

산소치료에서 발생하는 불편함 저감을 위한 최적 산소공급 방법

Optimized Oxygen Delivery Method to reduce discomfort in the Oxygen Therapy

*차승근¹, #신총수², 이태수², 오승권³

*S. K. Cha¹, #C. S. Shin(cshin@sogang.ac.kr)², T. S. Lee², S. K. Oh³

¹서강대학교 대학원, ²서강대학교 기계공학과, ³㈜옥서스 산소기술연구소

Key words : synchronized delivery, demand oxygen delivery, oxygen therapy, volumetric jerk, FIO₂

1. 서론

산소치료를 위한 공급방식으로 고순도의 산소를 지속적으로 공급해주는 지속적 산소 공급 방식(Continuous Flow Oxygen)과 흡기 시에만 공급해 주는 단기적 산소 공급 방식 (Demand Oxygen Delivery)이 있다[1]. 지속적 산소 공급 방식은 날숨 시 필요 이상으로 산소를 공급하여 그 효율성이 떨어진다. 또한 산소 탱크나 산소 발생기를 이용하기 때문에 환자의 활동 범위에 제약을 받게 된다[2]. 이러한 단점을 보완하기 위해 만들어진 제품이 DOD(Demand Oxygen Delivery)이다[3].

기존의 DOD 방식은 들숨 시 산소공급 곡선이 사용자의 호흡 유량 곡선보다 더 급격하게 증가하기 때문에 환자에 따라 약간의 불편함을 가질 수도 있다. 들숨 시점의 급격한 유량 토출로 인한 거부감을 최소화하기 위하여 사용자의 들숨 호흡 시점을 예측하고 자연스러운 유량을 공급하는 방식을 Synchronized Delivery(SDOD)라 정의한다.

본 연구에서는 SDOD 방식을 사용하여 불편함 지수인 저크를 최소화 할 수 있는 산소 토출곡선의 형태를 구현하고 그에 따른 CFO와 SDOD의 폐내산소농도(FIO₂)를 비교하여 두 방식의 대등성을 비교하였다.

2. 산소공급곡선

2.1 저크 파라미터의 적용

수학적으로 저크는 가속도를 시간으로 미분한 것으로 정의된다. 엘리베이터의 승차감 또는 공작기계등의 불연속성, 동역학적 평탄성을 측정하기 위해 저크 파라미터가 사용된다. 저

크값이 크면 승차감이 떨어지게 되고, 불연속성이 높아져 기계적 스트레스를 주게 된다[4]. 마찬가지로 체적단위계에서의 저크값이 클수록 충격량이 커지게 되므로 사용자에게 거부감을 느끼게 하는 요인이 된다.

2.2 구간 설정

처방유량(Q_p)은 최소한의 폐내산소농도를 유지하기 위해 환자가 처방받은 산소공급량이고 공급유량(Q_a)은 공급장치가 지속적으로 공급가능한 유량을 말한다. 효율적인 산소공급량을 나타내는 처방유량과 공급유량의 비율인 saving ratio 와 저크값의 최적비율을 도출하기 위해 Table 1 과 같이 처방유량대비 공급유량에 따라서 구간을 설정하였다. 구간 1 에서 3 으로 갈수록 saving ratio 가 커진다.

Table 1 Definition of each section as Q_p-Q_s

section	Before inhalation	During inhalation
1	Q _i >0	Q _d =Q _p
2	Q _i =0	Q _d =Q _p
3	Q _i =0	Q _d >Q _p

Q_i = Base flow rate, Q_p= Prescription flow rate

Q_d = Discharged flow rate, Q_s= Supply flow rate

2.3 목적함수 설정

산소토출 시 저크를 감소시키기 위하여 로지스틱 함수를 사용하여 S 자 형태의 곡선을 구현하였다. 설계변수는 식(1)에서 기저유량에서 처방유량까지의 걸리는 시간 Δt 와 유량 ΔQ, 목적함수는 식(2)와 같이 토출구간에서 기저유량에서 처방유량까지 변화시킬 때 저크의 최대값을 최소화 시키는 것으로 설정하였다.

$$Q_j(t) = Q_j + \Delta Q \left(\frac{1}{1 + \exp - a \left(\frac{t - t_i}{\Delta t} \right) + b} \right) \quad (1)$$

$$\min \left\{ \max \left| \frac{d^2 Q(t)}{dt^2} \right| \right\} \quad (2)$$

3. 실험방법

계산적 방법으로 불편함 지수인 저크를 최소화 하는 형태의 토출곡선을 구현한 다음 실험 장치(Fig. 1)를 구성하여 폐내산소농도를 측정하였다. 실험장치는 인체의 호흡과형을 재현할 수 있는 호흡모사장치와 SDOD를 구현하는 장치부로 구성하였다. 호흡모사장치는 실린더와 모터에 의한 피스톤 운동과 밸브의 실시간 제어를 통해 일반적인 호흡패턴인 20BPM의 일정한 호흡속도로 구동하였다. SDOD 장치부는 proportional valve(VSO miniature proportional valve, VSONIC-3S11-Q8)를 사용하여 유량의 공급정도를 실시간으로 제어하였다.

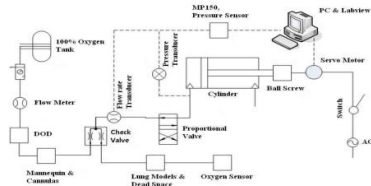


Fig. 1 The Experimental Equipments

4. 결과 및 결론

본 연구결과 saving ratio가 증가할수록 최대 저크값이 크게 증가함을 보여준다.(Fig. 2) SDOD를 사용하는 구간과 DOD를 사용하는 구간의 저크값의 차이를 보여주고 있다.(Fig. 2 c,d) DOD 구간의 저크값은 2200 정도인 반면 SDOD 구간에서는 0~100 정도로 불편함정도를 최소화 할 수 있었다. CFO 방식으로 산소공급 시 폐내산소농도를 비교한 결과 SDOD 방식만을 사용하는 구간과 DOD 밸브를 사용한 구간에서 2% 오차 내에서 대등함을 보여주었다.(Fig. 3)

결론적으로 본 연구에서 제시한 SDOD 방식을 사용하여 불편함지수인 저크를 최소화하는 산소공급곡선을 적용시켰을 때 FIO₂가 CFO 방식을 사용했을 때와 비교하여 큰 차이가 없다는 사실을 도출할 수 있었다.

향후 실험에서는 실제 환자들을 대상으로

SDOD 방식을 적용하였을 때 불편함이 어느 정도 개선되었는지 확인할 필요가 있다.

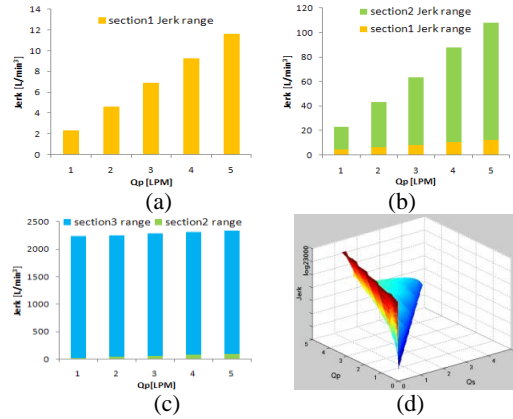


Fig. 2 Jerk range at (a)section 1, (b)2 (both are DOD) (c)section 3 (SDOD&DOD), (d) jerk trend as Qp-Qs level

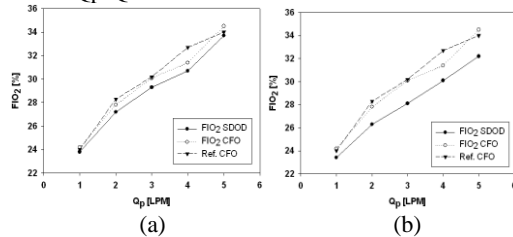


Fig. 3 The comparison of FIO₂ between SDOD and CFO at (a)section1,2, (b)section3

후기

본 연구는 보건산업진흥원의 지원에 의하여 수행.(A091265)

참고문헌

1. Jan Zielinski, Mirosław Tobiasz, Iwona Hawrylkiewicz, "Effects of Hemodynamic in COPD Patients," Chest, 113, 65-70, 1998.
2. Leach RM, Davidson AC, Chinin S., "Portable liquid oxygen and exercise ability in severe respiratory disability," Thorax, 47, 781-789, 1992.
3. McCoy, R., "Oxygen-Conserving Techniques and Device," Respiratory Care, 45, 95-104, 2000
4. 안태천, 강진현, 강두영, 윤양용 "엘리베이터 속도 패턴의 퍼지 제어," 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, 14, 857-864, 2004.