



disponibile su www.sciencedirect.com



journal homepage: www.elsevier.com/locate/itjm



RASSEGNA

La ventilazione meccanica non invasiva nell'insufficienza respiratoria acuta: stato dell'arte (II parte)[☆]

Noninvasive ventilation for acute respiratory failure: state of the art (II part)

Federico Lari^{a,*}, Fabrizio Giostra^b, Gianpaolo Bragagni^a, Nicola Di Battista^c

^a UO Medicina Interna, Ospedale "S.S. Salvatore", San Giovanni in Persiceto, Azienda USL di Bologna (Direttore: dott. G. Bragagni)

^b UO Pronto Soccorso e Medicina d'Urgenza, Policlinico "S. Orsola-Malpighi", Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna (Direttore: dott. M. Cavazza)

^c UO Pronto Soccorso e Medicina d'Urgenza, Ospedale per gli Infermi di Faenza, Azienda USL di Ravenna (Direttore: dott. Nicola Di Battista)

Ricevuto il 27 febbraio 2009; accettato l'11 giugno 2009
disponibile online il 18 febbraio 2010

KEYWORDS

Noninvasive ventilation;
Acute respiratory failure;
Intensive care;
General Medical ward.

Abstract

Background: In the last years Non-Invasive Ventilation (NIV) has been playing an important role in the treatment of Acute Respiratory Failure (ARF). Prospective randomised controlled trials have shown improvements in clinical features (respiratory rate, neurological score), pH and arterial blood gases and in particular clinical conditions (Acute Cardiogenic Pulmonary Edema, ACPE, and acute exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD) systematic reviews and meta-analysis confirm a reduction in the need for intubation and in-hospital mortality compared to standard medical treatment.

Methods: The most important techniques of ventilation in spontaneous breathing are: Continuous Positive Airway Pressure (CPAP), usually performed with Venturi-like flow generators, and bi-level positive pressure ventilation (an high inspiratory pressure and a low expiratory pressure), performed with ventilators. Facial mask rather than nasal mask is used in ARF: the helmet is useful for prolonged treatments.

Results: NIV's success seems to be determined by early application, correct selection of patients and staff training. Contraindications to NIV are: cardiac or respiratory arrest, a respiratory rate < 12 per minute, upper airway obstruction, hemodynamic instability or unstable cardiac arrhythmia, encephalopathy (Kelly score > 3), facial surgery trauma or deformity, inability to

[☆] La prima parte del presente articolo, inerente alle indicazioni cliniche della ventilazione meccanica non invasiva in corso di insufficienza respiratoria acuta, è stata pubblicata nel n. 4/2009 dell'*Italian Journal of Medicine*.

* Corrispondenza: UO Medicina Interna, Ospedale "S.S. Salvatore", via Enzo Palma 1 - 40017 S. Giovanni in Persiceto (BO).
E-mail: larifede@yahoo.it (F. Lari).

cooperate or protect the airway, high risk of aspiration and an inability to clear respiratory secretions.

Conclusions: Bi-level ventilation for ARF due to COPD and CPAP or bi-level ventilation for ARF due to ACPE are feasible, safe and effective also in a General Medical ward if the selection of patients, the staff's training and the monitoring are appropriate: they improve clinical parameters, arterial blood gases, prevent ETI, decrease mortality and hospitalisation. This should encourage the diffusion of NIV in this specific setting.

© 2010 Elsevier Srl. All rights reserved.

Selezione del paziente

La selezione corretta del paziente da trattare in urgenza è essenziale per un buon risultato della ventilazione meccanica non invasiva (NIMV): occorre essere sufficientemente sicuri che il paziente sia un candidato idoneo al trattamento, escludendo coloro che non trarrebbero giovamento dalla NIMV o perché "poco" gravi o perché "troppo" critici e, quindi, da trattare in maniera invasiva [1–3]. Per tale ragione, nella selezione del paziente si dovranno tenere ben presenti i concetti illustrati nel seguito, che costituiscono la chiave del successo della NIMV in urgenza.

1. **Precocità di applicazione:** prima si instaura il trattamento ventilatorio migliori saranno i risultati, in primis perché si evita l'evoluzione dell'insufficienza respiratoria acuta (IRA) verso stadi di malattia avanzata che beneficerebbero solo di trattamenti invasivi.
2. **La NIMV non è un'alternativa all'intubazione orotracheale e alla ventilazione meccanica invasiva** laddove sia indicata; tuttavia, quando la ventilazione invasiva non è indicata, la NIMV garantisce un migliore outcome per il paziente soprattutto in termini di prevenzione delle complicanze legate alla presenza del tubo endotracheale (polmonite associata al ventilatore, lesioni traumatiche ecc.). Il personale deputato alla gestione della NIMV, pertanto, deve possedere la cultura e la manualità atte a gestire anche un trattamento invasivo: conoscere i criteri per l'intubazione, prevedere un'intubazione "difficile", avere il materiale per intubazione sempre pronto e disponibile.
3. **Addestramento del personale:** un adeguato addestramento del team deputato alla gestione della NIMV risulta un fattore prognostico di risposta favorevole al trattamento. Questo dovrebbe tener conto non solo degli aspetti tecnici, ma anche dei risvolti motivazionali e psicologici del personale coinvolto: il ruolo dell'infermiere è essenziale poiché risulta la figura professionale più vicina al paziente e, quindi, spesso responsabile dell'adattamento del paziente stesso all'interfaccia non sempre gradita nei primi minuti di trattamento. Sono utili momenti di verifica e retraining periodici, così com'è essenziale che vi sia una disponibilità del servizio 24 ore su 24. In relazione a quest'ultimo concetto è a nostro avviso auspicabile l'elaborazione, all'interno delle Aziende Sanitarie, di protocolli condivisi che coinvolgano operatori di estrazioni diverse nella costituzione di un team NIMV multidisciplinare atto a garantire la continuità di trattamento nelle differenti Unità Operative.

Di fronte a un quadro di IRA, così come di fronte a qualsiasi altro scenario di emergenza, può non essere facile mantenere la calma e la lucidità necessarie per decidere rapidamente se sia utile o no assistere con NIMV quel particolare

paziente; peraltro si tratta di un presidio che, se non applicato a un contesto corretto, potrebbe rivelarsi dannoso.

Come in tutti gli algoritmi di Medicina d'Urgenza, i punti chiave da ricordare nel selezionare il paziente da candidare alla NIMV sono pochi e schematici. Occorre essere in grado di [1–5]:

- formulare un'ipotesi diagnostica più accurata possibile per stabilire la potenziale reversibilità dell'IRA e decidere quindi il tipo di NIMV eventualmente da praticare;
- verificare la reale necessità di assistenza ventilatoria (per evitare spreco di risorse) e cioè la presenza di:
 - dispnea moderata/severa a riposo,
 - frequenza respiratoria (FR) > 25/min,
 - reclutamento dei muscoli accessori alla respirazione o respiro paradossale,
 - alterazioni dell'emogasanalisi: pH < 7,35; PaCO₂ > 45-50 mmHg oppure incremento improvviso della PaCO₂ di 15-20 mmHg rispetto al dato di base (COPD), PaO₂/FIO₂ < 300,
 - alterazioni del sensorio (score di Kelly fino a 3, [tabella 1](#));
- escludere i pazienti con **controindicazioni assolute alla NIMV** ([tabella 2](#)) che costituiscono indicazioni all'intubazione orotracheale e alla ventilazione meccanica invasiva:
 - arresto respiratorio, bradipnea (FR < 12/min),
 - coma (score di Kelly 4, 5 o 6),
 - ostruzione fissa delle vie aeree,
 - necessità di proteggere le vie aeree per eccesso di secrezioni, vomito, traumi, ustioni,
 - instabilità emodinamica, aritmie minacciose,
 - eccessiva agitazione, impossibilità del paziente a collaborare,
 - impossibilità di adattare l'interfaccia,
 - pneumotorace (PNX) non drenato, pneumomediastino,
 - occlusione intestinale.

A oggi risultano **controindicazioni relative** le seguenti:

- PNX, pneumomediastino (se drenati non costituiscono controindicazione);
- recente chirurgia delle vie aeree e digerenti (nuovi studi indicano un beneficio della NIMV nei quadri di IRA sviluppati dopo interventi chirurgici di questo tipo);
- traumi, ustioni facciali, chirurgia facciale (in casi selezionati l'utilizzo del casco può consentire un trattamento anche in questi pazienti).

Scelta dell'interfaccia

I tipi di interfaccia usati nella NIMV e descritti in letteratura sono fondamentalmente quattro [1,2,6–8].

- La **maschera nasale** avvolge solo il naso ed è indubbiamente l'interfaccia più confortevole. Consente la fonazione, l'espettorazione e l'alimentazione senza problemi, è sicura

Tabella 1 La scala di Kelly utilizzata per definire il sensorio in corso di IRA: per valori > 4 è necessario considerare il trattamento invasivo.

Grado 1	Paziente sveglio che esegue 3 ordini complessi	
Grado 2	Paziente sveglio che esegue 3 ordini semplici (per esempio, mostrare le dita)	NIMV
Grado 3	Paziente assopito risvegliabile a comandi semplici	
Grado 4	Paziente assopito risvegliabile a comandi vigorosi	Intubazione orotracheale,
Grado 5	Paziente comatoso senza alterazioni del tronco encefalico	ventilazione meccanica
Grado 6	Paziente comatoso con alterazioni del tronco encefalico	

Fonte: Kelly BJ, et al. Chest 1993;104(6):1818-24.

Tabella 2 Controindicazioni assolute e relative alla NIMV.

Controindicazioni assolute	Controindicazioni relative
Arresto respiratorio, bradipnea (FR < 12/min)	Traumi e ustioni facciali, chirurgia facciale
Coma (score di Kelly 4, 5 o 6)	Recente chirurgia sulle vie aeree e digestive
Ostruzione fissa delle vie aeree	PNX, pneumomediastino
Necessità di proteggere le vie aeree per eccesso di secrezioni, vomito, traumi, ustioni	
Instabilità emodinamica, aritmie minacciose	
Eccessiva agitazione, impossibilità del paziente a collaborare	
Impossibilità di adattare l'interfaccia	
Occlusione intestinale	

in caso di vomito; di contro, non è indicata nei pazienti che hanno subito interventi di palato-uvuloplastica e soprattutto nel paziente con IRA, che in genere ha una respirazione orale. Pertanto è usata principalmente nel trattamento a lungo termine, cronico, spesso domiciliare, previa educazione del paziente che deve collaborare evitando le perdite aeree dalla bocca. Sono disponibili maschere che inglobano tutta la superficie del naso compresa la radice, maschere endonasali e maschere applicabili alla superficie esterna delle narici.

- La *maschera oronasale* (o facciale) è sicuramente la più utilizzata in urgenza. Avvolge naso e bocca ed è indicata in presenza di IRA e respirazione orale. Necessita di minore collaborazione da parte del paziente e se ben posizionata garantisce una buona stabilità in termini pressori e di FiO₂ (perdite trascurabili). È tuttavia controindicata in caso di vomito (aumenta il rischio di aspirazione) e può generare distensione gastrica, claustrofobia e complicanze locali talvolta anche gravi, come la necrosi della radice del naso, se mantenuta a lungo. Dal punto di vista strutturale si distinguono maschere a flangia e maschere a cuscino (gonfiabile con aria): le più recenti, a flangia, spesso possiedono anche distanziatori frontali che permettono di evitare le lesioni da decubito alla radice del naso imperniando il fulcro della trazione del nucale sulla regione frontale. La maschera facciale consente l'agevole somministrazione di aerosol durante il trattamento ventilatorio, laddove indicato.
- La *maschera "total face"* è relativamente più recente delle precedenti e forse anche per questo gode di minor evidenza in letteratura. Potenzialmente vantaggiosa

rispetto all'oronasale, coprendo il viso intero elimina il rischio di lesioni al ponte nasale e riduce il senso di claustrofobia in quanto garantisce una visione panoramica. È tuttavia costosa e poco diffusa. Inoltre, in caso di vomito, anch'essa può favorire l'aspirazione; analoga è altresì la possibilità di distensione gastrica (è controindicata in pazienti con ernia iatale). Infine, genera più disturbi agli occhi (è controindicata in pazienti con glaucoma, xeroftalmia, recente chirurgia oculare).

- Il *casco*, protesi di introduzione relativamente recente, riduce al minimo il rischio di aspirazione, distensione gastrica e complicanze locali; consente una discreta fonazione e alimentazione attraverso apposite finestre; è meglio tollerato nei trattamenti prolungati [8]. Può inoltre essere utilizzato anche in caso di malformazioni, ustioni e traumi facciali qualora non sia indicata la protezione delle vie aeree. Di contro, è un presidio molto costoso e necessita di sistemi di ventilazione a flusso elevato, poiché possiede un ampio spazio morto che deve essere ventilato per evitare il rebreathing. Trova impiego soprattutto in CPAP con generatore di flusso. Sono disponibili caschi monouso, autoclavabili e riciclabili. Non tutti i ventilatori in metodica a doppio livello di pressione consentono l'utilizzo del casco (problemi di dissincronismo macchina-paziente, non corretta valutazione del volume corrente espirato, necessità di alti flussi).

Alcuni recenti studi comparativi hanno indicato come la maschera oronasale e la maschera nasale siano sostanzialmente simili in termini di miglioramento dello scambio e riduzione dell'intubazione [6,7] se entrambe applicate correttamente. Tuttavia la prima – come già detto – risulta più

Tabella 3 Complicanze locali dovute all'interfaccia.

Problema	Possibili cause
Lesioni del ponte e della radice nasale	Uso prolungato dell'interfaccia Eccessiva pressione esercitata dalla maschera
Irritazione cutanea	Eccessiva pressione esercitata dalla maschera Allergia al materiale della maschera Scarsa pulizia della maschera
Irritazione corneale	Perdite d'aria negli occhi
Irritazione e secchezza delle mucose nasali o buccali	Perdite d'aria dalla bocca Temperatura dell'aria troppo elevata Mancata umidificazione

efficace nell'evitare perdite d'aria dalla bocca nel paziente acuto, mantenendo così pressioni e percentuali di FiO₂ nelle vie aeree più stabili, mentre la seconda è globalmente più confortevole.

Nella moltitudine di interfacce che le aziende produttrici oggi offrono, i parametri che devono guidare la scelta sono:

- il tipo di insufficienza respiratoria (acuta o cronica);
- il tipo di respirazione (orale, nasale);
- il tipo e la durata del supporto ventilatorio (CPAP, NIMV a doppio livello di pressione, breve o lungo termine);
- l'ambito in cui ci si trova a operare;
- l'anatomia del viso e l'adattamento elettivo del paziente;
- l'esperienza personale.

Occorre inoltre cercare di garantire il miglior rapporto tra comfort del paziente ed efficacia di trattamento. A questo fine è indispensabile adottare un approccio corretto nei confronti del paziente che sta per iniziare la NIMV, ricordando che il buon adattamento del paziente alla maschera è un fattore di risposta favorevole al trattamento: spiegare che cosa si sta per fare, i benefici e gli eventuali fastidi del trattamento, tenere per qualche secondo l'interfaccia applicata con le mani prima di ancorarla agli appositi strumenti di fissaggio.

Complessivamente appare razionale incominciare con una maschera facciale per la maggior parte dei pazienti con IRA in cui si prospetti un breve periodo di trattamento, avendo cura eventualmente di passare a un'interfaccia total face o al casco laddove si renda necessario un periodo più lungo di ventilazione (> 2 giorni). Sicuramente indicata per il trattamento domiciliare a lungo termine è la maschera nasale.

Tabella 4 Complicanze della NIMV.

- Decubiti e lesioni del ponte nasale
- Congestione nasale, sinusite
- Secchezza del naso e delle fauci
- Irritazione corneale
- Insonnia
- Claustrofobia
- Aspirazione conseguente a vomito
- Distensione gastrica
- PNX (rarissimo)

Complicanze

La letteratura è concorde sul fatto che le complicanze locali più frequentemente associate all'interfaccia [2,9–12] siano le lesioni della radice nasale (ulcere, necrosi), le dermatiti da contatto, le irritazioni cutanee e corneali (*tabella 3*). Complicanze più generali, legate al trattamento in sé ma anch'esse in parte correlate al tipo di interfaccia, sono la claustrofobia, la congestione nasale, la sinusite, la secchezza delle mucose oronasali, la distensione gastrica. Rarissime complicanze legate al trattamento non invasivo sono l'ipotensione, l'aspirazione conseguente a vomito, il PNX (*tabella 4*). La complicanza più grave è la necrosi del ponte nasale.

Tutto questo ha indotto l'industria a mettere a punto modelli di maschere nasali e oronasali sempre più evoluti, realizzati con distanziatori naso-frontali morbidi in silicone, materiali anallergici e nicali in tessuto meno fastidiosi rispetto al materiale plastico: sono state prodotte, così, maschere certamente più confortevoli e sicure ma di alto costo, alcune monouso, altre riutilizzabili dopo sterilizzazione chimica.

Per i trattamenti a lungo termine vi è la possibilità, con particolari strumenti, di umidificare e riscaldare la miscela di gas erogata al paziente: la letteratura lo consiglia per trattamenti di durata superiore a 8-12 ore.

Maschere pulite, asepsi della cute, impiego di barriere protettive, adozione di misure corrette e rotazione di diverse interfacce sono altri semplici accorgimenti che prevengono l'insorgenza di complicanze [13–15] (*tabella 5*).

Tabella 5 Ottimizzazione delle interfacce per aumentare comfort ed efficacia della NIMV.

- Impiego di maschere efficienti e pulite (monouso)
- Adozione di misure corrette
- Corretto adattamento maschera
- Uso di diversi modelli ed eventuale loro rotazione
- Uso di appropriati sistemi di fissaggio (nicali) preferibilmente in tessuto
- Asepsi della cute
- Applicazione di barriere protettive
- Uso di distanziatori naso-frontali
- Umidificazione e riscaldamento per trattamenti prolungati

Tabella 6 Tipologia di ventilatori per ventilazione meccanica.

Tipo di ventilatore	Svantaggi	Vantaggi
Ventilatore per terapia Intensiva	Peso e dimensioni maggiori Complessi e sofisticati Costosi	Molto efficienti e versatili Estremamente "sicuri"
Ventilatore portatile/domiciliare	Efficienza e versatilità minori Meno "sicuri"	Piccoli e leggeri Semplici da usare Economici

Scelta del ventilatore

Grossolanamente si può descrivere il ventilatore come una macchina alimentata elettricamente in cui una turbina, un pistone o semplici condotti di portata di gas pressurizzati creano un flusso di miscela che viene convogliato all'interno di un circuito chiuso; questo si continua con le vie aeree del paziente, generando al loro interno pressioni e volumi utili a produrre o assistere l'atto respiratorio. Il ventilatore è poi costituito da una valvola inspiratoria, per l'ingresso dei gas nelle vie aeree, e una valvola espiratoria, per l'uscita. È presente un sistema di sincronizzazione che consente, in alcune modalità ventilatorie (specie in respiro spontaneo), di "ascoltare" l'atto respiratorio del paziente per supportarlo nella misura ottimale: tipica nelle modalità a doppio livello di pressione in non invasiva è la presenza di un trigger (a flusso, a pressione) inspiratorio e di uno espiratorio, che permette la sincronizzazione della macchina con la fase del respiro spontaneo del paziente. Vi è poi un complesso sistema di sicurezza costituito essenzialmente dagli allarmi (di disconnessione, di difetto tecnico, di apnea, di FiO_2 , di ventilazione/minuto ecc.) e dalla ventilazione di apnea (ventilazione di sicurezza che entra in funzione qualora, per esempio, il paziente si trovi in arresto respiratorio).

Sino a pochi anni fa la scelta si poneva tra i ventilatori da terapia intensiva, creati per ventilazioni di tipo tradizionale (invasiva, a paziente intubato) ma in seguito applicati alla non invasiva, e ventilatori domiciliari, ideati per ventilare pazienti "cronici" (tabella 6): in presenza di IRA, la NIMV doveva così adattarsi a macchine progettate essenzialmente per altri scopi [1,2]. Negli ultimi anni, invece, la tecnologia ha portato allo sviluppo di macchine dedicate alla non invasiva applicata all'IRA, vista la diffusione raggiunta da tali metodiche di ventilazione in questo ambito, cercando di soddisfare le particolari esigenze che esso pone. Esistono in commercio macchine diverse, con prestazioni e caratteristiche proprie, ognuna con specifici vantaggi e svantaggi. Oggi la tecnologia offre ventilatori evoluti e sofisticati, con processori e software in grado di elaborare i dati raccolti, ma al contempo versatili e semplici da utilizzare. Schematizzando al massimo, le caratteristiche dei diversi tipi di macchina si possono riassumere come segue.

Il ventilatore da terapia intensiva è di solito una macchina di peso e dimensioni maggiori (benché i modelli più recenti siano davvero compatti), più complessa e sofisticata, in grado di provvedere a differenti tipi di ventilazione: a controllo di pressione o a controllo di volume, controllata, assistita controllata, sincronizzata, a supporto di pressione, a paziente intubato o in respiro spontaneo. Funziona con supplemento di

ossigeno ad alto flusso convenzionale, permette il controllo di più variabili e il monitoraggio di importanti parametri derivati: per esempio, in modalità a supporto di pressione (tipicamente usata in NIMV in respiro spontaneo) il ventilatore di solito consente di impostare la pressione di supporto inspiratorio (PSV), la pressione durante l'espirazione (PEEP o CPAP), la FiO_2 erogata, la rapidità con cui si somministra il supporto inspiratorio (rampa o tempo di pressurizzazione), la frequenza respiratoria d'allarme (alta e bassa), la sensibilità del trigger; in aggiunta, monitorizza diverse variabili derivate tra le quali le più importanti in questo tipo di ventilazione sono il volume corrente espirato (V_{tEsp} , espressione della ventilazione effettiva) e il flusso nelle vie aeree. Si tratta di ventilatori dotati di numerosi allarmi (di apnea, di frequenza respiratoria alta o bassa, di disconnessione dal paziente, di eccessive perdite all'interfaccia, di pressione nelle vie aeree, di volume corrente) e dispongono di una ventilazione di sicurezza (di apnea) che entra automaticamente in funzione qualora la frequenza respiratoria del paziente scenda al di sotto del limite impostato. Possiedono un doppio circuito dei gas con doppie valvole per l'inspirazione e l'espirazione, pertanto l'eliminazione dell'espirato è efficace e il rebreathing praticamente assente. Presentano di norma minore tolleranza alle perdite (se concepiti per ventilazione di tipo convenzionale). Spesso sono dotati di microprocessore e software per la gestione e l'elaborazione dei dati.

I ventilatori domiciliari, portatili, sono compatti, leggeri e silenziosi. Di solito forniscono un unico tipo di ventilazione a doppio livello di pressione in respiro spontaneo (bilevel). Spesso non contemplano la possibilità di connettersi a una fonte esterna di ossigeno per arricchire la miscela erogata (opzionale e comunque non possibile $\text{FiO}_2 > 40-50\%$). L'uso è molto semplice e immediato; in pratica si possono impostare soltanto i due livelli pressori (inspiratorio IPAP, espiratorio EPAP), a volte la rampa e la frequenza respiratoria d'allarme (bassa frequenza, apnea). Non monitorizzano alcun parametro derivato, sono dotati di pochi allarmi (di solito disconnessione e apnea) e possono fornire una ventilazione di sicurezza. In genere presentano maggiore tolleranza alle perdite all'interfaccia. Dispongono di un unico circuito dei gas con una valvola espiratoria che consente l'eliminazione all'esterno dell'espirato (il rebreathing è più frequente).

I ventilatori per NIMV si collocano a metà tra i due estremi sopraccitati. Requisiti indispensabili di un buon ventilatore per NIMV potrebbero essere quelli elencati qui di seguito.

- Tipi di ventilazione necessari: doppio livello di pressione in respiro spontaneo, CPAP ma anche assistita/controllata e/o

controllata a volume o a pressione (arresto, pazienti intubati).

- Buona sensibilità dei trigger: regolazione del trigger inspiratorio ed espiratorio.
- Buona compensazione delle perdite.
- Efficiente eliminazione di CO₂: meglio se a doppio circuito.
- Variabili di controllo: PSV-IPAP, PEEP-CPAP-EPAP in ventilazione a doppio livello pressorio, tempo di pressurizzazione.
- Variabili derivate: VtEsp in doppio livello di pressione, FR (sincronismo), perdite.
- Allarmi impostabili: FR, apnea, VtEsp, disconnessione, pressione, con possibilità di esclusione e regolazione.
- Connessione con O₂ ad alto flusso (ma anche a basso flusso, per esempio bombole per il trasporto), precisa regolazione di FiO₂.
- Ventilazione di sicurezza/apnea impostabile: controllata a pressione o a volume, FR, flusso, tempo inspiratorio/tempo espiratorio (I:E).
- Curve di pressione flusso e volume, software di elaborazione dati: opzionali.
- Leggerezza, compattezza, batteria ricaricabile (trasporto).
- Display/controlli: facile accesso, semplicità, rapida visualizzazione.

Elencate le caratteristiche, è difficile suggerire l'uso di un tipo di ventilatore o di un altro; la scelta è dettata dal contesto logistico in cui si opera (ICU, DEA, reparto di degenza, domicilio), dalla patologia in causa e dalla sua gravità, dall'esperienza, dalle attitudini, dalle motivazioni e dalla professionalità del personale addetto alla gestione della NIMV, nonché dalle risorse disponibili. È essenziale prendere confidenza con poche macchine, preferibilmente con la più diffusa, cercando di conoscerla a fondo e dirigendo anche le questioni "semantiche" che spesso creano confusione: a tal fine è utile un'assidua collaborazione con l'azienda fornitrice.

Sistemi CPAP

Praticare la CPAP significa erogare alle vie aeree del paziente una miscela di gas con pressioni positive costanti, continue, cioè uguali nelle due fasi della respirazione, inspirazione ed espirazione. È essenziale che il paziente sia in grado di compiere autonomamente tutte le fasi dell'atto respiratorio (respiro spontaneo) e che risulti preservato un buon livello di coscienza. Esistono diverse possibilità e modalità per erogare tale pressione positiva continua alle vie aeree del paziente.

- **Ventilatori:** la maggior parte dei ventilatori, sia domiciliari sia per terapia intensiva, oggi annoverano la CPAP tra le modalità ventilatorie. Questo può avvenire tramite una funzione, un algoritmo dedicato o più semplicemente e grossolanamente impostando valori di pressione inspiratoria ed espiratoria uguali nell'ambito di una ventilazione pressometrica in respiro spontaneo. Il limite di tali sistemi è insito nel loro essere macchine ideate per erogare diverse e complesse modalità ventilatorie: lo si potrebbe definire come la necessità da parte del paziente di interagire con apparecchiature sofisticate nelle varie fasi dell'atto respiratorio che, in modalità CPAP, può non essere vantaggiosa dal punto di vista del rendimento globale. Per tale ragione probabilmente i ventilatori non sono i sistemi ideali per la CPAP.

- **CPAP elettriche.** Sono presidi a prevalente uso domiciliare per problematiche croniche (per esempio, trattamento delle apnee ostruttive del sonno). Alimentate elettricamente come i ventilatori, possiedono una turbina o un pistone che genera il flusso e la pressione al paziente. In caso di IRA non vengono utilizzate.
- **Sistemi ad alto flusso.** Attualmente sono i sistemi più utilizzati per la CPAP in urgenza. Di semplice impiego, funzionano grazie a un generatore di flusso tipo Venturi che consente di miscelare un gas sorgente ad alto flusso (di norma O₂) con aria ambiente al fine di ottenere, in uscita al paziente, elevati flussi di miscela e precise FiO₂. Il flusso di miscela viene convogliato in un circuito chiuso (tubo, maschera) che si continua con le vie aeree del paziente: è il flusso elevato a garantire la pressione desiderata durante le fasi respiratorie grazie a una valvola prearata, scelta in base alla patologia da trattare e posta in linea con il circuito, che smaltisce il flusso in eccesso. A seconda del modello vengono erogati un flusso massimo superiore a 100 L/min (sino a circa 140 L/min) e una FiO₂ minima del 28-33%. Limite di questi sistemi è un calo del flusso (per l'effetto Venturi) all'aumentare della FiO₂.
- **CPAP di Boussignac.** È un piccolo ma efficace device per CPAP elaborato dal ricercatore francese George Boussignac, costituito da un cilindro cavo, aperto verso l'ambiente e inserito in una maschera facciale per ventilazione non invasiva. È alimentato da O₂ e aria compressa. Le particelle di gas vengono accelerate alla velocità del suono in piccoli canalicoli e introdotte all'interno del cilindro dove, grazie all'elevata velocità, generano, urtando tra loro e contro le pareti, un moto turbolento che produce un diaframma virtuale; questo, a sua volta, genera una pressione positiva espiratoria (PEEP) e una pressione positiva inspiratoria simili, costituendo quindi a tutti gli effetti una CPAP. La reale pressione ottenuta può essere misurata mediante un manometro posto in serie con il sistema: tale pressione dipende strettamente dalle esigenze ventilatorie del paziente e dall'entità del flusso del gas sorgente.

Impostazione dei parametri

In attesa dell'implementazione di modalità nuove, specificamente studiate per garantire un buon sincronismo paziente-macchina, i metodi più frequentemente utilizzati in non invasiva, come già accennato, sono quelli a supporto inspiratorio di pressione: PSV + PEEP (o CPAP) e bilevel (IPAP + EPAP) a seconda del tipo di ventilatore utilizzato. A questo proposito, nella regolazione dei parametri bisogna ricordare che la PSV è intesa di solito sopra PEEP, mentre quando si parla di IPAP essa parte da 0 cm H₂O (*fig. 1*). Queste metodiche tendono a essere percepite come più confortevoli dal paziente capace di respiro spontaneo rispetto a modalità limitate a volume.

È consigliabile iniziare con una pressione inspiratoria (PSV o IPAP) piuttosto bassa (8-10 cm H₂O), con incrementi successivi di 2 cm H₂O per volta, titolati a un volume corrente espirato (qualora il ventilatore consenta di misurarlo) di 7-8 mL/kg e al comfort del paziente. È bene evitare pressioni di supporto superiori a 20 cm H₂O, al fine di scongiurare effetti collaterali quali distensione gastrica e barotrauma. La titolazione del supporto di pressione non può che essere il

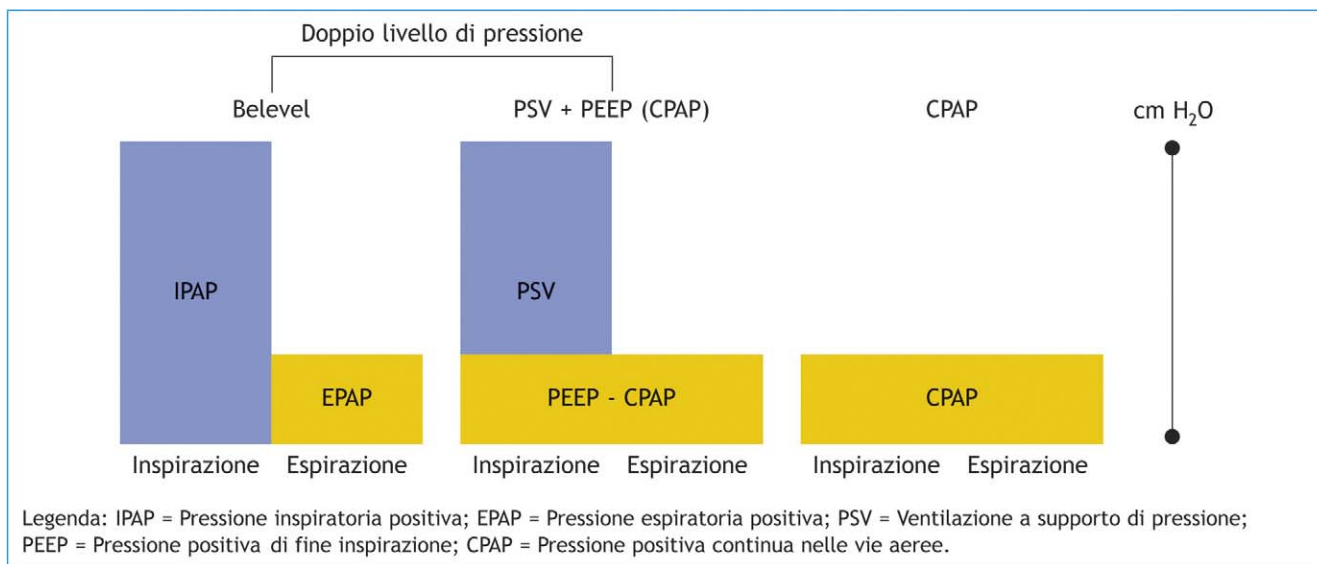


Figura 1 Differenze, non solo semantiche, tra diversi tipi di ventilazione non invasiva pressometrica.

risultato di ripetuti tentativi empirici compiuti al letto del paziente in un periodo di tempo che può essere anche piuttosto lungo [16,17].

La pressione espiratoria (EPAP, PEEP o CPAP) verrà parimenti aumentata in piccoli step successivi a partire da 3-4 cm H₂O, avendo cura di non superare i 6 cm H₂O nel paziente con COPD riacutizzata (non conoscendo con esattezza la PEEP intrinseca del paziente) e arrivando fino a 10 cm H₂O e oltre nel paziente ipossiemico. Particolare attenzione dovrà essere posta in questo caso al compenso emodinamico e ai parametri di scambio [1,2,16,17].

La FiO₂, ove è possibile gestirla dal ventilatore con precisione, andrà somministrata a valori in grado di mantenere una SpO₂ = 90% nella riacutizzazione di COPD e > 90% nel paziente ipossiemico.

I trigger andranno regolati al fine di ottenere una massima sincronizzazione tra paziente e macchina: un trigger inspiratorio troppo sensibile potrebbe condurre al fenomeno dell'autotrigger (il ventilatore inizia più volte l'inspirazione anche se il paziente è ancora in espirazione); viceversa, un trigger inspiratorio poco sensibile non garantirebbe il supporto inspiratorio adeguato al paziente (il paziente inizia l'inspirazione ma il ventilatore non lo assiste rimanendo in fase espiratoria).

La rampa, o tempo di pressurizzazione, andrà impostata come "ripida" nel paziente con riacutizzazione di COPD: si accorcia, cioè, il tempo inspiratorio riducendo il volume corrente al fine di privilegiare l'espirazione compromessa dalla flow limitation.

Gli allarmi andranno regolati tendendo a un compromesso tra la sicurezza del trattamento e la "rumorosità" del ventilatore: in non invasiva a doppio livello di pressione divengono importanti gli allarmi di disconnessione, di basso VtEsp, di FR (alta e bassa), di basso flusso (possibile espressione di ostruzione delle vie aeree).

La ventilazione di sicurezza (apnea) è di solito una ventilazione controllata a pressione, pertanto oltre ai valori pressori occorrerà regolare la FR e il rapporto tra inspirazione ed espirazione (I:E).

Monitoraggio

L'entità dei parametri monitorati durante la NIMV cambia inevitabilmente a seconda dell'ambito in cui si opera, come documentano diversi studi [1,2,16,17]: è evidente come in ICU vi sia la possibilità di un monitoraggio più "ricco" e sofisticato, con metodiche anche invasive e ad alto costo, mentre nel DEA o in un reparto di degenza può succedere, anche per necessità di immediatezza e rapidità, che il monitoraggio sia inevitabilmente "povero", semplice, economico e non invasivo.

Un monitoraggio ideale dovrebbe fornire dati riproducibili, sensibili, facilmente interpretabili e precisi: ciò non sempre è possibile poiché spesso, per ottenere dati con queste caratteristiche, si deve ricorrere a metodiche costose, di scarsa praticità, con lunghi tempi di esecuzione e rischiose per gli operatori. È evidente come allora, soprattutto nel reparto di degenza tradizionale, ma anche nel DEA, questa strada non sia percorribile e si debba quindi giungere a un compromesso, scegliendo con criterio i parametri da monitorare.

Gli obiettivi che il monitoraggio durante la NIMV si deve prefiggere sono: il perfezionamento della diagnosi; la verifica dell'efficacia della terapia, cogliendo tempestivamente i trend negativi o positivi per "cambiare strada" se necessario o proseguire; la definizione della prognosi.

I vari livelli di monitoraggio cosiddetto "povero" utile durante trattamento con NIMV nei reparti medici con area critica, ma proponibile anche in altri ambienti (DEA), possono essere schematicamente definiti come illustrato qui di seguito.

Esame obiettivo

- *Pattern respiratorio*, coordinazione con il ventilatore:
 - respiro rapido e superficiale;
 - reclutamento dei muscoli accessori alla respirazione;
 - segni di fatica-esaurimento muscolare, respiro paradossale.

- *Temperatura corporea*.
- *Diuresi* (catetere vescivale).
- *Stato neurologico*, scala di Kelly:
 - grado 1, paziente sveglio che esegue 3 ordini complessi;
 - grado 2, paziente sveglio che esegue 3 ordini semplici;
 - grado 3, paziente assopito risvegliabile a comandi semplici;
 - grado 4, paziente assopito risvegliabile a comandi vigorosi;
 - grado 5, paziente in coma senza alterazioni del tronco encefalico;
 - grado 6, paziente in coma con alterazioni del tronco encefalico.

Parametri clinici

FR, FC, PA, elettrocardiogramma, SpO₂ (monitor multiparametrico).

Emogasanalisi

Questo prezioso strumento fornisce dati sulla ventilazione alveolare (PaCO₂), sullo scambio (PaO₂/FiO₂), sul pH. Gli studi sono tutti concordi sul timing emogasanalitico:

- *prima determinazione* di base al momento zero in aria ambiente e in ossigenoterapia convenzionale;
- *seconda determinazione* dopo 1 ora di NIMV. Questa determinazione è fondamentale: se si coglie un miglioramento (unitamente alla valutazione clinica) o una sostanziale sovrapposibilità dei valori rispetto al dato di base si è legittimati a proseguire con la NIMV; viceversa, un peggioramento impone di "cambiare strada" e considerare un trattamento invasivo. La letteratura è infatti concorde nel ritenere che i benefici della NIMV si debbano cogliere subito, sin dai primi momenti di trattamento (1-2 ore); se ciò non avviene difficilmente accadrà successivamente;
- sulla *terza determinazione* gli studi si dividono. Spesso dipende dall'andamento della seconda determinazione. È auspicabile, comunque, un controllo a 3-6 ore dall'inizio della NIMV e a 1 ora da ogni modificazione dei parametri di ventilazione.

Occorre sempre riportare ogni gasanalisi alla FR del paziente e alla FiO₂ inspirata.

Parametri del ventilatore

In modalità a doppio livello di pressione il parametro più importante da considerare è il volume corrente espirato, che è espressione della reale ventilazione del paziente (deve assestarsi attorno a 7-8 mL/kg).

Altri importanti parametri che il ventilatore può fornire sono il sincronismo macchina-paziente e l'entità delle perdite.

Fattori predittivi di successo

Esiste consenso in letteratura [1,4,9–11] nel considerare i seguenti parametri come indicatori di buona risposta al trattamento con NIMV:

- sincronismo paziente-ventilatore;
- dentizione integra;

- basso score fisiologico (APACHE);
- assenza di perdite all'interfaccia;
- buona gestibilità delle secrezioni;
- buona risposta a 1 ora di trattamento (pH, FR, PaCO₂, PaO₂/FiO₂);
- assenza di polmonite alla radiografia e/o scompenso cardiaco;
- PH > 7,10;
- PaCO₂ < 92 mmHg;
- score neurologico favorevole (score di Kelly 3-4 max);
- buona compliance.

Fallimento della NIMV

Contrariamente a quanto stabilito per i fattori predittivi di successo, i diversi studi non sono concordi nell'indicare unanimemente criteri che definiscano a priori un insuccesso della NIMV [1,2,18]; la probabilità di fallimento va determinata nel singolo paziente, nel singolo caso. Un discreto grado di evidenza e di accordo esiste invece sulle condizioni che, se compaiono durante trattamento, devono comportare una sospensione della NIMV per passare all'intubazione orotracheale e alla ventilazione di tipo tradizionale, invasivo:

- peggioramento rapido dello stato di vigilanza;
- peggioramento dei parametri gasanalitici;
- incapacità a correggere la dispnea (persistenza di elevata FR);
- perdita della protezione delle vie aeree (per esempio, per eccesso di secrezioni o vomito ripetuto);
- sviluppo di PNX;
- comparsa di incoordinazione paziente-ventilatore non correggibile;
- comparsa di instabilità emodinamica o aritmie minacciose;
- perdite aeree critiche, intolleranza alla maschera;
- volontà del paziente;
- valore del Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II) > 29 (COPD) o 34 (IRA ipossiémica) all'ammissione.

Criteri per la sospensione

La durata del trattamento con NIMV varia in relazione soprattutto al tipo di patologia e alle condizioni del singolo paziente. È noto come un trattamento con CPAP nell'edema polmonare acuto cardiogeno spesso, in poche ore, stabilizzi il quadro, mentre un trattamento a doppio livello di pressione in una riacutizzazione severa di COPD di solito viene protratto per diverse ore. I vari studi riportano, così, tempi diversi di applicazione del supporto non invasivo: ore di applicazione in prima giornata 4-24, durata totale del ciclo con NIMV 1-21 giorni. Esiste sufficiente accordo sul fatto che in prima giornata il paziente dovrebbe essere trattato per più ore possibili (tutti gli studi, comunque, contemplano pause). Successivamente la letteratura indica come possibile una graduale riduzione del supporto ventilatorio e la sua sospensione con i tempi e le modalità sotto riportate [1,2].

- Ridurre il supporto pressorio di 2 cm H₂O progressivamente e interporre periodi di pausa via via più lunghi nel corso della giornata se:
 - FR < 24/min;
 - FC < 110/min;

- pH > 7,35;
- SpO₂ 90% con FiO₂ 30% in NIMV.
- Sospendere il trattamento ventilatorio se:
 - FR < 35/min;
 - pH > 7,35;
 - SpO₂ 90% con FiO₂ < 40% (in ossigenoterapia standard) dopo 3 ore in respiro spontaneo.

Costi umani e materiali, aspetti organizzativi

Gli studi attualmente disponibili indicano come la NIMV comporti, nelle terapie intensive, un utilizzo di risorse umane (soprattutto terapisti della respirazione) leggermente superiore a quello della ventilazione convenzionale in fase iniziale [1,2,13–15]. Tale differenza tende a scomparire dopo le prime 24-48 ore di trattamento, per poi invertirsi e divenire addirittura favorevole: ciò probabilmente riflette la difficoltà a ottenere, all'inizio del trattamento, una buona interazione paziente-interfaccia-ventilatore.

Benché questi dati mal si adattino al contesto organizzativo, completamente diverso, del DEA (ove mancano, per esempio, figure come i terapisti della respirazione), non si può non osservare che i pazienti ventilati in emergenza per lo più trascorrono le prime faticose 48 ore proprio nel DEA. Per quanto riguarda il trattamento nei reparti medici tradizionali, si ritengono essenziali una corretta formazione di tutto il personale, la possibilità di un appropriato monitoraggio del paziente (meglio se in aree critiche) e la possibilità di passare rapidamente a una ventilazione di tipo tradizionale se necessario: rispettati questi canoni è possibile trattare con successo anche in questo ambito, nonostante la letteratura consigli la selezione di pazienti meno gravi.

In proposito, nel paziente con riacutizzazione di COPD, alcuni lavori hanno valutato il setting più idoneo per il trattamento in base ai valori di pH: per valori inferiori a 7,30 (riacutizzazione grave) è consigliabile la gestione della NIMV in ambiente semintensivo (comprese le aree critiche mediche) o intensivo; per valori superiori a 7,30 (riacutizzazione lieve-moderata) il paziente, invece, può essere trattato con beneficio e sicurezza anche in reparto medico tradizionale.

Anche i costi globali di gestione sembrano simili per le due metodiche (invasiva e non invasiva), almeno nelle prime fasi; uno studio canadese compiuto su un periodo più lungo ha comunque dimostrato un risparmio netto di risorse materiali a favore della NIMV. Occorre però osservare come, nella maggior parte degli Stati europei e negli Stati Uniti, non vi sia un adeguato riconoscimento in termini di pagamento secondo DRG.

Si ribadisce, in ogni caso, come sia sempre indispensabile una formazione completa e accurata di tutto il personale dedicato alla gestione del paziente in NIMV (anche per quanto riguarda gli aspetti motivazionali) indipendentemente dal setting in cui si opera.

La sedazione del paziente durante NIMV sembrerebbe a volte necessaria per migliorare la compliance al trattamento, ma al contempo potrebbe peggiorare il drive ventilatorio del paziente e il sensorio: benché i dati in letteratura non siano consistenti e manchino studi importanti dedicati all'argomento, si può con buona approssimazione affermare che i farmaci più frequentemente utilizzati sono i neurolettici e gli

oppiacei (a basse dosi) anziché le benzodiazepine. A supporto di ciò riportiamo come alcuni studi recenti abbiano evidenziato un beneficio della NIMV anche nei pazienti con score di Kelly 4-5.

Conclusioni

I pazienti da candidare alla NIMV dovrebbero essere selezionati con cura attenendosi alle indicazioni attualmente disponibili. Il trattamento dovrebbe essere iniziato in un contesto ove sia garantito un adeguato monitoraggio (per esempio il DEA) e proseguito in ambiente intensivo (generale o respiratorio) o semintensivo (per esempio, reparti medici con area critica) fino a stabilizzazione.

La NIMV praticata a pazienti idonei, secondo protocolli e tecnologie standardizzati e condivisi, da parte di personale motivato e adeguatamente preparato garantisce buoni risultati clinici ed economici, per questo sono auspicabili all'interno delle Aziende Sanitarie:

- corsi di formazione per operatori NIMV;
- protocolli condivisi per la gestione della NIMV che coinvolgano diverse figure professionali e diverse strutture dell'azienda, garantendo così la continuità di cura;
- la presenza di un team multidisciplinare deputato alla gestione della NIMV nelle diverse fasi, dall'urgenza alla stabilizzazione del problema respiratorio.

Conflitto d'interesse

Gli autori dichiarano di essere esenti da conflitto di interesse.

Bibliografia

- [1] Liesching T, Kwok H, Hill NS. Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2003;124(2):699–713.
- [2] British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002; 57(3):192–211.
- [3] Sinuff T, Cook DJ, Randall J, Allen CJ. Evaluation of a practice guideline for noninvasive positive-pressure ventilation for acute respiratory failure. *Chest* 2003;123(6):2062–73.
- [4] Hill NS. Noninvasive positive pressure ventilation for respiratory failure caused by exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: a standard of care? *Crit Care Med* 2003;31(2):468–73.
- [5] Truitt JD, Bernard GR. Noninvasive ventilation – don't push too hard. *N Engl J Med* 2004;350(24):2512–3.
- [6] Kwok H, McCormack J, Cece R, Houtchens J, Hill NS. Controlled trial of oronasal versus nasal mask ventilation in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2003;31(2):468–73.
- [7] Navalesi P, Fanfulla F, Frigerio P, Gregoretti C, Nava S. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 2000;28(6):1785–90.
- [8] Antonelli M, Conti G, Pelosi P, Gregoretti C, Pennini MA, Costa R. New treatment of acute hypoxemic respiratory failure: noninvasive pressure support ventilation delivered by helmet – a pilot controlled trial. *Crit Care Med* 2002;30(3):602–8.
- [9] Ambrosino N, Foglio K, Rubini F, Clini E, Nava S, Vitacca M. Non-invasive mechanical ventilation in acute respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: correlates for success. *Thorax* 1995;50(7):755–7.
- [10] Soo Hoo GW, Santiago S, Williams AJ. Nasal mechanical ventilation for hypercapnic respiratory failure in chronic obstructive

- pulmonary disease: determinants of success and failure. *Crit Care Med* 1994;22(8):1253–61.
- [11] Antón A, Güell R, Gómez J, Serrano J, Castellano A. Predicting the result of noninvasive ventilation in severe acute exacerbations of patients with chronic airflow limitation. *Chest* 2000;117(3):828–33.
- [12] Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, Wunderink R, Tolley E. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. First-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure. *Chest* 1996;109(1):179–93.
- [13] Nava S, Evangelisti I, Rampulla C, Compagnoni ML, Fracchia C, Rubini F. Human and financial costs of noninvasive mechanical ventilation in patients affected by COPD and acute respiratory failure. *Chest* 1997;111(6):1631–8.
- [14] Keenan SP, Gregor J, Sibbald WJ, Cook D, Gafni A. Noninvasive positive pressure ventilation in the setting of severe, acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: more effective and less expensive. *Crit Care Med* 2000;28(6):2094–102.
- [15] Elliott MW, Confalonieri M, Nava S. Where to perform noninvasive ventilation? *Eur Respir J* 2002;19(6):1159–66.
- [16] Rowe BH. Noninvasive positive pressure ventilation in acute COPD. *Ann Emerg Med* 2004;43(1):133–5.
- [17] Barboni E, Binetti N, Carbone G, Di Battista N, Francesconi R, Giostra F, et al., Gruppo di Studio SIMEU (Società Italiana di Medicina d'Emergenza-Urgenza). NIMV in urgenza. Utilizzo precoce della ventilazione meccanica non invasiva in urgenza: linee guida SIMEU. In: *Atti del Corso di Aggiornamento in Medicina d'Urgenza "Behind the Swinging Doors"*; 2002.
- [18] Sinuff T, Cook DJ. Health technology assessment in the ICU: noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure. *J Crit Care* 2003;18(1):59–67.