

Ventilación mecánica no invasiva

J. Escarrabill, C. Monasterio y R. Estopà

Servicio de Pneumología. Ciudad Sanitaria y Universitaria de Bellvitge.
Hospital Prínceps d'Espanya. L'Hospitalet. Barcelona.

Introducción

La ventilación mecánica a domicilio (VMD) ha tenido un papel clave en el desarrollo del tratamiento ambulatorio de la insuficiencia respiratoria crónica (IRC) secundaria a alteraciones de la bomba ventilatoria. La epidemia de poliomielitis de los años cincuenta supuso enfrentarse por primera vez con el problema de los pacientes que necesitaban ayuda ventilatoria durante unas horas al día. El pulmón de acero permitió el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda en los enfermos poliomielíticos, pero la alternativa a una estancia crónica en el hospital era organizar la asistencia a domicilio¹.

El pulmón de acero se utilizó en algunos casos, pero la ventilación con presión positiva (IPPV) a través de traqueostomía ha sido el método más empleado hasta mediados de la década de los ochenta. Desde 1965 hasta 1988 se habían publicado 990 casos de pacientes ventilados a domicilio. El 14 % de estos pacientes utilizaban aparatos de presión negativa (pulmón de acero o poncho), el 70 % usaban ventiladores volumétricos a través de traqueostomía, y el resto (16 %) accedían a la vía aérea a través de piezas bucales o nasales. La mitad de los pacientes tenían una enfermedad neuromuscular, el 30 % alteraciones de la caja torácica y el resto eran pacientes con bronquiectasias o limitación crónica al flujo aéreo, la mayoría ventilados en casa antes del desarrollo de la oxigenoterapia domiciliaria².

La IPPV a través de traqueostomía ofrece una supervivencia muy buena para los pacientes con IRC secundaria a poliomielitis³, o alteraciones primarias de la caja torácica (cifoescoliosis o ablación costal por toracoplastia, empleadas en el tratamiento de la tu-

berculosis). Los resultados no son tan buenos para los pacientes con enfermedades neuromusculares (tabla I). Los beneficios de la IPPV dependen, en gran parte, de la velocidad con que evoluciona la enfermedad neuromuscular de base. Así, son muy pobres en la esclerosis lateral amiotrófica (ELA) y mucho mejores en miopatías de evolución lenta (p. ej., miopatías mitocondriales del adulto). La enfermedad de Duchenne se situaría en un lugar intermedio.

En la mayoría de los casos, la traqueostomía se realizaba en el curso de una descompensación aguda, pero este acceso invasivo a la vía aérea era difícilmente aceptable por el paciente cuando se le proponía en situación clínica estable. Por este motivo, el número de pacientes que utilizaban la ventilación mecánica a domicilio era muy escaso. A principios de los años ochenta se produce un cambio notable al reconocer la posibilidad de utilizar la nariz como acceso no invasivo a la vía aérea para realizar la IPPV⁴.

Concepto

La ventilación intermitente con presión positiva (fig. 1) a través de una máscara nasal (nIPPV) es una técnica ventilatoria en la que se aceptan las fugas, siempre y cuando no impidan la corrección de la alteración del intercambio gaseoso⁵.

TABLA I
Supervivencia de los pacientes con ventilación mecánica a domicilio a través de traqueostomía

Etiología de la IRC	Número pacientes	Porcentaje vivos a los 5 años
Poliomielitis	41	95
Cifoescoliosis	53	77
Secuelas tuberculosis	55	70
Miopatías	13	62
LCFA	50	18
Bronquiectasias	10	16

Experiencia de Lyon en 1983 (n = 222). Robert et al. Rev Fr Mal Resp 1983; 11:923-936.

Correspondencia: Dr. J. Escarrabill.
Servicio de Pneumología.
Ciudad Sanitaria y Universitaria de Bellvitge.
Hospital Prínceps d'Espanya.
Feixa Llarga, s/n.
08907 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona.

(Arch Bronconeumol 1994; 30:109-113)

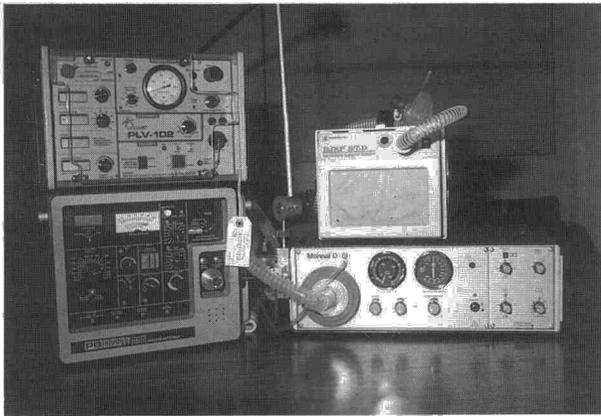
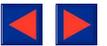


Fig. 1. Modelos de aparatos utilizados en nuestro medio. *Superior izquierda:* PL100 (Life Care). *Inferior izquierda:* Companion 2801 (Puritan Bennett). *Superior derecha:* BiPAP (Respironics). *Inferior derecha:* Monnal D (Vital Aire).



Fig. 2. Máscara nasal de silicona hecha a medida.

Acceso a la vía aérea

La máscara nasal "ideal" para conseguir una ventilación eficaz debe ser un compartimiento estanco, con baja resistencia al flujo aéreo, un espacio muerto mínimo, de peso ligero y fácil de construir (y usar), pero sobre todo debe ser cómoda y no producir lesiones locales, dado que el paciente deberá usarla durante muchas horas al día⁶.

En los primeros casos el acceso a la vía aérea se hacía mediante las máscaras industriales utilizadas para la administración de CPAP. Pero este tipo de máscaras tiene un espacio muerto considerable y son incómodas. Las máscaras nasales, hechas a medida, se adaptan mejor a la cara del paciente, con menos fugas y mayor comodidad. En la mayor parte de los casos se utiliza silicona que se moldea en la cara del paciente y, posteriormente, se endurece, sin que la consistencia sea tal que lesione la piel. Poco a poco se describen nuevos materiales para realizar la máscara, pero en todos los casos el objetivo es el mismo: moldearla a medida.

Existen diversos diseños de máscaras nasales totalmente moldeadas a medida⁷ o con alguna parte de la máscara que se moldea sobre piezas prefabricadas⁶, y en algunos casos también incluyen la cavidad oral⁸ o bien la máscara nasal se prolonga para mantener un apoyo en la frente. Pero hasta ahora el modelo más estable y mejor adaptado es el diseñado por el Hôpital de la Croix Rousse de Lyon⁶, en el que todos los componentes se fabrican a medida⁹. En la actualidad diversos grupos están estudiando diferentes modelos de máscaras confeccionadas a medida, por lo que es de esperar notables cambios en este campo.

Confección de la máscara nasal

Para fabricar el modelo de máscara del Hôpital de la Croix Rousse de Lyon se toman tres cucharadas de silicona y se mezclan con la dosis de endurecedor que

recomienda el fabricante. Cuando obtenemos una pasta homogénea (sin veteado de endurecedor) se moldea en la nariz del paciente.

El paciente debe estar en decúbito, y debe conocer que el procedimiento no es doloroso y que dura un máximo de 15 minutos. Durante este tiempo respirará por la boca (y si es necesario se le administrará oxígeno oral).

La masa de silicona se moldea para que adopte la forma de una esfera y se coloca en la punta de la nariz. Suavemente se desplaza una parte de la pasta hacia el labio superior, tapando perfectamente los orificios nasales. El resto de la pasta se extiende por los laterales del tabique nasal. El moldeado no debe hacer llegar la pasta hasta los pómulos (al secarse puede haber fugas entre el pómulo y el tabique nasal) y tampoco más allá del marco óseo del arco orbitario (puede comprimir el globo ocular).

Al confeccionar la máscara, debemos tener la precaución de no ejercer presión sobre los laterales del tabique nasal dado que podríamos ocluir las fosas nasales. Para evitarlo podemos introducir dos pequeñas bolas de algodón en ambas fosas nasales, antes de iniciar el moldeado.

En algunos casos hemos prolongado el moldeado de la máscara hasta la región frontal, entre los ojos, mediante un cordón de 1 cm de ancho que sigue el tabique nasal hacia arriba. De esta manera podemos hacer una fijación frontal que puede ser más confortable. Cuando la masa adopta una consistencia firme (no se deforma al presionarla levemente) podemos retirarla de la nariz y esperar a que se endurezca totalmente.

Con un taladro realizaremos los agujeros correspondientes a cada fosa nasal y adaptaremos provisionalmente los tubos de caucho anillados. Comprobaremos la permeabilidad del sistema colocando la máscara y los tubos en la cara del paciente y pidiendo que respire por las fosas nasales mientras ocluimos alternativamente cada tubo.



Seguidamente confeccionamos una concha rígida para poder fijar la máscara. Se coloca la máscara en una superficie plana y con un secador se calienta un plástico termosensible. Cuando se ha reblandecido se adapta perfectamente sobre la máscara de silicona y se deja enfriar. Realizamos unos agujeros laterales que permitan la fijación de las bandas elásticas y tenemos la máscara lista para su uso (fig. 2).

Regulación de los parámetros ventilatorios

La regulación de los parámetros ventilatorios debe hacerse de una manera empírica¹⁰. Dado que se trata de una ventilación "con fugas", se selecciona un volumen corriente (V_t) de 10-15 ml/kg, con una frecuencia respiratoria máxima a la del paciente (no superior a 20-25 respiraciones por minuto) y una relación inspiración/expiración de 1/1 a 1/2. Con el paciente despierto comprobaremos la importancia de las fugas, considerando tolerables pérdidas de hasta un 10 % del V_t seleccionado. La mayoría de pacientes se adaptan inmediatamente a la ventilación, pero en algunos casos debemos corregir los parámetros ventilatorios por ensayo y error, hasta conseguir que el paciente se adapte bien al ventilador. La colaboración del paciente es imprescindible para conseguir una buena ventilación en la nIPPV, por lo que debemos concederle un período de adaptación, y no pretender conseguir la regularización definitiva en los parámetros iniciales el primer día.

Comprobación de los resultados

La eficacia de la IPPV se valora mediante una gasometría arterial, cuando el paciente se ventila despierto. El objetivo es conseguir de una manera confortable una $PaO_2 < 60$ mmHg y una $PaCO_2 < 50$ mmHg durante la ventilación.

Cuando se ha conseguido este resultado debemos comprobar que no hay fugas nocturnas que comprometan la ventilación. Durante la noche se produce una relajación fisiológica de la musculatura facial, con caída del maxilar inferior, que favorece la fuga oral.

No hay un método estandarizado para controlar la ventilación nocturna¹¹, pero parece imprescindible controlar la oxigenación, mediante la SaO_2 , y el registro de algún parámetro que nos oriente sobre la ventilación (como por ejemplo el volumen corriente espiratorio, la $PaCO_2$ transcutánea o la capnografía). Las caídas de la SaO_2 relacionadas con una disminución de la ventilación (descenso paralelo del V_t espiratorio, o incremento de la $PaCO_2$ transcutánea o del CO_2 en aire espirado) requieren una revisión de los parámetros ventilatorios o la recomendación de métodos físicos para evitar las fugas orales (como por ejemplo la banda submentoniana para evitar la caída del maxilar inferior durante el sueño). Pero los descensos de la SaO_2 , manteniendo el V_t , indican la necesidad de administrar oxígeno durante la ventilación.

Complicaciones de la nIPPV

No se han descrito complicaciones graves de la nIPPV pero la presencia de fugas orales incontrolables puede ser una causa que impida la ventilación no invasiva. Las lesiones en el tabique nasal y la aerofagia son los problemas que se detectan con más frecuencia.

Las lesiones locales en la entrada de las fosas nasales y en la pared del tabique son frecuentes al iniciar la nIPPV, especialmente si el paciente utiliza la ventilación más de 12 horas al día. El 41 % de nuestros pacientes han presentado erosiones en el tabique nasal o en la entrada de las fosas nasales. Para evitar las lesiones locales es preciso pulir diariamente la mascarilla en las zonas de más presión. También es útil confeccionar dos máscaras, que tendrán puntos de apoyo ligeramente distintos, para que el paciente pueda alternarlas. En los casos con lesiones en el tabique y que precisan imperativamente la ventilación, hemos colocado sobre la lesión un pequeño apósito de Variside® de 1 x 1 cm, aproximadamente¹². Con el apósito convenientemente colocado hemos confeccionado una nueva máscara que incluye dicho apósito y que el paciente usará hasta la curación de la lesión. No deben colocarse gases, o apósitos protectores, entre la piel y la mascarilla dado que no permiten que la máscara encaje correctamente y son origen de fugas.

El 29 % de los pacientes se quejan de sequedad de nariz y/o boca. En la fase inicial, el 23 % de nuestros pacientes se han quejado de aerofagia, pero suele desaparecer a lo largo de la primera semana. En ningún caso nos hemos visto obligados a suprimir la ventilación a causa de la aerofagia, y puede controlarse fácilmente evitando la nIPPV inmediatamente después de las comidas y recomendando adoptar el decúbito lateral izquierdo al iniciar la ventilación.

Indicaciones de la nIPPV

La nIPPV está indicada de una manera general en pacientes con enfermedades que alteran la bomba ventilatoria y que presentan $PaCO_2$ diurna > 45 mmHg. Las contraindicaciones formales se reducen a los niños muy pequeños (en general es mal tolerada en niños menores de 6 años), pacientes que presentan trastornos de la deglución o en los que tienen un tiempo libre de ventilador inferior a 6 horas al día.

No hay un consenso claro sobre la conveniencia de iniciar la nIPPV en los casos sin hipercapnia diurna, aunque parece razonable si se demuestra hipoventilación nocturna. En los pacientes con $PIM < 60$ mmHg, o $FVC < 20$ % del teórico o que han tenido más de un episodio en IRA, pero sin hipercapnia en el momento de la valoración, debería considerarse el estudio de la presencia de hipoventilación nocturna. En muchos casos, los pacientes presentan un intercambio de gases normal durante el día y los signos clínicos diurnos de hipoventilación nocturna son muy sutiles¹³: cefalea matutina que desaparece hacia mediodía, fatigabilidad inespecífica, hipersomnolencia diurna o cambios



en el tono de la voz. En algunos casos estos síntomas se asocian muy tardíamente a un fracaso de la bomba ventilatoria¹⁴.

En los pacientes con antecedentes de poliomielitis, la necesidad de ventilación es más probable en los que padecieron el episodio agudo hace menos de 35 años y precisaron asistencia ventilatoria durante el mismo o los que presentan cifoescoliosis secundaria a la parálisis muscular¹⁵. En cualquier caso, la necesidad de soporte ventilatorio es poco probable en pacientes con FVC superior a 1,8 litros¹⁶.

No existe un único método objetivo sensible y específico para estudiar la función respiratoria de los pacientes con enfermedades que alteran la bomba ventilatoria. La gasometría arterial es un buen método, pero a menudo no detecta las alteraciones precoces que suelen producirse exclusivamente durante la noche. La exploración funcional respiratoria o la pulsioximetría pueden ser útiles en el seguimiento de los pacientes.

La medida periódica de la FVC es útil en muchos casos con enfermedades neuromusculares, dado que el deterioro de la función pulmonar no se produce homogéneamente a lo largo del tiempo. Un descenso superior al 25 % de la FVC en decúbito respecto al hallado en bipedestación también es un buen parámetro para estudiar la fuerza del diafragma¹⁷. Una caída de la PE_{max} sugiere un fracaso de la musculatura espiratoria, tal como puede apreciarse en la enfermedad de Duchenne o en algunos casos de poliomielitis¹³. La pulsioximetría nocturna nos permite estudiar, de una manera incruenta, el intercambio gaseoso durante el sueño y detectar precozmente la hipoventilación en pacientes en los que ya se ha sospechado clínicamente.

En las enfermedades neuromusculares que evolucionan muy rápidamente, como en la esclerosis lateral amiotrófica, es posible que la medida seriada del flujo espiratorio máximo sea un buen predictor de la evolución de la función espiratoria¹⁸.

En la enfermedad de Duchenne se produce un declive progresivo de la FVC de alrededor de 30 ml/año¹⁹, pero en los últimos años de la vida del paciente se produce un descenso mucho más brusco (unos 250 ml/año). Cuando el paciente tiene una FVC inferior a 700 ml es posible que necesite soporte ventilatorio por lo menos durante la noche, utilizando por ejemplo la nIPPV. Cuando la FVC es inferior a 300 ml, en la mayor parte de los casos se necesita ventilación mecánica prácticamente las 24 horas del día²⁰. Bach et al²¹ sugieren que incluso en estos casos con escaso tiempo libre de ventilador pueden ventilarse sin recurrir a la traqueostomía, pero Raphäel et al²² consideran que la traqueostomía es el acceso más seguro para estos pacientes. En la tabla II se resume la actitud a seguir ante los cambios evolutivos en la enfermedad de Duchenne.

Los métodos no invasivos como la nIPPV pueden presentar dificultades a largo plazo, ya sean relacionados con la comodidad del paciente o con la evolución progresiva de la enfermedad de base²³. Disponemos de diversas alternativas a la nIPPV como la ventila-

TABLA II
Síntomatología respiratoria en la enfermedad de Duchenne

FVC	Actitud
> 1.000 ml	Pocos síntomas Observación clínica
< 1.000 ml	Pulsioximetría nocturna SI Disminución FVC Edad > 15 años BMI > 25
600-700 ml	Probable necesidad de VM
< 300 ml	VM 24 h/día (traqueotomía [?])

FVC: capacidad vital forzada. BMI: índice de masa corporal. VM: ventilación mecánica.

ción oral u oronasal, o métodos diferentes como la BiPAP o la ventilación con presión negativa, pero si la causa del fracaso de la técnica no invasiva es la evolución de la enfermedad, quizás deberemos plantearnos la ventilación con presión positiva a través de traqueostomía.

Finalmente, hay que tener en cuenta que la ventilación mecánica a domicilio no sólo debe considerar los aspectos técnicos de indicación y selección del acceso a la vía aérea y de la forma de ventilación. Es imprescindible la asistencia a domicilio²⁴ de estos pacientes, tanto para hacerse cargo de los aspectos estrictamente médicos como para colaborar en la obtención de recursos para disponer de los medios elementales, para desarrollar las actividades de la vida diaria²⁵.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertoye A, Garin JP, Vincent P, Giroud M, Monier P, Humbert G. Le retour à domicile des insuffisants respiratoires chroniques. *Lyon Médical* 1965; 38:389-410.
- Robert D, Leger P, Gerard M, Langevin B, Gaussorgues P. Méthodes de ventilation mécanique à domicile des insuffisants respiratoires chroniques graves. Extrait du volume Bronchoneuropathie obstructive chronique, de la décompensation au retour à domicile. Monographie de la Société de Réanimation de Langue Française. Paris, Expansion Scientifique Française, 1989; 211-221.
- Robert D, Gérard M, Léger P, Buffat J, Jennequin J, Holzapfel L et al. La ventilation mécanique à domicile définitive par trachéotomie de l'insuffisant respiratoire chronique. *Rev Fr Mal Resp* 1983; 11:923-936.
- Bach JR, Alba A, Mosher R, Delaubier A. Intermittent Positive Pressure Ventilation via Nasal Mask in the Management of respiratory Insufficiency. *Chest* 1987; 92:168-170.
- Branthwaite MA. Non-invasive and domiciliary ventilation: positive pressure techniques. *Thorax* 1991; 46:208-212.
- Cornette A, Mougél D. Ventilatory assistance via the nasal route: masks and fittings. *Eur Respir Rev* 1993; 3:250-253.
- Laier-Groeneveld G, Hüttemann U, Crieé CP. Nasal inspiratory positive pressure ventilation. *Eur Respir Rev* 1992; 2:389-397.
- Bach JR, McDermontt IG. Strapless Oral-Nasal Interface for Positive-Pressure Ventilation. *Arch Phys Rehabil* 1990; 71:910-913.
- Léger P, Jennequin J, Gerard M, Robert D. Home positive pressure ventilation via nasal mask for patients with neuromuscular weakness or restrictive lung or chest wall disease. *Respir Care* 1989; 34:73-77.



10. Robert D, Leger P, Langevin B. Ventilation mécanique en pression positive intermittente par voie nasale. Actes des troisièmes entretiens de la Fondation Garches. Paris, le 15 novembre 1990; 47-55.
11. Langevin B, Leger P, Gerard M, Sukkar F, Guez A, Robert D. Monitoring nasal ventilation. *Eur Respir Rev* 1993; 3:260-265.
12. Elliot MW, Moxham J. Non-invasive ventilation. En Mitchell DM, Recent advances in Respiratory Medicine. Churchill Livingstone, 1991; 23-43.
13. Dean E, Ross J, Road JD, Courtenay L, Madill KJ. Pulmonary Function in Individuals with a History of Poliomyelitis. *Chest* 1991; 100:118-123.
14. Elliot MW, Branthwaite MA. Occult respiratory failure as a cause of neuropsychiatry symptoms in chest wall deformity and neuromuscular disease. *Respir Med* 1991; 85:431-433.
15. Dolmage TE, Avendano MA, Goldstein RS. Respiratory function during wakefulness and sleep among survivors of respiratory and non-respiratory poliomyelitis. *Eur Respir J* 1992; 5:864-870.
16. Bye PTP, Ellis ER, Issa FG, Donnelly PM, Sullivan CE. Respiratory failure and sleep in neuromuscular disease. *Thorax* 1990; 45:241-247.
17. Allen SM, Hunt B, Green M. Fall in vital capacity with posture. *Br J Dis Chest* 1985; 79:267-271.
18. Kreitzer SM, Saunders NA, Tyler HR, Ingram RH. Respiratory Muscle Function in Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Am Rev Respir Dis* 1978; 117:437-447.
19. Baydur A, Gigoff I, Prentice W, Varlson M, Fischer DA. Decline in Respiratory Function and Experience with Long-Term Assisted Ventilation in Advanced Duchenne's Muscular Dystrophy. *Chest* 1990; 97:884-889.
20. Bach JR, O'Brien J, Krotenberg R, Alba A. Management of end stage respiratory failure in Duchenne Muscular Dystrophy. *Muscle & Nerve* 1987; 10:177-182.
21. Bach JR, Alba A, Saporito LR. Intermittent Positive Pressure Ventilation via the Mouth as an Alternative to Tracheostomy for 257 Ventilators Users. *Chest* 1993; 103:174-182.
22. Raphaël JC, Chevret S, Chastang CI, Bouvet F. Home mechanical ventilation in Duchenne's Muscular dystrophy: in search of a therapeutic strategy. *Eur Respir Rev* 1993; 3:270-274.
23. Leger P, Langevin B, Guez A, Sukkar F, Sortor Leger S, Robert D. What to do when nasal ventilation fails for neuromuscular patients. *Eur Respir Rev* 1993; 3:279-283.
24. Donner CF, Howard P, Robert D. Patient selection and techniques for home mechanical ventilation. *Monaldi Arch Chest Dis* 1993; 48:40-47.
25. Escarrabill J, Ganduxé J, Serrasolsas R, Martín JM, Estopà R. Ventilación mecánica a domicilio. *Arch Bronconeumol* 1990; 26:375-376.