

Laerdal Resuscitator Bag의 전달산소농도($F_D O_2$)에 대한 연구

연세대학교 의과대학 마취과학교실

남용택 · 김기준 · 박성용 · 고신옥

- Abstract -

The Study of Fraction of Delivered Oxygen in Laerdal Resuscitator Bag

Yong Taek Nam, M.D., Ki Jun Kim, M.D., Sung Yong Park, M.D.
and Shin Ok Koh, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Bag and mask devices are used frequently to provide patients with positive-pressure-assisted ventilation. One of the disadvantages is the fact that they do not deliver high concentrations of oxygen without special adaptors or attention to technique. In order to investigate the variables affecting oxygen delivery, we designed a study to determine the fractions of delivered oxygen ($F_D O_2$) under varying ventilating techniques and conditions.

Methods: We designed special wooden box, in which the Laerdal resuscitator bag had been. We measured the fractions of delivered oxygen with or without reservoir bag in various tidal volumes, respiration rates and oxygen flows.

Results: Without reservoir bag, the fractions of delivered oxygen were increased up to only 73% in spite of 15 l/min oxygen flow. With reservoir bag, the fractions of delivered oxygen were increased up to nearly 96% in 5~7.5 l/min oxygen flow.

Conclusions: While using the Laerdal resuscitator bag, it is desirable to adapt reservoir bag and supply 5 l/min oxygen in conventional ventilation and 7.5 l/min in hyperventilation minimally for higher fraction of delivered oxygen. (Korean J Anesthesiol 1999; 36: 481~485)

Key Words: Oxygen: fraction; delivery. Ventilation: Laerdal resuscitator bag.

서 론

응급실 또는 중환자실 등에서 심폐정지 및 호흡정지시 양압환기를 위해서 resuscitator bag을 많이 사용하고 있다. 이러한 상황에서의 양압환기시에는 저산

소증과 조직산소화를 증가시키기 위하여 가능한 100%에 가까운 높은 농도의 산소가 환자에게 전달 되는 것이 필수적이다.¹⁾ 그러나 현재 사용되고 있는 resuscitator bag들은 특별한 장치나 기술이 없이는 충분한 높은 농도의 산소를 전달시키지 못한다는 단점이 있다.²⁾ Resuscitator bag의 전달산소농도(이하 $F_D O_2$ 로 표기함)에 영향을 미치는 요소로서는 reservoir bag의 존재 여부,³⁾ 환기횟수, bag의 재충전(refilling) 시간 등이⁴⁾ 있다.

본 연구에서는 기계적 장치를 사용하여 resusci-

논문접수일 : 1998년 12월 23일

책임저자 : 남용택, 서울시 서대문구 신촌동 134번지

연세의료원 마취과학교실, 우편번호: 120-752

Tel: 312-7185

tator bag의 환기횟수, 환기량 등을 조절하면서 $F_{D}O_2$ 를 측정해 보았다.

대상 및 방법

성인용 Laerdal resuscitator bag(Laerdal silicone resuscitators[®], Laerdal Corporation, Stavanger, Norway)을 비재호흡판(non-rebreathing valve) 부위, 흡입판(intake valve) 및 산소공급꼭지(nipple for O₂ tubing)부위, 자기충만낭(self-refilling bag)을 압박하기 위한 공기 주입부만 노출시킨 채 두터운 나무상자로 밀봉하였다.

환자연결부(patient connector)에 산소농도분석기(Puritan Bennett[®] 7820 oxygen monitor, PB, CA, USA)와 폐활량계(Boehringer, Ingelheim, CT, USA)를 부착하였으며, 그 끝에 test lung(DLL, Michigan Instruments, MI, USA)을 부착하였다. 산소공급꼭지에는 튜브를 사용하여 wall oxygen source에 연결시켰다. 자기충만낭을 일정한 환기량, 환기회수, 환기속도로 압박하기 위하여 나무상자에 마취기(Dameca DK 2610, Denmark)를 연결시켜 기계적으로 환기가 되도록 하였다(Fig. 1).

분당환기량(이하 MV으로 표기)을 5000 ml로 고정시킨 경우 즉, 일회환기량(이하 TV으로 표기) 500

Fig. 1. The Laerdal resuscitator bag (A) and the special wooden box in which Laerdal resuscitator bag had been (B). The patient connector of Laerdal resuscitator bag was connected with oxygen monitor, spirometer, and test lung.

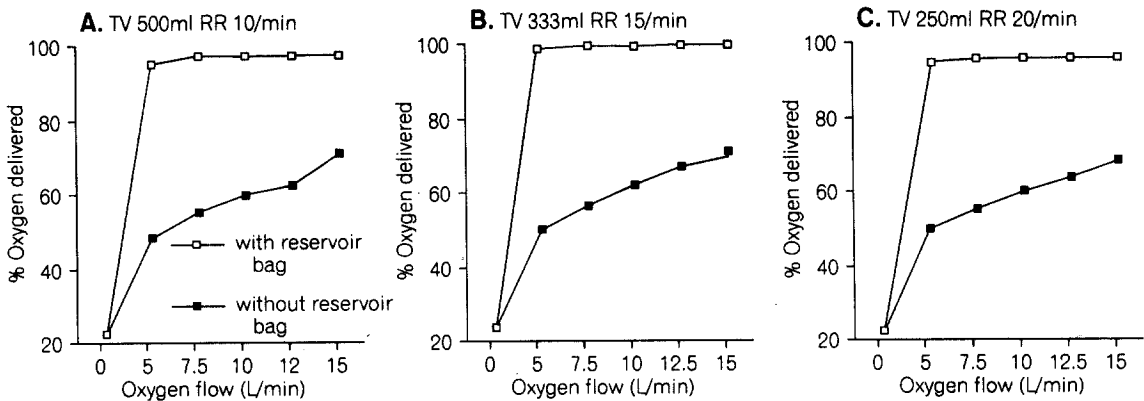


Fig. 2. The changes of $F_{D}O_2$ according to tidal volume and respiratory rate at fixed minute volume (5000 ml). Figure A shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 10/min, and figure B shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 333 ml, RR 15/min, and figure C shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 250 ml, RR 20/min.

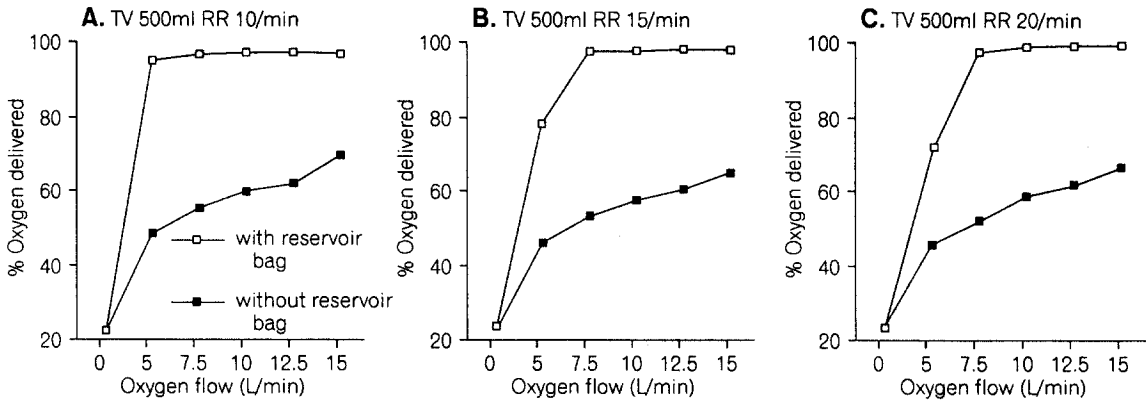


Fig. 3. The changes of $F_{D}O_2$ according to respiratory rate at fixed tidal volume (500 ml). Figure A shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 10/min, and figure B shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 15/min, and figure C shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 20/min.

ml와 분당호흡수(이하 RR로 표기) 10회, TV 330 ml와 RR 15회, TV 250 ml와 RR 20회에서(I : E ratio는 전부 1 : 2로 고정하였음) 공급되는 산소량을 5, 7.5, 10, 12.5, 15 l/min로 변화시키면서 $F_{D}O_2$ 를 측정하였다. 매 측정전 산소농도분석기는 5분간 대기에 노출시킨 후 보정(calibration)하였으며, 자기충만낭을 2분간 압박후 $F_{D}O_2$ 가 고평부(plateau)에 이르렀을 때의 값을 측정하였다. 이러한 것을 2600 ml 저장낭(reservoir bag)을 부착시킨 경우와 부착시키지 않은 경우로 나누어 실험하였다.

TV의 영향을 보기위하여 RR를 10회로 고정시키고, TV를 각각 250, 500, 600 ml로 변화시키면서 전술한 방법으로 $F_{D}O_2$ 를 측정하였으며, RR의 영향을 보기위하여 TV를 500 ml로 고정시키고, RR를 각각 10, 15, 20회로 변화시키면서 $F_{D}O_2$ 를 측정하였다.

결 과

1) MV 고정(5000 ml)시 TV 및 RR에 따른 $F_{D}O_2$ 의 변화(Fig. 2)

저장낭이 부착되지 않았을 때, 산소공급량을 증가시키에 따라 세 경우 모두에서 $F_{D}O_2$ 가 증가되었으며 산소공급량 5 l/min에서 47~48%, 7.5 l/min에서 53~54%, 10 l/min에서 58~59%, 12.5 l/min에서 60~64%, 15 l/min에서 $F_{D}O_2$ 가 67~68%였다. 저장낭이 부착되었을 때, 산소공급량 5 l/min에서도 세 경우

모두에서 $F_{D}O_2$ 가 92% 이상이었으며, 산소공급량 7.5 l/min부터는 $F_{D}O_2$ 가 96% 이상으로 되었다.

2) TV 고정(500 ml)시 RR에 따른 $F_{D}O_2$ 의 변화(Fig. 3)

저장낭이 부착되지 않았을 때, 일정한 산소공급량에서 RR이 증가할수록 $F_{D}O_2$ 가 더 낮았으며, 산소공급량을 증가시키에 따라 $F_{D}O_2$ 가 증가되는 양상을 보였으나, TV 500 ml, RR 10/min, 산소공급량 15 l/min에서도 $F_{D}O_2$ 가 68.8%밖에 되지 않았다. 저장낭이 부착되었을 때, 산소공급량이 5 l/min인 경우에 RR이 10회인 경우 $F_{D}O_2$ 가 93.3%이었으나, RR이 15회인 경우에는 77%, RR이 20회인 경우에는 68.8%로 RR이 증가할수록 $F_{D}O_2$ 가 더 낮았으며, 산소공급량이 7.5 l/min 이상인 경우에는 RR에 상관없이 $F_{D}O_2$ 가 96% 이상으로 되었다.

3) RR 고정(10/min)시 TV에 따른 $F_{D}O_2$ 의 변화(Fig. 4)

저장낭이 부착되지 않았을 때, TV이 증가할수록 일정한 산소공급량에서 $F_{D}O_2$ 가 더 낮았으며, 산소공급량을 증가시키에 따라 $F_{D}O_2$ 가 증가되는 양상을 보였으나, TV 250 ml, RR 10/min, 산소공급량 15 l/min에서도 $F_{D}O_2$ 가 73.6%밖에 되지 않았다. 저장낭이 부착되었을 때 산소공급량이 5 l/min인 경우에는 TV이 250 ml인 경우 $F_{D}O_2$ 가 95%, TV이 500 ml인 경

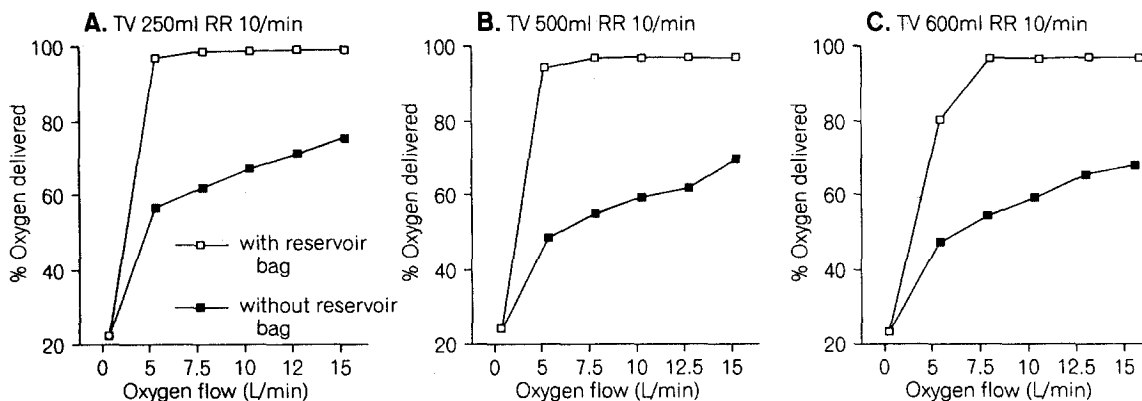


Fig. 4. The changes of $F_{D}O_2$ according to tidal volume at fixed respiratory rate (10/min). Figure A shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 250 ml, RR 10/min, and figure B shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 10/min, and figure C shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 600 ml, RR 10/min.

우에는 93.3%이었으나, TV이 600 ml인 경우에는 79.3%로 TV이 증가할수록 $F_{D}O_2$ 가 더 낮았으며, 산소공급량이 7.5 l/min 이상인 경우에는 TV에 상관없이 $F_{D}O_2$ 가 96% 이상이 되었다.

고 찰

현재 응급실 및 중환자실에서 사용하고 있는 resuscitator bag은 제조회사에 따라 PMR II, Intertech, Pedi-Blue, MPR, LSP, CPR, Pulmonex, Ambu, Laerdal Resusci 2, Hope 2, Air bird 등의 여러가지 종류가 있다. 이러한 여러 종류의 resuscitator bag의 $F_{D}O_2$ 에 대한 연구는 몇몇 종류에서는 이미 되어 있으나,³⁻⁵⁾ 이들 대부분은 직접 손으로 resuscitator bag을 압축하면서 $F_{D}O_2$ 를 측정하였으며, 더구나 본 실험에서 사용한 Laerdal resuscitator bag의 $F_{D}O_2$ 에 대한 연구는 없다. 따라서 저자 등은 본원 중환자실에서 많이 사용하고 있는 Laerdal resuscitator bag을 전술한 장치를 고안하여 일정하게 TV 및 RR, 산소공급량 등을 변화시키면서 $F_{D}O_2$ 를 측정하였고, 일정한 고농도의 $F_{D}O_2$ 를 얻기 위하여 어느 정도의 산소공급량이 적절한 것인지 알아보려고 하였다.

Laerdal resuscitator bag의 재질은 실리콘이며, 본 연구에서 사용된 성인용은 부피가 1600 ml로서 체중 30 Kg 이상의 환자에서 사용하도록 고안되어 있으며, bag은 수축가능하고(compressible) 자기충만(self-

refilling)의 성격을 가지고 있다. 비재호흡판(non-rebreathing valve)은 valve housing과 lip valve 그리고 disk membrane으로 구성되어 있고, 저장낭의 부피는 2600 ml이다.

본 실험에서 저장낭이 없었던 경우의 최대 $F_{D}O_2$ 는 TV 250 ml, RR 10/min, 산소공급량 15 l/min에서도 73.6%밖에 되지 않았다. Carden과 Bernstein은⁵⁾ TV 400 ml, RR 20/min, 산소공급량 15 l/min에서 Ambu bag과 Pulmonator bag의 최대 $F_{D}O_2$ (%)는 각각 87%, 37%였다고 하였는데, CPR 같은 응급 상황에서는 가능한 빠른 시간내 고농도의 $F_{D}O_2$ 가 필요한 바, 저장낭 없이 사용하는 것은 바람직한 방법이 아닌 것으로 생각된다.

저장낭을 부착시킨 경우 통상적인 환기량(5000 ml)에서 산소공급량을 5 l/min로 할 때 $F_{D}O_2$ 가 93.3%였고, 산소공급량을 7.5 l/min 이상으로 할 때는 96% 이상이었다. 그러나 환기량 6000 ml에서는 산소공급량 5 l/min에서 $F_{D}O_2$ 가 79.3%였고, 7.5 l/min 이상으로 해야만 96% 이상이 되었다. 또한 TV 또는 RR 고정시, 동일한 산소공급량 하에서 RR 또는 TV 증가시킬수록 $F_{D}O_2$ 가 적어지는 것을 볼 수 있는데, 이는 Campbell등이²⁾ 지적한 resuscitator bag의 이완기 충만시간(diastolic refilling time)이 $F_{D}O_2$ 에 영향을 끼치기 때문이다.

본 연구에서는 일정량의 산소공급을 시작한지 2분 후에 $F_{D}O_2$ 를 측정하였는데, 이는 산소공급 후부터

약 2분 동안 $F_{D}O_2$ 가 점진적으로 상승하였으며, 그후에야 최고 농도(plateau)에 이르렀기 때문이다.

결론적으로 Laerdal resuscitator bag 사용시 고농도의 $F_{D}O_2$ 를 얻기 위해서는 저장낭을 부착시켜 사용하고, 이때에도 통상적인 환기량(5000 ml)에서는 5 l/min 이상, 이보다 과환기시에는 7.5 l/min 이상의 산소를 공급해야한다. 물론 더 빠른 시간내에 고농도의 $F_{D}O_2$ 를 얻기 위해서는 산소공급량을 더욱 높여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. American Heart Association Committee on Emergency Cardiac Care: Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care(ECC). JAMA 1986; 255: 2841-3044.
2. Campbell TP, Stewart RD, Kaplan RM, DeMichieci RV, Morton R: Oxygen enrichment of bag-valve-mask units during positive pressure ventilation: a comparison of various techniques. Ann Emerg Med 1988; 17: 232-5.
3. Carden E, Chir B, Hughes T: An evaluation of manually operated self inflating resuscitation bags. Anesth Analg 1975; 54: 133-8.
4. Priano LL, Ham J: A simple method to increase the $F_{D}O_2$ of resuscitator bags. Crit Care Med 1978; 5: 48-9.
5. Carden E, Bernstein M: Investigation of the nine most commonly used resuscitator bags. JAMA 1970; 212: 589-92.