

CHEMICZNE UWALNIANIE TLENU: OCENA UŻYTECZNOŚCI

Tlen jest podstawowym narzędziem pierwszej pomocy przy radzeniu sobie z chorobą dekompresyjną powstałą po nurkowaniu ze sprężonym gazem¹.

Zabezpieczenie odpowiednich zapasów w odległych miejscach może być problematyczne, biorąc pod uwagę zakazy transportowania butli pod ciśnieniem w samolotach pasażerskich oraz niewygodę i koszt transportu lądowego. Alternatywy zapasów sprężonego gazu obejmują zagęszczacze tlenu oraz urządzenia do uwalniania go na drodze chemicznej. Zagęszczacze tlenu uzależnione są od zasilania elektrycznego – sieciowego lub akumulatorowego. Chemiczne uwalnianie tlenu nie wymaga zewnętrznego zasilania.

Poprzednio informowaliśmy o systemach chemicznego uwalniania tlenu, które nie dostarczały ilości tlenu wskazującej na przydatność w terenie².

Niniejszy artykuł podsumowuje ocenę nowszych urządzeń do chemicznego uwalniania tlenu. Szczegółowy opis można znaleźć w opublikowanym raporcie³.

Opis systemu i podstawowa obsługa Ratunkowy zestaw tlenowy (emergency oxygen device – emOx) jest przenośnym bezciśnieniowym systemem dostarczania tlenu, opracowanym przez Green Dot Systems, Inc. (Afryka Południowa).

Urządzenie jest sprzedawane jako przydatna pierwsza pomoc, do czasu uzyskania profesjonalnej opieki medycznej. Reklama koncentruje się na braku ciśnieniowego zbiornika do przechowywania gazu, wysokiej czystości dostarczanego tlenu, całkowitym czasie przepływu tlenu i długim czasie przechowywania odczynników. My oceniliśmy możliwości systemu emOx w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych.

Urządzenie emOx w wyglądzie podobne jest do butli termosu o wysokości 38,1 cm i średnicy 12,7 cm (Rysunek 1). Elastyczny przewód tlenowy łączy górę zespołu z prostą maską pacjenta. Opakowania dwóch chemikaliów pojedynczej dawki mieszają się z wodą w dużej komorze i komponenty są łączone. Na drodze reakcji chemicznej uwalniany jest tlen oraz ciepło. Tlen wydziela się tak długo, jak długo przez przezroczysty kołpak widoczne są pęcherzyki. Dostępne są pakiety odczynników pozwalające na wielokrotne użycie urządzenia.

Metody

W stabilnych, standardowych, warunkach pomieszczenia laboratoryjnego, przeprowadziliśmy siedem prób bez narażania na nie pacjentów. Urządzenie było obsługiwane zgodnie z instrukcjami producenta. Prostą maskę twarzową zastąpiliśmy sprzętem monitorującym do mierzenia parametrów wyjściowych. Wszystkie składniki były mierzone, a aktywacja przeprowadzana dla każdej próby w znormalizowany sposób. Dane próby były przechwytywane przez skomputeryzowany system zbierania danych.

Przepływ gazu był mierzony w sposób ciągły i uśredniany w kolejnych 60-sekundowych okresach, aż do jego spadku do wartości zero. Całkowita objętość była obliczona z odczytów minutowego przeciętnego przepływu. Temperaturę mierzyliśmy na zewnętrznej ścianie komory reakcyjnej. Próbkę dla pomiaru temperatury i wilgotności dostarczanego gazu były pobierane ze strumienia gazu w przybliżonej pozycji maski pacjenta. Wartości były raportowane jako średnie \pm standardowe odchyłki (w nawiasach) w zakresach.

Wyniki

Całkowity ciężar systemu wynosił 2,65 kg z jednym zestawem odczynników (włączając wodę). Każdy dodatkowy zestaw odczynników zwiększał ciężar o około 0,9 kg. Średnia wielkość przepływu (mierzona do ostatniej niezerowej średniej minutowej) wynosiła $1,75 \pm 1,58$ ($0,05-6,75$) $L \cdot \text{min}^{-1}$ (temperatura i ciśnienie otoczenia, nasycone parą wodną; ATPS) (Rysunek 2). Tlen był uwalniany przez 23 ± 6 (18-35) minuty.

Czas jaki był potrzebny do uzyskania prędkości przepływu przekraczającej $2,0 L \cdot \text{min}^{-1}$ wynosił $15,7 \pm 6,4$ (11-29) minut. Wielkość przepływu pozostawała powyżej $2,0 L \cdot \text{min}^{-1}$ ATPS przez tylko $6,4 \pm 1,0$ (5-8) minut (chwilowo osiągając wartość szczytową $5,93 \pm 0,56$ ($5,23-6,75$) $L \cdot \text{min}^{-1}$ ATPS przed szybkim spadkiem do zera). Całkowita ilość wydzielonego tlenu wyniosła $40,4 \pm 2,6$ ($37,7-44,4$) L.

Temperatura zewnętrznej ścianki pojemnika reakcyjnego osiągała $54,7 \pm 7,4$ ($46,4-64,9$) $^{\circ}\text{C}$. Temperatura gazu mierzona w przybliżonej pozycji maski dostarczającej różniła się nieco od temperatury otoczenia w dowolnym punkcie cyklu reakcji.

Omówienie

Systemy dostarczania tlenu nadające się do udzielania pierwszej pomocy muszą być niezawodne, łatwe w użyciu i transporcie oraz zdolne dostarczyć ilość i prędkość przepływu wystarczające dla celów terapii. Nominalne wielkości zalecane dla terapii z systemami ciągłego przepływu często mieszczą się w zakresie $10-15 L \cdot \text{min}^{-1}$. Pozwalające na szybkie użycie, lecz ograniczone zapasy tlenu mogłyby być odpowiednie w niektórych warunkach miejskich lub podmiejskich, z łatwo dostępnym wsparciem medycznych służb ratunkowych. W oddalonych miejscach lub w sytuacji, w której szybka reakcja służb ratownictwa medycznego nie była by możliwa wymaga większych zasobów tlenu.

Poleganie na tradycyjnych zasobach sprężonego tlenu może stwarzać trudności transportowe. Koncepcja chemicznego uwalniania tlenu jest frapująca ponieważ pozwala na uniknięcie wyzwań związanych ze zbiornikami ciśnieniowymi oraz źródła zasilania. Wysokiej czystości tlen może być uwalniany przez stabilne i bezpieczne odczynniki.

Jednakże, problemem pozostaje ograniczona wielkość przepływu oraz całkowita wydajność. Przenośny, bezciśnieniowy system dostarczania tlenu, emOx, jest zwartym, wytrzymałym i łatwym w użyciu, tak długo, jak długo dostępne są wszystkie trzy odczynniki. Niestety, całkowity uzysk tlenu z zestawu odczynników jest wyjątkowo ograniczony – w przybliżeniu 10% tego, co dostarczane jest przez pojedynczą butlę tlenową wielkości 'D' (około 2,5 litra). Praktycznie rzecz biorąc, te wyjątkowo ograniczone zapasy prawdopodobnie byłyby nieskuteczne w leczeniu większości stanów medycznych.



Dodatkowo, długi i zmienny czas wymagany do wzrostu prędkości produkcji tlenu, pomimo uważnej standaryzacji kroków aktywacji, podaje w wątpliwość wszelkie korzyści z szybkiego zastosowania zestawu przed przybyciem służb EMS. W końcu, czas spędzony na uporaniu się z urządzeniem, a nie poświęcony na zwracanie uwagi na inne potrzeby pacjenta nie wydaje się usprawiedliwiony ograniczonymi korzyściami dostarczonymi przez zestaw.

Kończącą kwestią jest to, że dostarczany gaz nie był znacząco ogrzany powyżej temperatury otoczenia, jak obiecywano. Pomimo wysokich temperatur komory reakcyjnej, przekazywanie ciepła wzdłuż przewodu tlenowego zapewniło prawie pełne wyrównanie z temperaturą otoczenia. Stąd, wszelkie korzyści dla pacjenta wynikające z terapii podgrzany gazem oddechowym nie byłyby zrealizowane.

Wnioski

Zwiększająca się ilość alternatywnych źródeł tlenu pod ciśnieniem, w celu zapewnienia pierwszej pomocy tlenowej jest pożądana. Niestety, nasze badania systemu emOx wskazują wyjątkowo ograniczoną średnią

prędkość przepływu tlenu, wyjątkowo ograniczony całkowity uzysk tlenu i problematycznie niestały wykres czasowy uwalniania tlenu. Bazując na tych wynikach, wnioskujemy, że urządzenia emOx nie zapewniają odpowiedniego zapasu tlenu ratunkowego. Nasze doświadczenie prowadzi nas do wniosku, że praktyczne korzyści proszkowych systemów chemicznego uwalniania tlenu dla pierwszej pomocy lub medycznego użycia w nagłych przypadkach mogą pozostać co najwyżej marginalne. Spekulowaliśmy, że przyszłe wysiłki zastąpienia zapasów sprężonego gazu byłyby bardziej produktywnie ukierunkowane na ulepszenie technologii koncentratorów tlenowych.

Fig. 1	Fig. 2
	

Notka o autorze

Dr Neal W. Dr Neal Pollock, jest dyrektorem badawczym w DAN i starszym badaczem związanym z Centrum Duke'a dla medycyny hiperbarycznej i fizjologii środowiskowej, przy uniwersyteckim centrum medycznym, Durham, NC.