



disponibile su www.sciencedirect.com



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



ARTICOLO ORIGINALE

Il sistema CPAP di Boussignac nell'insufficienza respiratoria acuta

Boussignac CPAP in acute respiratory failure

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

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

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

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

Ricevuto il 31 maggio 2010; accettato il 16 settembre 2010

disponibile online il 26 novembre 2010

KEYWORDS

Acute respiratory failure;
CPAP;
Medical ward.

Summary

Introduction: The application of continuous positive airway pressure (CPAP) is one of the most important therapeutic interventions used in patients with acute respiratory failure (ARF) secondary to acute cardiogenic pulmonary edema (ACPE). Thanks to its positive effects on both hemodynamics and ventilation, CPAP improves clinical and blood-gas parameters. Compared with standard oxygen therapy, use of CPAP is associated with decreased mortality and reduced need for intubation in these patients.

Aim of the study: This review examines the principles of CPAP, techniques and equipment used to deliver it, and clinical applications. Special emphasis is placed on CPAP delivered with the Boussignac device.

Discussion and conclusions: In emergency departments, this simple, lightweight, disposable device has proved to be well tolerated and similar to Venturi-like flow generators in terms of effectiveness. These findings suggest that Boussignac CPAP might be useful for managing ARF in non-critical care areas where other more complicated CPAP equipment (Venturi-like flow generators and ventilators) are not available (for example, in general medical wards).

© 2010 Elsevier Srl. All rights reserved.

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

Introduzione

Fin dall'inizio del secolo scorso si era notato come l'applicazione di una pressione positiva continua all'interno delle vie aeree risultasse utile in alcune condizioni cliniche: consentiva di migliorare l'ipossitemia da altitudine e di mantenere un'adeguata espansione del polmone durante interventi chirurgici sul torace.

Negli ultimi 30 anni l'applicazione di una pressione positiva continua alle vie aeree (CPAP) ha raggiunto progressivamente un ruolo determinante nel trattamento di alcune forme di insufficienza respiratoria acuta. Diversi studi hanno evidenziato un miglioramento significativo dei parametri clinici (frequenza respiratoria, score neurologico, impegno dei muscoli respiratori, sensazione soggettiva di dispnea) ed emogasanalitici (pH, PaO₂) nei pazienti trattati con metodiche CPAP rispetto all'ossigenoterapia tradizionale; nell'edema polmonare acuto cardiogenico revisioni sistematiche e metanalisi dei principali trial randomizzati e controllati hanno mostrato anche una riduzione della mortalità in acuto e della necessità di intubazione oro-tracheale [1–3]. Fattori determinanti per il successo di queste metodiche risultano essere: la corretta selezione dei pazienti da trattare, la precoce applicazione, l'addestramento del personale, un adeguato monitoraggio nel corso del trattamento.

I primi dati in letteratura relativi all'efficacia della CPAP nell'insufficienza respiratoria acuta provenivano da studi condotti in reparti di Terapia Intensiva ove queste metodiche venivano utilizzate con successo per evitare le complicanze legate all'intubazione o per svezzare il paziente dalla ventilazione meccanica tradizionale. Successivamente si è assistito a un incremento dei dati provenienti da altri ambiti, grazie alla diffusione della CPAP al di fuori delle Terapie Intensive: in particolare nei Dipartimenti di Emergenza-Urgenza per il trattamento precoce dell'insufficienza respiratoria acuta e infine anche nei reparti internistici per la gestione di pazienti complessi, anziani, con pluripatologia. A oggi la gestione delle diverse forme di insufficienza respiratoria acuta con metodiche di ventilazione meccanica non invasiva è pertanto, a tutti gli effetti, una gestione multidisciplinare coinvolgente professionisti e strutture diverse: è essenziale, quindi, possedere un linguaggio comune e strumenti condivisi fin dal domicilio del paziente, passando attraverso l'emergenza territoriale e i Dipartimenti di Emergenza, sino ai reparti medici tradizionali, alle aree critiche e alle Terapie Intensive.

CPAP significa erogare alle vie aeree del paziente una miscela di gas con pressioni positive costanti, uguali in 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, poi, diverse modalità di erogazione di una CPAP:

- tramite ventilatori, macchine in realtà create per gestire metodiche ventilatorie più complesse, ma che spesso possiedono opzioni CPAP;
- sistemi elettrici domiciliari, vale a dire piccoli sistemi compatti utilizzati per problematiche croniche (per esempio sindrome delle apnee istruttive del sonno);
- sistemi a gas medicali con pallone e valvola ad acqua, prevedono la semplice miscelazione di gas medicali da

sorgenti ad alto flusso. Diffusi sino a qualche anno fa nelle Terapie Intensive tradizionali, sono oramai in disuso;

- sistemi con generatore di flusso tipo Venturi, definiti come sistemi a elevato flusso, adatti a trattare pazienti "acuti" con elevata ventilazione polmonare;
- CPAP di Boussignac (Vygon[®]).

I sistemi Venturi a oggi risultano essere molto diffusi nelle realtà italiane; recentemente anche il sistema Boussignac ha ricevuto un notevole impulso grazie ad alcune caratteristiche di particolare praticità e maneggevolezza, che lo hanno reso utilizzabile in situazioni cliniche diversificate.

Definizione

Il sistema per CPAP elaborato dal ricercatore francese Georges Boussignac è costituito da un semplice generatore di pressione a forma di piccolo cilindro cavo aperto verso l'aria ambiente (dimensioni: lunghezza 5,5 cm; diametro 1,3 cm). Il generatore di pressione può essere connesso a maschere facciali, cannule tracheostomiche o tubi endotracheali e possiede due raccordi: uno per l'immissione dei gas medicali e uno per il controllo della pressione, il monitoraggio della CO₂ o un'eventuale aggiunta di gas medicali.

Può essere alimentato con ossigeno e/o aria compressa tramite raccordo standard con tubo e flussimetri (*fig. 1*).

Leggero, monouso, poco ingombrante, pratico, semplice ed estremamente efficace, si appronta in pochi istanti e non necessita di un corpo macchina che funga da generatore di flusso/pressione esterno, svolgendo esso stesso tale funzione. Queste caratteristiche lo rendono assai utile nelle situazioni di emergenza/urgenza.

Il sistema CPAP di Boussignac è un dispositivo medico certificato secondo la Direttiva Europea 93/42; è approvato dalla Food and Drug Administration ed è presente nel repertorio nazionale italiano dei dispositivi medici.

Note tecniche

Il suo funzionamento è assimilabile a quello di una turbina e può essere così esemplificato: le particelle del gas sorgente vengono accelerate fino alla velocità del suono in piccoli canalicoli e introdotte violentemente all'interno del cilindro dove generano un moto turbolento, urtando tra loro e contro le pareti del cilindro stesso, ove è presente un apposito sistema deflettore. La turbolenza del gas produce un "diagramma virtuale" tra paziente e ambiente esterno costituito appunto da particelle di gas in rapido movimento concentrate al centro del cilindro: l'energia cinetica delle particelle di gas genera quindi una pressione positiva espiratoria e una pressione positiva inspiratoria simili, costituendo a tutti gli effetti una CPAP (*fig. 2*). Il flusso, utilizzato in questo modo, genera una pressione.

Tale meccanismo risulta differente da quello utilizzato nei sistemi CPAP di tipo Venturi in cui, sulla base delle teorie di Bernoulli e Poiseuille, un gas sorgente (solitamente ossigeno) viene accelerato attraverso condotti di sezione progressivamente minore sino a che la pressione esercitata dal gas sulle pareti all'interno del condotto diviene inferiore alla pressione atmosferica: in questo punto del condotto, l'apertura

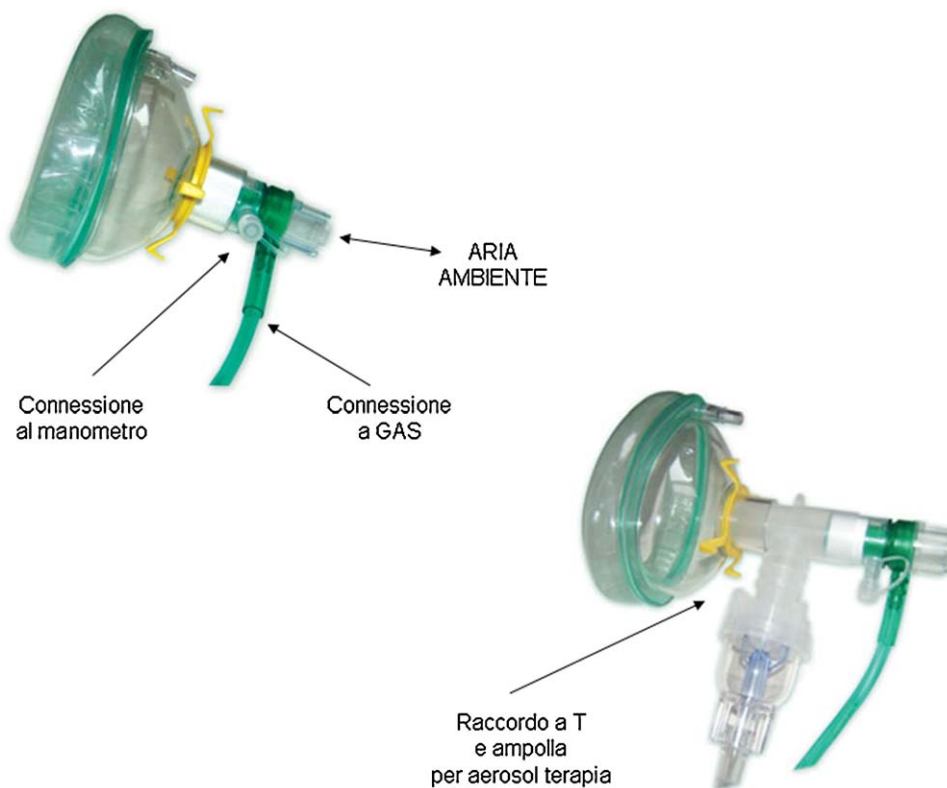


Figura 1 Sistema CPAP di Boussignac.

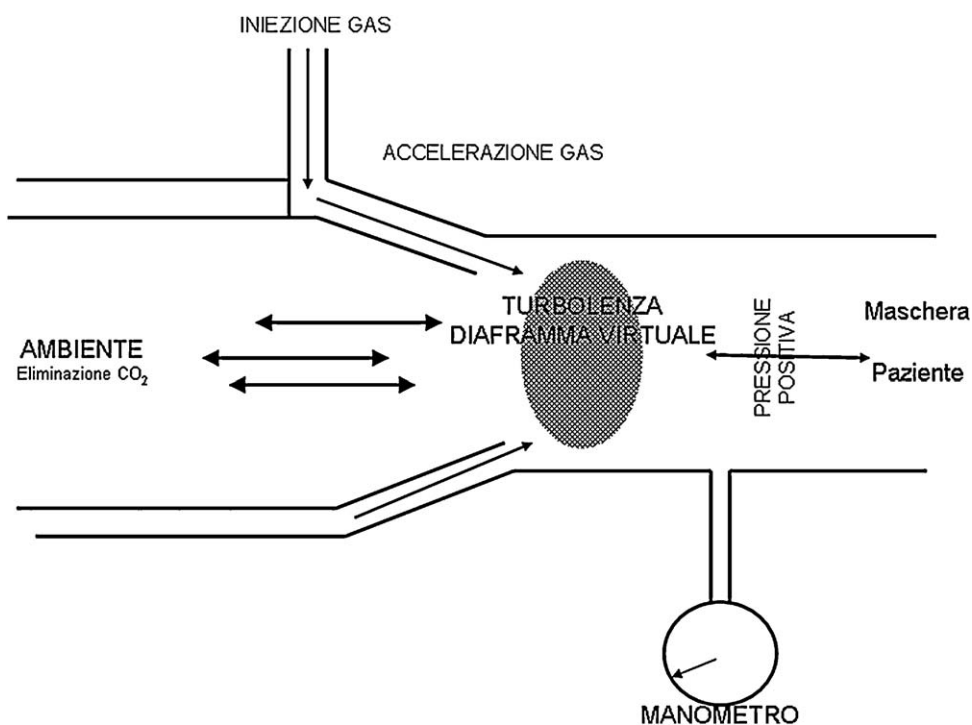


Figura 2 Schema esemplificativo di funzionamento del sistema CPAP di Boussignac.

di una finestra verso l'ambiente consente all'aria, per gradiente pressorio, di entrare nel circuito e miscelarsi al gas già presente all'interno. Il risultato è, in uscita al paziente, una miscela gas-aria ambiente a elevato flusso

(> 130/140 L/min) che viene convogliata in un sistema chiuso tubo/maschera la cui pressione interna dipende dall'entità del flusso stesso ed è regolata da una valvola a molla (fig. 3).

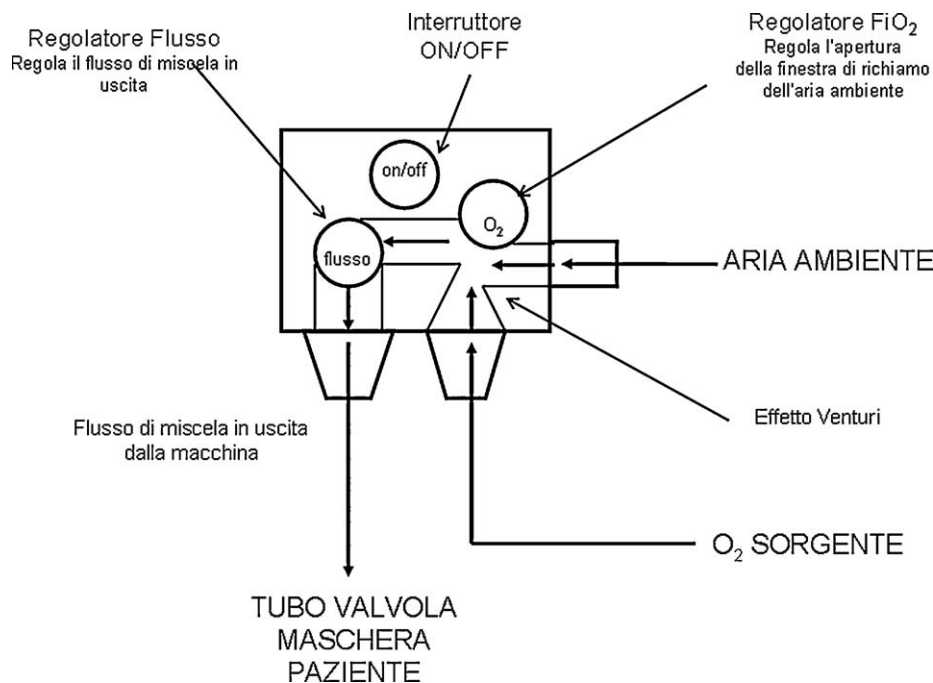


Figura 3 Schema esemplificativo di funzionamento di un sistema CPAP con generatore di flusso tipo Venturi.

Confronto con i sistemi Venturi

A differenza dei sistemi CPAP di tipo Venturi, in cui il flusso di miscela ossigeno sorgente/aria ambiente viene convogliato in un sistema "chiuso" a elevato spazio morto (tubo/maschera) che si continua in serie con le vie aeree del paziente, il sistema di Boussignac è un sistema "aperto" a basso spazio morto (connesso direttamente alla maschera facciale) in costante comunicazione con l'ambiente: per questa ragione offre alcuni vantaggi come la possibilità di introdurre nelle vie aeree del paziente sonde (per esempio aspirazione di secrezioni, drenaggio gastrico, fibrobroncoscopia), garantisce sicurezza (per esempio basso rischio di barotrauma e di inalazione) e risulta generalmente ben tollerato dal paziente.

La reale pressione ottenuta all'interno del sistema può essere misurata in continuo con un manometro raccordato al cilindro: tale pressione dipende strettamente dalla ventilazione polmonare totale del paziente e dall'entità del flusso del gas sorgente. Per tale motivo il sistema viene di solito utilizzato con flussimetri da 30 L/min che, se totalmente aperti, consentono di ottenere pressioni di fine espirazione (PEEP) più elevate (circa 9-10 cm di H₂O), mentre i flussimetri tradizionali da 15 L/min, quando completamente aperti, realizzano una PEEP di circa 5 cm di H₂O. Valori pressori di 5-7 cm di H₂O sono comunque ottenuti agevolmente anche da pazienti con elevato drive ventilatorio.

Per quanto riguarda l'alimentazione dei gas, se si utilizza soltanto O₂ il sistema eroga tendenzialmente elevate FiO₂ (> 60-70%) e ciò ne controindica l'uso nel paziente con ipercapnia cronica o presunto tale: peraltro non è previsto che si possa misurare con precisione in continuo la reale FiO₂ erogata al paziente. La caratteristica dell'alimentazione solo con O₂ è proprio quella di garantire elevate FiO₂ anche per alti volumi di ventilazione polmonare totale:

sperimentalmente si è osservato che, mantenendo una pressione espiratoria di 10 cm di H₂O, può assicurare FiO₂ fino al 100% per valori di ventilazione < 15 L/min, dal 59% all'83% per volumi di ventilazione compresi tra 15 e 20 L/min e fino al 60% per volumi di 30 L/min, a seconda del volume corrente e della frequenza respiratoria [4]. Per ridurre la FiO₂ somministrata vi è la possibilità di alimentare il sistema con O₂ e aria compressa miscelate tramite un raccordo a T e due flussimetri; la doppia alimentazione permette di ottenere anche pressioni elevate. Allo scopo di ottenere un miglior monitoraggio viene fornita una tabella di riferimento nella quale si desumono indicativamente le diverse FiO₂ e i diversi valori pressori in funzione dell'apertura dei due flussimetri, O₂ e aria. Recentemente in Italia è stata introdotta la possibilità di interporre tra il tubo e la maschera un regolatore che consente di ridurre la FiO₂ in percentuali crescenti quando sia disponibile solo O₂ come unica fonte di gas. In entrambe le configurazioni citate, però, a nostro avviso il dispositivo perde una delle peculiarità che ne hanno determinato il successo, vale a dire la sua elevata semplicità di impiego in urgenza e in reparto.

Il consumo di gas medicale del sistema Boussignac è relativamente modesto e facilmente desumibile essendo dipendente soltanto dall'entità dell'apertura del flussimetro. Come già sopra rilevato e senza tenere conto della ventilazione polmonare del paziente, un flusso di 15 L/min di gas genera una pressione di circa 5 cm di H₂O, mentre un flusso di 30 L/min genera una PEEP di circa 10 cm di H₂O; questi consumi sono sensibilmente inferiori rispetto ad alcuni sistemi di tipo Venturi che possono richiedere flussi molto più elevati di gas per ottenere risultati analoghi. Ovviamente è necessario un corretto posizionamento dell'interfaccia atto a minimizzare le perdite, che comporterebbero la necessità di impiegare un flusso aggiuntivo allo scopo di mantenere le pressioni desiderate.

Tabella 1 Effetti emodinamici e ventilatori dell'applicazione di una pressione positiva all'interno del torace in corso di edema polmonare acuto cardiogenico

Effetti emodinamici	Effetti ventilatori
Riduzione del precarico del ventricolo sinistro; Riduzione della pressione trasmurale del ventricolo sinistro; Riduzione del postcarico del ventricolo sinistro; Shift del setto interventricolare	Redistribuzione dell'edema; Reclutamento alveolare; Aumento della capacità funzionale residua; Diminuzione del lavoro respiratorio

Applicazioni cliniche

I principali studi sull'uso del sistema CPAP di Boussignac sono stati condotti nei Dipartimenti di Emergenza e nelle Terapie Intensive [5–8]; il presidio, per le sue caratteristiche, è stato utilizzato nel trattamento di diverse forme di insufficienza respiratoria acuta prevalentemente di tipo ipossiémico, in particolare nelle forme refrattarie all'ossigenoterapia convenzionale [9]. Ne è stata riconosciuta l'utilità in primis nell'edema polmonare acuto cardiogenico [10,11], ove come CPAP riveste un ruolo importante, ma anche in altre forme di ipossiémia acuta, eventualmente come provvedimento ponte verso l'accesso al Dipartimento di Emergenza e Accettazione, alle Terapie Intensive e a trattamenti più appropriati. Si ricorda, infatti, che i comuni sistemi di ossigenazione con maschera non sono sempre in grado di fornire adeguate FiO₂ per elevati valori di ventilazione polmonare, come spesso accade nei pazienti ipossiémici "acuti" che richiedono alti flussi inspiratori di gas; a tal proposito si rammenta che le tradizionali maschere di Venturi non garantiscono di solito FiO₂ superiori al 50% e addirittura forniscono valori inferiori di FiO₂ per flussi inspiratori particolarmente elevati (30-40 L/min).

- **Edema polmonare acuto cardiogenico:** è la patologia che annovera dati più consistenti probabilmente per i noti effetti benefici di tipo ventilatorio ed emodinamico che la CPAP in generale produce in questa condizione (tabella 1). Sono diversi gli studi condotti in Pronto Soccorso ma anche in ambito preospedaliero sin dal domicilio del paziente. I risultati ottenuti sono analoghi a quelli prodotti in studi con generatori di flusso tipo Venturi: miglioramento significativo dei parametri clinici ed emogasanalitici, riduzione delle intubazioni, del tempo di degenza e della mortalità in acuto. È da segnalare la buona tollerabilità riportata.
- **Atelettasia:** sono descritti alcuni casi in cui il sistema Boussignac è stato utilizzato con beneficio nel trattamento di forme di insufficienza respiratoria acuta causata da atelettasia postoperatoria. Il trattamento è stato utile per evitare una reintubazione [12].
- **Weaning:** l'applicazione della CPAP di Boussignac anche tramite cannula tracheostomica ha ottenuto risultati incoraggianti nello svezzamento da ventilazione meccanica tradizionale, migliorando l'outcome di questi pazienti (riduzione della necessità di reintubazione) [13].
- **Broncoscopia:** poiché il sistema è "aperto", esiste la possibilità di introdurre un fibroscopio sottile nel cilindro per eseguire una broncoscopia. Ciò consente di sottoporre a esame endoscopico anche pazienti con ipossiémia severa [14], prevenendo i rischi insiti nella manovra.
- **Rianimazione cardiopolmonare:** diversi studi documentano come l'applicazione del cilindro di Boussignac alimentato a

ossigeno all'estremità di un tubo endotracheale durante rianimazione cardiopolmonare con sole compressioni toraciche produca valori di gas arteriosi sovrapponibili a quelli ottenuti tradizionalmente con compressioni toraciche e ventilazione con pallone Ambu e ossigeno. La pressione positiva endotoracica e l'elevata FiO₂, unitamente alle compressioni sul torace, sarebbero sufficienti a garantire un'adeguata ventilazione polmonare e un accettabile scambio gassoso [15,16].

- **Asma acuto:** in pazienti con asma acuto lieve-moderato che non soddisfano i criteri per l'intubazione, ma rimangono ipossiémici in ossigenoterapia standard, la nebulizzazione di beta₂-agonisti "short acting" in corso di CPAP di Boussignac a basse pressioni può favorire, velocizzando, la risoluzione della crisi. La nebulizzazione avviene con raccordo a T tra maschera e cilindro su cui si inserisce un'ampolla per aerosol terapia. Mancano, però, dati consistenti in merito (piccole serie di casi) e in generale il trattamento con CPAP nell'asma non è ancora codificato [17].
- **Trauma toracico, contusione polmonare:** esistono già studi [18–21], alcuni dei quali controllati, che dimostrano la validità dei sistemi CPAP anche in alternativa alla ventilazione invasiva purché impiegati congiuntamente a un'adeguata analgesia, ma per quanto riguarda specificamente il device di Boussignac sono disponibili solo alcuni case-report [9].
- **Polmonite severa, acute lung injury, acute respiratory distress syndrome:** per tali condizioni patologiche mancano dati consistenti. In generale, in questi casi la CPAP manca di reale evidenza di efficacia. Sono situazioni a elevato rischio di evoluzione sfavorevole nelle quali l'intubazione e la ventilazione meccanica tradizionale non vanno dilazionate.

Conclusioni

In conclusione, il sistema CPAP di Boussignac risulta essere un presidio efficace nel trattamento di alcune forme di insufficienza respiratoria acuta ipossiémica, in particolare nell'edema polmonare acuto cardiogenico. Può consentire il raggiungimento di valori accettabili di ossigenazione, laddove i sistemi di ossigenoterapia standard falliscono, sommando la capacità di erogare flussi elevati, elevate FiO₂ e pressione positiva. I vantaggi di questo sistema rispetto ad altri in grado di generare CPAP possono essere così riassunti: basso costo, basso consumo di gas, praticità e semplicità di utilizzo (specie se monoalimentato), buona tollerabilità, sicurezza; tali caratteristiche lo rendono particolarmente utile anche nei reparti internistici tradizionali.

Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di essere esenti da conflitto di interessi.

Bibliografia

- [1] Masip J, Roque M, Sánchez B, Fernández R, Subirana M, Expósito JA. Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2005; 294(24):3124–30.
- [2] Peter JV, Moran JL, Phillips-Hughes J, Graham P, Bersten AD. Effect of non-invasive positive pressure ventilation (NIPPV) on mortality in patients with acute cardiogenic pulmonary oedema: a meta-analysis. *Lancet* 2006;367(9517):1155–63.
- [3] Winck JC, Azevedo LF, Costa-Pereira A, Antonelli M, Wyatt JC. Efficacy and safety of non-invasive ventilation in the treatment of acute cardiogenic pulmonary edema – a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 2006;10(2):R69.
- [4] Templier F, Dolveck F, Baer M, Chauvin M, Fletcher D. Laboratory testing measurement of FIO2 delivered by Boussignac CPAP system with an input of 100% oxygen. *Ann Fr Anesth Reanim* 2003;22(2):103–7.
- [5] Templier F, Dolveck F, Baer M, Chauvin M, Fletcher D. Boussignac” continuous positive airway pressure system: practical use in a prehospital medical care unit. *Eur J Emerg Med* 2003; 10(2):87–93.
- [6] Moritz F, Benichou J, Vanheste M, Richard JC, Line S, Hellot MF, et al. Boussignac continuous positive airway pressure device in the emergency care of acute cardiogenic pulmonary oedema: a randomized pilot study. *Eur J Emerg Med* 2003;10(3):204–8.
- [7] Leman P, Greene S, Whelan K, Legassick T. Simple lightweight disposable continuous positive airways pressure mask to effectively treat acute pulmonary oedema: randomized controlled trial. *Emerg Med Australas* 2005;17(3):224–30.
- [8] Moritz F, Brousse B, Gellée B, Chajara A, L’Her E, Hellot MF, et al. Continuous positive airway pressure versus bilevel noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: a randomized multicenter trial. *Ann Emerg Med* 2007;50(6):666–75. 675.e1.
- [9] Cigada M, Elia G, Umbrello M, Giacomini M, Mistraretti G, Tommasino C, et al. Novel indications for the Boussignac CPAP valve. *Intensive Care Med* 2007;33(2):374–5.
- [10] Dieperink W, van der Horst IC, Nannenbergh-Koops JW, Brouwer HW, Jaarsma T, Nieuwland W, et al. A 64-year old man who sustained many episodes of acute cardiogenic pulmonary edema successfully treated with Boussignac continuous positive airway pressure: a case report. *Int J Cardiol* 2007;119(2):268–70.
- [11] Dieperink W, Jaarsma T, van der Horst IC, Nieuwland W, Vermeulen KM, Rosman H, et al. Boussignac continuous positive airway pressure for the management of acute cardiogenic pulmonary edema: prospective study with a retrospective control group. *BMC Cardiovasc Disord* 2007;7:40.
- [12] Gaszynski T, Tokarz A, Piotrowski D, Machala W. Boussignac CPAP in the postoperative period in morbidly obese patients. *Obes Surg* 2007;17(4):452–6.
- [13] Dieperink W, Aarts LP, Rodgers MG, Delwig H, Nijsten MW. Boussignac continuous positive airway pressure for weaning with tracheostomy tubes. *Respiration* 2008;75(4):427–31.
- [14] 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(3 Pt 1):1063–7.
- [15] Saïssy JM, Boussignac G, Cheptel E, Rouvin B, Fontaine D, Bargues L, et al. Efficacy of continuous insufflation of oxygen combined with active cardiac compression-decompression during out-of-hospital cardiorespiratory arrest. *Anesthesiology* 2000;92(6):1523–30.
- [16] Bertrand C, Hemery F, Carli P, Goldstein P, Espesson C, Ruttimann M, et al., Boussignac Study Group. Constant flow insufflation of oxygen as the sole mode of ventilation during out-of-hospital cardiac arrest. *Intensive Care Med* 2006;32(6): 843–51.
- [17] Ferrari R, Lazzari R, Agostinelli D, Giostra F, Groff P, Golinelli MP, et al. Expanding the applications of CPAP in the treatment of acute hypoxemic non-hypercapnic respiratory failure in the emergency department: acute asthma. *Chest* 2007;132(4 Suppl):513S.
- [18] Linton DM, Potgieter PD. Conservative management of blunt chest trauma. *S Afr Med J* 1982;61(24):917–9.
- [19] Hurst JM, DeHaven CB, Branson RD. Use of CPAP mask as the sole mode of ventilatory support in trauma patients with mild to moderate respiratory insufficiency. *J Trauma* 1985;25(11): 1065–8.
- [20] Bolliger CT, Van Eeden SF. Treatment of multiple rib fractures. Randomized controlled trial comparing ventilatory with non-ventilatory management. *Chest* 1990;97(4):943–8.
- [21] Gunduz M, Unlugenc H, Ozalevli M, Inanoglu K, Akman H. A comparative study of continuous positive airway pressure (CPAP) and intermittent positive pressure ventilation (IPPV) in patients with flail chest. *Emerg Med J* 2005;22(5):325–9.