15:163–6.
58. Credle Jr. WF, Smiddy JF, Shea DW, Elliott RC. Fiberoptic bronchoscopy in acute respiratory failure in the adult. *N Engl J Med.* 1973; 288: 49–50.
59. Ambrosino N, Vaghegghini G. Noninvasive positive pressure ventilation in the acute care setting: where are we? *Eur Respir J.* 2008; 31: 874–86.
60. Goldstein RA, Rohatgi PK, Bergofsky EH, Block ER, Daniele RP, Dantzker DR, et al., American Thoracic Society. Clinical role of bronchoalveolar lavage in adults with pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis.* 1990; 142: 481–6.
61. Scala R, Nava S, Conti G, Antonelli M, Naldi M, Archinucci I, et al. Non-invasive versus conventional ventilation to treat hypercapnic encephalopathy in COPD. *Intensive Care Med.* 2007; 33: 2101–8.
62. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet.* 2009; 374: 250–9.
63. Wiseman NE, Duncan PG, Cameron CB. Management of tracheo-bronchomalacia with continuous positive airway pressure. *J Pediatr Surg.* 1985; 20: 489–93.
64. Rozycki HJ, Van Houten ML, Elliott GR. Quantitative assessment of intrathoracic airway collapse in infants and children with trachea-bronchomalacia. *Pediatr Pulmonol.* 1996; 21: 241–5.
65. International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 163: 283–91.
66. Maitre B, Jaber S, Maggiore SM, Bergot E, Richard JC, Bakthiari H, et al. Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxemic patients. A randomized double-blind study using a new device. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000; 162: 1063–7.
67. Antonelli M, Conti G, Rocco M, Arcangeli A, Cavaliere F, Proietti R, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation vs conventional oxygen supplementation in

- hypoxemic patients undergoing diagnostic bronchoscopy. *Chest*. 2002; 121: 1149–54.
68. Scala R, Naldi M, Maccari U. Early fiberoptic bronchoscopy during non invasive ventilation in patients with decompensated chronic obstructive pulmonary disease due to community acquired pneumonia. *Critical Care*. 2010; 14: R80.
69. Jain P. Bronchoscopy for bone marrow transplant patients. *J Bronchol*. 2006; 13:49–51.
70. Antonelli M, Conti G, Riccioni L, Meduri GU. Noninvasive positive-pressure ventilation via face mask during bronchoscopy with BAL in high risk hypoxemic patients. *Chest*. 1996; 110: 724–8.
71. Da Conceição M, Genco G, Favier JC, Bidallier I, Pitti R. Fiberoptic bronchoscopy during noninvasive positive-pressure ventilation in patients with chronic obstructive lung disease with hypoxemia and hypercapnia. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2000; 19: 231–6.
72. Boussignac G, Esquinas Rodríguez AM, González Díaz G. Utilización actual de la CPAP Boussignac®-Vygon en la ventilación mecánica no invasiva. En: Esquinas Rodríguez AM, editor. *Tratado de Ventilación Mecánica No Invasiva*. Madrid: Aula Médica; 2006. p. 187–9.
73. Murgu SD, Pecson J, Colt HG. Bronchoscopy during non-invasive ventilation: indications and technique. *Respir Care*. 2010; 55: 595–600.
74. Da Conceição M, Genco G, Wlodarczyc S, Favier JC, Pitti R. Ventilation manuelle avec un masque facial modifié pendant l'intubation sous fibroscopie. *Ann Fr Anesth Reanim*. 1999; 18: 607–8.
75. Antonelli M, Pennisi MA, Conti G, Bello G, Maggiore SM, Michetti V, et al. Fiberoptic bronchoscopy during noninvasive positive pressure ventilation delivered by helmet. *Intensive Care Med*. 2003; 29: 126–9.
76. Heunks LM, de Bruin CJ, van der Hoeven JG, van der Heijden HF. Noninvasive mechanical ventilation for diagnostic bronchoscopy using a new face mask: an observational feasibility study. *Intensive Care Med*. 2010; 36:143–7.

77. Chiner E, Sancho-Chust JN, Llombart M, Senent C, Camarasa A, Signes-Costa J. Fiberoptic bronchoscopy during nasal non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Respiration*. 2010; 80: 321–6.
78. Clouzeau B, Bui HN, Guilhon E, Grenouillet-Delacre M, Leger MS, Saghi T, et al. Fiberoptic bronchoscopy under noninvasive ventilation and propofol target-controlled infusion in hypoxemic patients. *Intensive Care Med*. 2011; 37: 1969–75.
79. Guarracino F, Cabrini L, Baldassarri R, Cariello C, Covello RD, Landoni G. Non-invasive ventilation-aided transoesophageal echocardiography in highrisk patients: a pilot study. *Eur J Echocardiogr*. 2010; 11:554–6.
80. Guarracino F, Cabrini L, Baldassarri R, Petronio S, De Carlo M, Covello RD, et al. Noninvasive ventilation for awake percutaneous aortic valve implantation in high-risk respiratory patients: a case series. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2011; 25: 109–12.
81. Adliff M, Ngato D, Keshavjee S, Brenaman S, Granton JT. Treatment of diffuse tracheomalacia secondary to relapsing polychondritis with continuous positive airway pressure. *Chest*. 1997; 112: 1701–4.
82. Chiner E, Llombart M, Signes-Costa J, Andreu AL, Gómez-Merino E, Pastor E, et al. Description of a new procedure for fiberoptic bronchoscopy during non-invasive ventilation through a nasal mask in patients with acute respiratory failure. *Arch Bronconeumol*. 2005; 41: 698–701.
83. Wahidi MM, Rocha AT, Hollingsworth JW, Govert JA, Feller-Kopman D, Ernst Contraindications and safety of transbronchial lung biopsy via flexible bronchoscopy a survey of pulmonologists and review of the literature. *Respiration*. 2005; 72: 285–95.
84. Bulpa PA, Dive AM, Mertens L, Delos MA, Jamart J, Evrard PA, et al. Combined bronchoalveolar lavage and transbronchial lung biopsy: Safety and yield in ventilated patients. *Eur Respir J*. 2003; 21: 489–94.
85. O'Brien JD, Ettinger NA, Shevlin D, Kollef MH. Safety and yield of transbronchial biopsy in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med*. 1997; 25: 440–6.

86. Mehta S, Hill N. State of the art: noninvasive ventilation. *Am J Resp Crit Care Med.* 2001; 163: 540–77.
87. Expósito Alburquerque M, Garrido Cabañas ML, Garrido Romero JJ, González Vergara D, Porras Pérez EM, Casolivé Carbonell V. Procedimientos en VMNI de pacientes agudos o crónicos agudizados. En: Barrot Cortés E, Sánchez G, editores. *Ventilación Mecánica No Invasiva. Manual SEPAR de procedimientos.* Barcelona: Respira; 2008. p. 25–44.
88. Scala R, Naldi M. Bronchoscopy in respiratory intensive care. *Clin Ter.* 2009; 160: 395–401.
89. Aspa Marco J, Prieto Vicente J. La fibrobroncoscopia en la urgencia respiratoria y en pacientes críticos. En: Díaz Agüero Álvarez P, Flandes Aldeyturriaga J, editores. *Broncoscopia diagnóstica y terapéutica. Monografías Neumomadrid.* Madrid: Ergón; 2007. p. 85–97.
90. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Arabi Y, Apezteguía C, González M, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl Med.* 2004; 350: 2452–60.
91. Favier JC, Conceição M, Genco G, Bidallier I, Fassassi M, Steiner T, et al. Fiberoptic intubation in adult patients with predictive signs of difficult intubation using sevoflurane and an endoscopic mask. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2003; 22: 96–102.
92. Da Conceição M, Patrigeon JC, Favier JC. Intubación con fibroscopio y ventilación no invasiva. En: Esquinas Rodríguez AM, editor. *Tratado de Ventilación Mecánica No Invasiva.* Madrid: Aula Médica; 2006. p. 432–6.
93. Da Conceição M, Favier JC, Bidallier I, Armanet L, Steiner T, Genco G, et al. Fiberoptic intubation with non-invasive ventilation with an endoscopic facial mask. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2002; 21: 256–62.
94. Asai T, Shingu K. Difficulty in advancing a tracheal tube over a fiberoptic bronchoscope: incidence, causes and solutions. *Br J Anesthesia.* 2004; 92: 870–81.
95. Favier JC, Conceição M, Genco G, Bidallier I, Fassassi M, Steiner T, et al. Fiberoptic intubation in adult patients with predictive signs of difficult intubation:

- inhalational induction using sevoflurane and an endoscopic facial mask. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2003; 22:96–102.
96. Schnapf BM. Oxygen desaturation during fiberoptic bronchoscopy in pediatric patients. *Chest.* 1991; 99: 591–4.
97. Kuna ST, Bedi DG, Ryckman C. Effect of nasal airway positive pressure on upper airway size and configuration. *Am Rev Respir Dis.* 1988; 138: 969–75.
98. Trachsel D, Erb TO, Frei FJ, Hammer J, Swiss Paediatric Respiratory Research Group. Use of continuous positive airway pressure during flexible bronchoscopy in young children. *Eur Respir J.* 2005; 26: 773–7.
99. Panitch HB, Allen JL, Alpert BE, Schidlow DV. Effects of CPAP on lung mechanics in infants with acquired tracheobronchomalacia. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994; 150: 1341–6.
100. Mokhlesi B, Tulaimat A. Recent advances in obesity hypoventilation syndrome. *Chest.* 2007; 132:1322–36.
101. Borowiecki B, Pollak CP, Weitzman ED, Rakoff S, Imperato J. Fibro-optic study of pharyngeal airway during sleep in patients with hypersomnia obstructive sleep-apnea syndrome. *Laryngoscope.* 1978; 88:1310–3.
102. Rothfleisch R, Davis L L, Kuebel DA, de Boisblanc BP. Facilitation of fiberoptic nasotracheal intubation in a morbidly obese patient by simultaneous use of nasal CPAP. *Chest.* 1994; 106: 287–8.
103. Zuñil M, Villegas F, Jareño J, Martos-Peregrín J, Llobregat N, Gómez Terreros FJ, et al. Cryotherapy in the diagnosis of endobronchial mucormycosis. *J Bronchol.* 2001; 8:107–9.
104. Cavaliere S, Venuta F, Foccoli P, Toninelli C, La Face B. Endoscopic treatment of malignant airway obstructions in 2008 patients. *Chest.* 1996; 11:1536–42.
105. Vitacca M. Ventilación mecánica no invasiva a presión negativa durante la broncoscopia rígida. En: Esquinas Rodríguez AM, editor. *Tratado de Ventilación Mecánica No Invasiva.* Madrid: Aula Médica; 2006. p. 426–8.

106. Natalini G, Cavaliere S, Seramondi V, Foccoli P, Vitacca M, Ambrosino N, et al. Negative pressure ventilation vs external high frequency oscillation during rigid bronchoscopy. A controlled randomized trial. *Chest*. 2000; 118:18–23.
107. Pérez J. Ecobroncoscopia lineal: instrumental y técnica. En: Rosell A, editor. *Ecobroncoscopia*. Barcelona: ICG Marge; 2009. p. 27–30.
108. Robert D, Argaud L. Clinical review: long term noninvasive ventilation. *Crit Care*. 2007; 11: 210.
109. Jaber S, Chanques C. Another step for noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients. *Critical Care*. 2010; 14: 163–4.
110. Esquinas A, Zuñiga M, Scala R, Chiner E. Broncoscopia durante la ventilación mecánica no invasiva: revisión de técnicas y procedimientos. *Arch Bronconeumol*. 2013; 49:105-112.

