

Aumentare la sicurezza dell'aspirazione

Patricia Carroll, RN, BC, CEN, RRT, MS

Abstract

L'aspirazione in campo medico è essenziale per la cura del paziente. Tuttavia, solo pochi medici ricevono una formazione sui principi della fisica che governano l'uso sicuro di tale tecnica. Mentre tutti gli otto produttori di regolatori di vuoto venduti in Nord America richiedono l'occlusione del tubo prima di impostare o modificare i livelli di vuoto, dai dati raccolti emerge che i medici non sono a conoscenza di questo requisito o saltano questo passaggio quando vengono a trovarsi in tempistiche ristrette.

Questo articolo riassume la fisica in materia di aspirazione medica, le conseguenze di una mucosa danneggiata, i rischi per la sicurezza del paziente quando i livelli di aspirazione non sono impostati correttamente e regolati, e le tecnologie avanzate che migliorano la sicurezza del paziente.

L'aspirazione medica è una parte essenziale della pratica clinica. Dal 1920, è stata utilizzata per svuotare lo stomaco, e negli anni '50, i livelli delle vie di aspirazione sono stati regolamentati per la sicurezza. Oggi, l'aspirazione medica viene utilizzata per neonati e anziani, e per pazienti di peso compreso tra 500 grammi e 227 chili. L'aspirazione medica libera le vie respiratorie, svuota lo stomaco, decomprime il petto, e mantiene il campo operatorio pulito. È essenziale che i medici abbiano una strumentazione affidabile che sia precisa e facile da usare.

Perché la consapevolezza di sicurezza è importante

L'attuale attenzione sulla sicurezza dei pazienti si estende alle tecniche di aspirazione e alle procedure. Quando la pressione di aspirazione è troppo alta, si verifica un danno alle mucose, sia nelle vie aeree (1) che nello stomaco. Se troppa pressione negativa venisse applicata attraverso il tubo toracico, il tessuto polmonare potrebbe subire una aspirazione attraverso "tirato" attraverso i fori terminali di un catetere (2) toracico. I ricercatori stanno valutando il collegamento che intercorre tra il danno della mucosa delle vie aeree e la polmonite associata a ventilazione. In pediatria, i cateteri delle vie di aspirazione sono inseriti per una lunghezza misurata preventivamente che evita che il catetere di aspirazione venga a contatto con la mucosa tracheale distale al tubo endotracheale (3). Il danno della mucosa può essere mitigato con tecniche appropriate di aspirazione, e ogni sforzo dovrebbe essere fatto per ridurre questa lesione al sistema immunitario in pazienti nei quali è già compromesso. La mucosa delle vie aeree danneggiata rilascia sostanze nutritive che favoriscono la crescita dei batteri, 4 e P. aeruginosa e altri organismi sono attratti dall'epitelio danneggiato. 5,6 Un danno alle mucose dello stomaco può causare emorragie e anemia così come la formazione di tessuto cicatriziale.

Principi fisici

Portata è il termine che viene usato per descrivere quanto velocemente l'aria, il fluido o le secrezioni vengono rimossi dal

paziente. Idealmente, i medici necessitano della migliore portata su un sistema a vuoto alla pressione negativa più bassa. Tre fattori principali influenzano la portata di un sistema di aspirazione:

- La quantità di pressione negativa (depressione)
- La resistenza del sistema di aspirazione
- La viscosità della materia rimosso

La pressione negativa utilizzata stabilisce il gradiente di pressione che muoverà l'aria, il fluido o le secrezioni. I materiali saranno spostati da una zona di pressione più elevata nel paziente ad una zona di pressione inferiore nella apparecchiatura di aspirazione. La resistenza del sistema è determinata principalmente dalla parte più stretta del sistema - tipicamente, un tubo connettore - ma la lunghezza del tubo nel sistema può aumentare la resistenza.

Un fluido acquoso come il sangue si muoverà attraverso il sistema di aspirazione molto più rapidamente di sostanze spesse quali il catarro. Un tempo, si pensava che instillare normale soluzione fisiologica in una via aerea artificiale avrebbe diminuito le secrezioni, migliorando il flusso delle secrezioni aspirato dalle vie aeree. Tuttavia, la ricerca mostra che in realtà non si verifica alcun assottigliamento e l'ossigenazione dei pazienti diminuisce con l'installazione di soluzione salina. Così, questa pratica dovrebbe essere abbandonata 7,8

Aumentando il diametro interno del tubo di aspirazione o del catetere aumenta in modo più efficiente il flusso rispetto ad aumentare la pressione negativa o accorciando la lunghezza del tubo. Tuttavia, nella maggior parte delle applicazioni cliniche il peso del paziente sarà il fattore chiave che determina la dimensione del catetere che potrà essere utilizzato in modo sicuro. I ricercatori del Madigan Army Medical Center hanno analizzato i fattori che influenzano l'evacuazione della faringe orale per gestire le emergenze delle vie aeree. Essi hanno testato tre sostanze -90 mL di acqua, carbone attivo, e brodo vegetale con tre differenti sistemi di aspirazione, procedendo da un diametro interno standard di 6,35 mm (0,25 pollici) per passare ad un diametro interno di 15,87 mm (0,625 pollici) nel punto più restrittivo. Tutti i sistemi hanno evacuato l'acqua in tre secondi. La tubazione di diametro maggiore ha rimosso il brodo 10 secondi più velocemente e la miscela di carbone 40 secondi più velocemente rispetto i sistemi tradizionali (6,35 mm). I ricercatori fanno notare che questo vantaggio nella rimozione di materiale particellare può accelerare la gestione delle vie aeree e ridurre il rischio o ridurre al minimo le complicanze da aspirazione. 9,10,11

Costituzione del Sistema di aspirazione

regolatore di vuoto
 ┆
 tubo di collegamento da 30 cm
 ┆
 1500cc (vuoto) bottiglia di raccolta
 ┆
 tubo di collegamento 180cm standard
 ┆
 14 catetere aspirazione

Caso analizzato

Un'infermiera passando accanto al letto di un bambino in terapia intensiva ha visto del sangue all'interno del tubo utilizzato per l'aspirazione delle vie aeree. Dopo aver controllato la condizione del bambino, era evidente che il sanguinamento non era previsto. Ulteriori analisi hanno determinato che il livello massimo di pressione negativa impostato sul regolatore parete era -200mmHg; molto più di quanto i livelli di aspirazione sono raccomandati per i bambini. L'infermiera che aveva eseguito l'aspirazione non aveva occluso il tubo e fissato un livello massimo di sicurezza di pressione negativa. (Comunicazione personale di Ohio Medical Corporation)

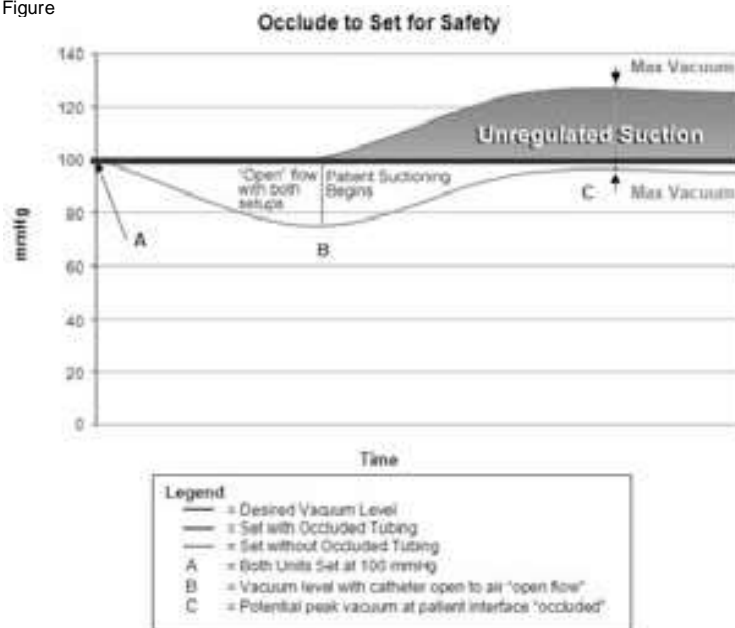
I regolatori di vuoto sono da sempre presenti in ambiente ospedaliero. I medici li usano tutti i giorni e potrebbero non prestare la dovuta attenzione a questa apparecchiatura come con le esigenze del monitor e dei dispositivi di allarme di loro competenza non dedicando una appropriata attenzione e tempo. Pochi medici conoscono i punti più critici dei sistemi di aspirazione. Un testo fondamentale di medicina pubblicato nel 2007 (12) non specifica elementi di criticità, se non per sottolineare come l'infermiera debba seguire le istruzioni del produttore. Il testo lascia fuori dalla sua analisi, il passaggio universale "occludere per impostare" che è consigliato da tutti gli otto produttori di regolatori di vuoto utilizzati in Nord America.

Mentre un certo numero di organizzazioni hanno pubblicato linee guida, spetta sempre in ultima analisi ai medici determinare il livello massimo ammissibile di pressione negativa che può essere applicata al paziente. Questo è determinato da una serie di fattori: dove deve essere

applicata la pressione di aspirazione (vie aeree, stomaco, faringe, cavità pleurica, campo operativo), l'età e il peso del paziente, la suscettibilità della mucosa o altri danni ai tessuti, e i rischi associati con la rimozione di aria durante la procedura di aspirazione.

Una volta che il livello massimo è stato determinato, il regolatore di vuoto deve essere regolato in modo che la pressione massima venga bloccata; cioè, il regolatore deve essere impostato correttamente in modo da non consentire una maggiore pressione da trasmettere al paziente. Con la tecnologia tradizionale, i medici devono attivamente occludere il sistema sia pizzicando il tubo di aspirazione chiuso o occludere l'adattatore porta gomma (cui è collegato il tubo) con il dito. Una volta che il sistema è occluso, il regolatore è impostato alla pressione massima desiderata; quindi l'occlusione viene rilasciata. Se il sistema non è occluso durante il set-up, la pressione massima non è regolata e può raggiungere livelli nocivi (vedi Figura 1 e riquadro 2).

Figure



cateteri per rimuovere le sostanze dal corpo, il livello di flusso aperto cambia continuamente in base al riempimento del catetere e la viscosità della sostanza rimossa. In queste condizioni dinamiche, il regolatore compensa continuamente regolando la portata all'interno del dispositivo e del tubo per mantenere la pressione negativa desiderata. Periodicamente, tappi di muco o di particelle possono occludere il tubo del paziente. Se il sistema non è stato occluso per stabilire la sicurezza della pressione massima al set-up, la pressione spingerà per eliminare l'occlusione, e una volta che l'occlusione riesce a passare, il paziente viene sottoposto a pressioni non regolari potenzialmente pericolose (vedi Figura 1).

La Figura 1 illustra i risultati di un test di due sistemi di aspirazione. I sistemi sono stati regolati in modo identico come indicato nel riquadro 1. Il livello massimo desiderato di aspirazione è di 100 mmHg (A). Un unico sistema è stato fissato a 100 mmHg con il sistema aperto al flusso (linea rossa); l'altro è stato fissato occludendo il sistema per impostare 100 mmHg (linea verde). Durante il flusso aperto, il sistema "chiuso per la regolazione" avrà una pressione inferiore alla pressione massima desiderata perché non vi sono occlusioni (B). Una volta che l'aspirazione inizia, una condizione di flusso dinamico si verifica con livelli di ostruzione variabile, e l'aumento della pressione all'interno di entrambi i sistemi. Il punto di massima aspirazione è fondamentale. Nel sistema "chiuso per la regolazione", la pressione non supera mai la pressione massima desiderata di 100 mmHg. Nell'altro sistema, la pressione in questo test raggiunge i 125 mmHg di aspirazione non regolata. Senza il sistema "chiuso per regolazione," la pressione può salire fino al 25% oltre il livello massimo desiderato o ulteriormente, esponendo il paziente a un rischio per la sicurezza quando è necessaria invece un'aspirazione regolare.

Un'alta pressione negativa è un particolare pericolo per i pazienti con una mucosa friabile nelle vie aeree o nello stomaco, rendendolo più suscettibile alle rotture traumatiche. E' anche un pericolo per i bambini che hanno volumi polmonari di piccole dimensioni. Quando tutte le altre variabili sono stabili, un aumento del 25% nella pressione negativa aumenta la quantità di aria aspirata attraverso il sistema del 25%. Tale aumento potrebbe tradursi in una significativa perdita di volume polmonare nei neonati intubati e negli infanti.¹³

Evoluzione delle tecnologie per la sicurezza

Un dispositivo ideale per la sicurezza del paziente rimuove le variabili cliniche per quanto possibile, fornendo la sicurezza aggiunta passivamente mentre il clinico esegue la procedura. Tradizionalmente, la sicurezza ottimale della pressione di vuoto regolamentato è dipesa dall'azione dei medici che occludevano il sistema per impostare la massima pressione. Ora una tecnologia innovativa da Ohio Medical Corporation nella sua nuova unità intermittente aspirazione (ISU), occlude automaticamente il sistema quando il clinico regola il livello di pressione. Questo crea un sistema di sicurezza altamente efficace, una sicurezza passiva che rimuove le variabili cliniche e protegge il paziente da indesiderati, picchi di pressione non regolamentati durante le procedure di aspirazione. Il "push to set" innovazione assicura il medico che il paziente non sarà sottoposto a pressione superiore a quella impostata sul regolatore.

Un altro aspetto chiave per la sicurezza di qualsiasi regolatore del vuoto è la capacità di adattarsi rapidamente alle modalità di vuoto completo in caso di emergenza ed evacuazione rapida

è essenziale. Un concetto unico inoltre introdotto da Ohio Medical è il design a doppia molla del modulo di regolazione contenuto all'interno del regolatore del vuoto. Questa funzione fornisce al clinico la capacità di controllare livelli di vuoto più precisamente nel range clinico di 0-200 mmHg e la capacità di raggiungere vuoto completo quando necessario, con solo 2 giri del pomolo sul regolatore. In altri regolatori, sono necessari sei o più giri manopola per ottenere il "vuoto completo," e la capacità di "vuoto assoluto" possono essere limitati alla gamma clinica, non il sistema di vuoto completo fornito dalla Ohio Medical ISU. In quanto il vuoto completo è necessario in condizioni di emergenza, questa maggiore reattività permette di risparmiare tempo quando anche i secondi sono fondamentali.

Mentre i regolatori di vuoto sono spesso considerati attrezzature basiche in ospedale, la ricerca e l'innovazione effettuate da Ohio Medical Corporation ha dimostrato come i regolatori di vuoto hanno un ruolo nel migliorare la sicurezza dei pazienti in ambito clinico. I medici dovrebbero sostenere per tecnologie che forniscano una protezione di sicurezza passiva, un controllo maggiore delle pressioni di vuoto, una risposta rapida e la facilità d'uso - contribuendo ad una cultura della sicurezza intorno al paziente.

References

- 1 Czarnik RE, Stone KS, Everhart CC, Preusser BA: Differential effects of continuous versus intermittent suction on tracheal tissue. *Heart & Lung* 1991; 20(2):144-151.
- 2 Duncan C, Erickson R: Pressures associated with chest tube stripping. *Heart & Lung* 1992; 11(2):166-171.
- 3 Altimier L: Editorial [Evidence-based neonatal respiratory management policy]. *Newborn and Infant Nursing Reviews* 2006; 6(2):43-51.
- 4 Wilson R: Bacteria and airway inflammation in chronic obstructive pulmonary disease: more evidence. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2005; 172(2):147-148.
- 5 Dowling RB, Johnson M, Cole PJ, Wilson R: Effect of fluticasone propionate and salmeterol on Pseudomonas aeruginosa infection of the respiratory mucosa in vitro. *European Respiratory Journal* 1999; 14:363-369.
- 6 Rutman A, Dowling R, Wills P, Feldman C, Cole PJ, Wilson R: Effect of dirithromycin on Haemophilus influenzae infection on the respiratory mucosa. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 1998; 42(4):772-778.
- 7 Ackerman MH, Ecklund MM, Abu-Jumah: A review of normal saline installation: implications for practice. *Dimensions of Critical Care Nursing* 1996; 15(1):31-38.
- 8 Raymond SJ: Normal saline instillation before suctioning: helpful or harmful? A review of the literature. *American Journal of Critical Care* 1995; 4(4):267-271.
- 9 Vandenberg JT, Rudman NT, Burke TF, Ramos DE: Large-diameter suction tubing significantly improves evacuation time of simulated vomitus. *American Journal of Emergency Medicine* 1998; 16(3):242-244.
- 10 Vandenberg JT, Lutz RH, Vinson DR: Large-diameter suction system reduces oropharyngeal evacuation time. *Journal of Emergency Medicine* 1999; 17(6):941-944.
- 11 Vandenberg JT, Vinson DR: The inadequacies of contemporary oropharyngeal suction. *American Journal of Emergency Medicine* 1999; 17(6):611-613.
- 12 Wilkinson JM, VanLeuven K: Fundamentals of nursing: thinking and doing vol. 2. 2007. FA Davis Company, Philadelphia.
- 13 Morrow BR, Futter MJ, Argent AC: Endotracheal suctioning: from principles to practice. *Neonatal and Pediatric Intensive Care* 2004; 30(6):1167-117

Enhancing the Safety of Medical Suction

Patricia Carroll, RN, BC, CEN, RRT, MS

Abstract

Medical suctioning is essential for patient care. However, few clinicians receive training on the principles of physics that govern the safe use of medical suction. While all eight manufacturers of vacuum regulators sold in North America require occlusion of the tube before setting or changing vacuum levels, anecdotal evidence reveals that clinicians are not aware of this requirement or skip this step when pressed for time. This white paper summarizes the physics relating to medical suction, the consequences of damaged mucosa, the risks to patient safety when suction levels are not properly set and regulated, and technology advances that enhance patient safety.

Medical suction is an essential part of clinical practice. Since the 1920s, it has been used to empty the stomach, and in the 1950s, airway suction levels were first regulated for safety. Today, medical suction is used for newly born babies and seniors, and in patients weighing between 500 grams and 500 pounds. Medical suction clears the airway, empties the stomach, decompresses the chest, and keeps the operative field clear. It is essential that clinicians have reliable equipment that is accurate and easy to use.

Why a safety mindset is important

The current focus on patient safety extends to suction procedures and routines. When suction pressures are too high, mucosal damage occurs, both in the airway¹ and in the stomach. If too much negative pressure is applied through a chest tube, lung tissue can be drawn into the eyelets of a thoracic catheter.² Researchers are examining the connection between airway mucosal damage and ventilator-associated pneumonia. In pediatrics, airway suction catheters are inserted to a pre-measured length that avoids letting the suction catheter come in contact with the tracheal mucosa distal to the endotracheal tube.³ Mucosal damage can also be mitigated with appropriate suction techniques, and every effort should be made to reduce this insult to the immune system of patients who are already compromised. Damaged airway mucosa releases nutrients that support bacterial growth,⁴ and *P. aeruginosa* and other organisms are drawn to damaged epithelium.^{5,6} Mucosal damage

in the stomach can result in bleeding and anemia as well as formation of scar tissue.

Physics of suction

Flow rate is the term used to describe how fast air, fluid, or secretions are removed from the patient. Ideally, clinicians need the best flow rate out of a vacuum system at the lowest negative pressure. Three main factors affect the flow rate of a suction system:

- The amount of negative pressure (vacuum)
- The resistance of the suction system
- The viscosity of the matter being removed

The negative pressure used establishes the pressure gradient that will move air, fluid, or secretions. Materials will move from an area of higher pressure in the patient to an area of lower pressure in the suction apparatus. The resistance of the system is determined primarily by the most narrow part of the system—typically, a tubing connector—but the length of tubing in the system can increase resistance as well. Watery fluid such as blood will move through the suction system much more quickly than thick substances such as sputum. At one time, it was thought that instilling normal saline into an artificial airway would thin secretions, enhancing the flow of secretions out of the airway. However, research shows no thinning occurs and the patients' oxygenation drops with saline installation. Thus, the practice should be abandoned.^{7,8}

Increasing the internal diameter of suction tubing or catheters will increase flow better than increasing the negative pressure or shortening the length of the tube. However, in most clinical applications the size of the patient will be the key factor determining the size of the catheter that can be safely used. Researchers at the Madigan Army Medical Center explored factors affecting evacuation of the oral pharynx for emergency airway management. They tested three substances—90 mL of water, activated charcoal, and Progresso vegetable soup—with the three different suction systems, progressing from a standard 0.25-inch internal diameter to a 0.625-inch internal diameter at its most restrictive point. All systems evacuated water in three seconds. The larger diameter tubing removed the soup 10 seconds faster and the charcoal mixture 40 seconds faster than the traditional systems. The researchers note that this advantage in removing particulate material can speed airway

This article was provided by Ohio Medical.

Suction System Set-Up

Vacuum regulator
 ┆
 12-inch connecting tube
 ┆
 1500cc (empty) collection bottle
 ┆
 6-foot standard
 connecting tubing
 ┆
 14 Fr. Suction catheter

Box 1. Suction System Set-up.

A nurse passing the bedside of an infant in the ICU saw blood inside the tube used for airway suction. After checking the child's condition, it was evident that bleeding was not expected. Further investigation determined the maximum level of negative pressure set on the wall regulator was -200mmHg; far more than recommended suction levels for infants. The nurse performing the suctioning did not occlude the tubing to set a safe maximum level of negative pressure. (*personal communication to Ohio Medical Corporation*)

Box 2. Case study.

management and reduce the risk or minimize the complications from aspiration.^{9,10,11}

Occlude to set for safety

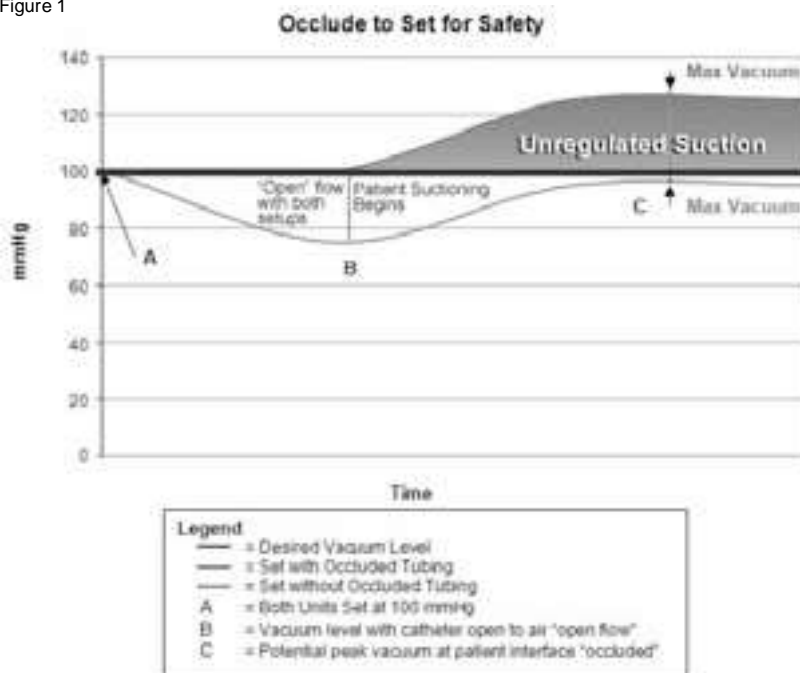
Vacuum regulators are ever-present in the hospital setting. Clinicians use them daily and may not be as attentive to this equipment with the demands of monitors and devices alarming and competing for the clinician's attention and time. Few clinicians learn the finer points of setting up suction systems. A nursing fundamentals text published in 2007¹² does not specify critical elements except to tell the nurse to follow manufacturers' instructions. The text leaves out the critical, universal "occlude to set" step that is recommended by all eight manufacturers of vacuum regulators used in North America.

While a number of organizations have published guidelines, ultimately the clinicians must determine the maximum allowable level of negative pressure that can be applied to the

patient. This is determined by a number of factors: where the suction pressure is applied (airway, stomach, oral pharynx, pleural space, operative field), the age and size of the patient, the susceptibility for mucosal or other tissue damage, and the risks associated with removing air during the suction procedure.

Once the maximum level has been determined, the vacuum regulator must be adjusted so that the maximum pressure is locked in; that is, the regulator must be set correctly so it will not permit a higher pressure to be transmitted to the patient. With traditional technology, the clinicians must actively occlude the system by either pinching the suction tubing closed, or occluding the nipple adaptor (where the tubing is attached) with the finger. Once the system is occluded, the regulator is set to the maximum desired pressure; then the occlusion is released. If the system is not occluded during set-up, the maximum pressure is then unregulated and can spike to harmful levels (see Figure 1 and Box 2).

Figure 1



Suctioning is a dynamic process. As catheters are used to remove substances from the body, the degree of open flow continually changes based on the fill of the catheter and the viscosity of the substance being removed. Under these dynamic conditions, the regulator continually compensates by adjusting flow rate within the device and the tubing to maintain the desired negative pressure. Periodically, mucus plugs or particulate matter will occlude the patient tube. If the system was not occluded to establish the maximum safe pressure at set-up, pressure will spike to clear the occlusion, and once the occlusion passes, the patient will be subjected to potentially dangerous, unregulated vacuum pressures (see Figure 1).

Figure 1 illustrates results of a bench test of two suction systems. The systems were set-up identically as noted in Box 1. The desired maximum level of suction is 100 mmHg (A). One system was set at 100 mmHg with the system open to flow (red line); the other was set by occluding the system to set 100 mmHg (green line). During open flow, the “occlude to set” system will have a lower pressure than the desired maximum pressure because there are no occlusions in the system (B). Once suctioning begins, a dynamic flow condition occurs with varying levels of obstruction, and pressure rises within both systems. The point of maximum suction is key. In the “occlude to set” system, the pressure never rises above the desired maximum pressure of 100 mmHg. In the other system, pressure in this bench test spiked to 125 mmHg of unregulated suction. Without “occlude to set,” the pressure can rise to 25% higher than the desired maximum level or more, exposing the patient to a safety hazard when regulated suction is needed.

Higher negative pressure is a particular hazard for patients with friable mucosa in the airway or stomach, making it more susceptible to traumatic tears. It is also a hazard for infants who have small lung volumes. When all other variables are stable, a 25% increase in negative pressure will increase the amount of air pulled through the system by 25%. That increase could result in a significant loss of lung volume in intubated neonates and infants.¹³

Breakthrough technologies enhance safety

An ideal patient safety device removes clinician variables as much as possible by providing the added safety passively while the clinician carries out the procedure. Traditionally, the optimal safety of regulated vacuum pressure has depended on the clinicians' action to occlude the system to set maximum pressure. Now a breakthrough technology from Ohio Medical Corporation in its new Intermittent Suction Unit (ISU), occludes the system automatically when the clinician adjusts the pressure level. This creates a highly effective, passive safety system that removes the clinician variable and protects the patient from unintended, unregulated pressure spikes during suction procedures. The “push to set” innovation assures the clinician that the patient will not be subjected to pressure higher than that set on the regulator.

Another key safety aspect of any vacuum regulator is the ability to quickly adjust to full vacuum mode when emergency strikes and rapid evacuation is essential. An additionally unique concept introduced by Ohio Medical is the dual-spring design of the regulating module contained within the vacuum regulator. This feature provides the clinician with the ability to control vacuum levels more precisely in the clinical range of 0-200 mmHg as well as the ability to achieve full vacuum when

needed with only 2 turns of the knob on the regulator. In other regulators, six or more knob turns are needed to achieve “full vacuum,” and “full vacuum” capability may be limited to the clinical range, not the full system vacuum provided by the Ohio Medical ISU. Since full vacuum is needed in emergency conditions, this enhanced responsiveness saves time when seconds are critical.

While vacuum regulators are often considered basic equipment in the hospital, research and innovation from Ohio Medical Corporation has shown vacuum regulators do have a role in enhancing patient safety in clinical settings. Clinicians should advocate for technology that provides passive safety protection, enhanced control of vacuum pressures, rapid response and ease of use – all of which contribute to a culture of safety around the patient.

References

- 1 Czarnik RE, Stone KS, Everhart CC, Preusser BA: Differential effects of continuous versus intermittent suction on tracheal tissue. *Heart & Lung* 1991; 20(2):144-151.
- 2 Duncan C, Erickson R: Pressures associated with chest tube stripping. *Heart & Lung* 1992; 11(2):166-171.
- 3 Altamier L: Editorial [Evidence-based neonatal respiratory management policy]. *Newborn and Infant Nursing Reviews* 2006; 6(2):43-51.
- 4 Wilson R: Bacteria and airway inflammation in chronic obstructive pulmonary disease: more evidence. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2005; 172(2):147-148.
- 5 Dowling RB, Johnson M, Cole PJ, Wilson R: Effect of fluticasone propionate and salmeterol on *Pseudomonas aeruginosa* infection of the respiratory mucosa in vitro. *European Respiratory Journal* 1999; 14:363-369.
- 6 Rutman A, Dowling R, Wills P, Feldman C, Cole PJ, Wilson R: Effect of dirithromycin on *Haemophilus influenzae* infection on the respiratory mucosa. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 1998; 42(4):772-778.
- 7 Ackerman MH, Ecklund MM, Abu-Jumah: A review of normal saline installation: implications for practice. *Dimensions of Critical Care Nursing* 1996; 15(1):31-38.
- 8 Raymond SJ: Normal saline instillation before suctioning: helpful or harmful? A review of the literature. *American Journal of Critical Care* 1995; 4(4):267-271.
- 9 Vandenberg JT, Rudman NT, Burke TF, Ramos DE: Large-diameter suction tubing significantly improves evacuation time of simulated vomitus. *American Journal of Emergency Medicine* 1998; 16(3):242-244.
- 10 Vandenberg JT, Lutz RH, Vinson DR: Large-diameter suction system reduces oropharyngeal evacuation time. *Journal of Emergency Medicine* 1999; 17(6):941-944.
- 11 Vandenberg JT, Vinson DR: The inadequacies of contemporary oropharyngeal suction. *American Journal of Emergency Medicine* 1999; 17(6):611-613.
- 12 Wilkinson JM, VanLeuven K: *Fundamentals of nursing: thinking and doing vol. 2*. 2007. FA Davis Company, Philadelphia.
- 13 Morrow BR, Futter MJ, Argent AC: Endotracheal suctioning: from principles to practice. *Neonatal and Pediatric Intensive Care* 2004; 30(6):1167-1174.