

과형도관(corrugated tube)을 부착하여 사용할 때 Laerdal 소생낭이 전달하는 산소 농도의 변화

연세대학교 의과대학 마취과학고실

김기준 · 남용택 · 구민우 · 전성식 · 고신옥

= Abstract =

The Changes in Delivered Oxygen Fractions Using Laerdal Resuscitator Bag with Corrugated Tubes

Ki Jun Kim, M.D., Yong Taek Nam, M.D., Min Woo Ku, M.D.,
Sung Sik Chon, M.D., and Shin Ok Koh, M.D.

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

Background: In emergency rooms or intensive care units, we have shown delivery of higher fractions of oxygen promptly for respiratory or cardiac arrest patients by using resuscitating instruments, especially the resuscitator bag. Previously we studied the variables affecting the fraction of delivered oxygen ($F_{D}O_2$) under varying ventilating techniques and conditions. In this paper, using corrugated tubes as substitute for reservoir bag, we measured $F_{D}O_2$ and compared two.

Methods: We designed a special wooden box, which held the Laerdal resuscitator bag. We measured the $F_{D}O_2$ with or without reservoir bags and corrugated tubes at various tidal volumes, respiration rates and oxygen flows.

Results: With a 500 ml corrugated tube, $F_{D}O_2$ were higher than with a 250 ml corrugated tube but lower than with a reservoir bag.

Conclusions: Corrugated tube is less effective to deliver high fractions of oxygen than the reservoir bag, but it is acceptable to use corrugated tube as a substitute for a reservoir bag than not to use it at all. (Korean J Anesthesiol 2000; 38: 327~332)

Key Words: Oxygen: delivery system; fraction. Ventilation: corrugated tube; laerdal resuscitator bag; reservoir bag.

서 론

심폐정지 및 호흡정지에 발생하는 저산소증을 교정하기 위해서 가능한 빠른 시간 내에 기도확보를

하고 100%에 가까운 고농도의 산소를 공급해 주어야 한다.¹⁾ 현재 사용되고 있는 소생낭(resuscitator bag)들은 저장낭(reservoir bag) 등의 장치가 없이는 충분한 농도의 산소를 전달시키지 못한다.²⁾ 소생낭의 전달산소농도(fraction of delivered oxygen, $F_{D}O_2$)에 영향을 미치는 요소로서는 저장낭의 존재 여부,³⁾ 환기회수, 소생낭의 재충전(refilling) 시간⁴⁾ 등이 있다.

저자 등은⁵⁾ 이전의 실험에서, 특수하게 고안된 기계적 장치를 사용하여 소생낭의 환기 회수, 일회 환

논문접수일 : 1999년 9월 6일

책임저자 : 남용택, 서울시 서대문구 신촌동 134번지

연세의료원 마취과학고실, 우편번호: 120-752

Tel: 02-312-7185

기량 등을 조절하면서 저장낭 부착 여부에 따른 $F_{D}O_2$ 의 변화 양상에 대한 결과를 발표한 바 있다. 본 연구에서는 그 후속 연구로서, 심폐소생술 과정에서 저장낭의 대체물로 사용할 수 있는 파형도관을 부착하여 $F_{D}O_2$ 를 측정하였으며, 파형도관의 용적에 따른 $F_{D}O_2$ 의 변화 양상, 저장낭과의 차이점 등을 알아 보았다.

대상 및 방법

성인용 Laerdal 소생낭(Laerdal silicone resuscitators[®], Laerdal Corporation, Stavanger, Norway)을 비재호흡판(non-rebreathing valve) 부위, 흡입판(inspiratory valve) 및 산소공급꼭지(nipple for O_2 tubing) 부위, 자기충만낭(self-refilling bag)을 압박하기 위한 공기 주입부만 노출시킨 채 두터운 나무상자로 밀폐하였다. 환자연결부(patient connector)에 산소농도분석기(Puritan Bennett[®] 7820 oxygen monitor, PB, CA, USA)와 폐활량계(Boehringer, Ingelheim, CT, USA)를 부착하였으

며, 그 끝에 실험폐(DLL, Michigan Instruments, MI, USA)를 부착하였다. 산소공급꼭지에는 튜브를 사용하여 중앙공급산소(wall oxygen)에 연결시켰다. 흡입판 부위에 저장낭 또는 250 ml와 500 ml 파형도관(corrugated tube)을 연결시켰다. 자기충만낭을 일정한 환기량, 환기회수, 환기속도로 압박하기 위하여 밀폐된 나무상자에 파형도관을 이용하여 마취기(Dameca DK 2610, Denmark)의 환기기와 연결시켜 기계적으로 환기가 되도록 하였다(Fig. 1).

실험은 분당 환기량(minute volume, MV), 분당 호흡수(respiratory rate, RR), 일회 환기량(tidal volume, TV)을 각각 일정하게 고정시켰을 때 관여 인자의 변화가 전달산소농도에 미치는 영향을 조사하였다. 먼저 분당 환기량이 일정할 때 일회 환기량과 분당 호흡수의 변화가 전달산소농도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분당 환기량을 5000 ml로 고정시키고 일회 환기량과 분당 호흡수를 변화시켰다. 즉, 일회 환기량 500 ml와 분당 호흡수 10회, 일회 환기량 330 ml와 분당 호흡수 15회, 일회 환기량 250 ml와 분당 호흡수

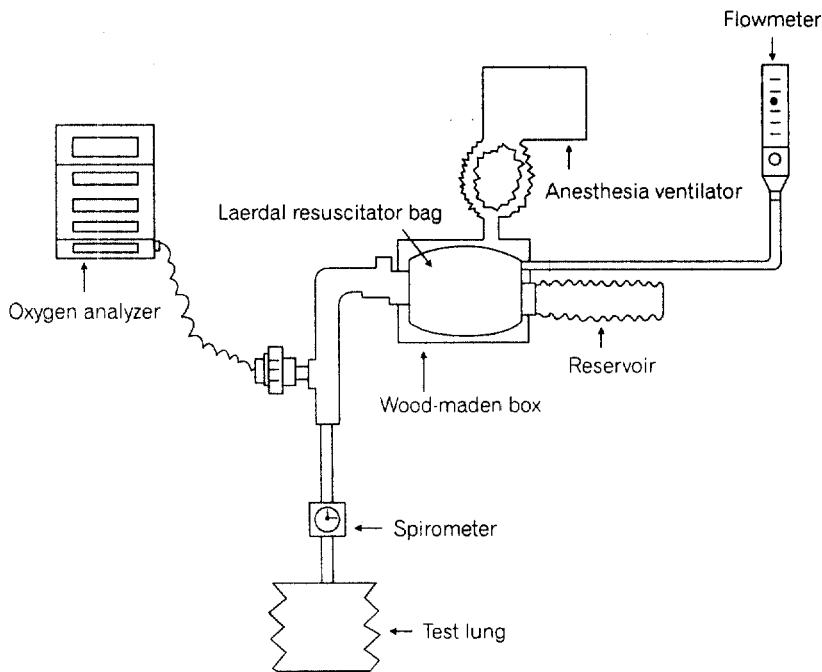


Fig. 1. Schematic drawing of experimental design. The Laerdal resuscitator bag with reservoir and the special wood-maden box in which Laerdal resuscitator bag had been. The patient connector of Laerdal resuscitator bag was connected with oxygen analyzer, spirometer, and test lung.

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 측정 전 산소농도분석기는 5분간 대기에 노출시킨 후 보정(calibration)하였으며, 자기충만낭을 2분간 압박 후 $F_{D_{O_2}}$ 가 고평부(plateau)에 이르렀을 때의 값을 측정하였다. 이러한 것을 저장낭 및 파형도관을 부착시키지 않은 경우, 2,600 ml 저장낭을 부착시킨 경우, 그리고 250 ml, 500 ml의 파형도관을 연결한 경우로 나누어 실험하였다.

다음으로 분당 호흡수가 일정할 때 일회 호흡량의 변화가 $F_{D_{O_2}}$ 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분당 호흡수를 10회로 고정시키고, 일회 호흡량을 각각 250, 500, 600 ml로 변화시키면서 전술한 방법으로 $F_{D_{O_2}}$ 를 측정하였으며, 이러한 것을 저장낭 및 파형도관을 부착시키지 않은 경우, 2,600 ml 저장낭을 부착시킨 경우, 그리고 250 ml, 500 ml의 파형도관을 연결한 경우로 나누어 실험하였다.

마지막으로 일회 호흡량이 일정할 때 분당 호흡수의 변화가 $F_{D_{O_2}}$ 변화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일회 호흡량을 500 ml로 고정시키고, 분당 호흡수를 각각 10, 15, 20회로 변화시키면서 $F_{D_{O_2}}$ 를 측정하였다. 이러한 것을 저장낭 및 파형도관을 부착시키지 않은 경우, 2,600 ml 저장낭을 부착시킨 경우, 그리고 250 ml, 500 ml의 파형도관을 연결한 경우에 실험하였다.

결 과

분당 환기량 고정(5,000 ml)시 일회 환기량 및 분당 호흡수에 따른 $F_{D_{O_2}}$ 의 변화(Fig. 2)

250 ml 파형도관을 부착시킨 경우, 산소공급량을 증가시키에 따라 세 경우 모두에서 $F_{D_{O_2}}$ 가 증가되었다. $F_{D_{O_2}}$ 는 산소공급량 5 l/min에서 80-89%이었고, 7.5 l/min에서 87-95%, 10 l/min에서 90-96%, 15 l/min에서 96% 이상이었다. 500 ml 파형도관을 부착시킨 경우에도 산소공급량을 증가시키에 따라 $F_{D_{O_2}}$ 가 증가되었으며, $F_{D_{O_2}}$ 는 산소공급량 5 l/min에서 90-91%이었고, 7.5 l/min에서 95-96%, 10 l/min 이상에서 96% 이상이었다. 500 ml 파형도관을 부착시킨 경우가 250 ml 파형도관을 부착시킨 경우보다 저장낭을 부착시켰을 때의 $F_{D_{O_2}}$ 변화와 밀접하였다.

일회 환기량 고정(500 ml)시 분당 호흡수에 따른 $F_{D_{O_2}}$ 의 변화(Fig. 3)

일정한 산소 공급량에서 분당 호흡수가 증가할수록 $F_{D_{O_2}}$ 가 더 낮았으며, 산소 공급량을 증가시키에 따라 $F_{D_{O_2}}$ 가 증가되는 양상을 보였다. 500 ml 파형도관을 부착시킨 경우, 분당 호흡수가 10회일 때는 산소 공급량 5 l/min에서 $F_{D_{O_2}}$ 가 90%, 분당 호흡수가 15회일 때는 산소 공급량 7.5 l/min에서 $F_{D_{O_2}}$ 가 92%, 분당 호

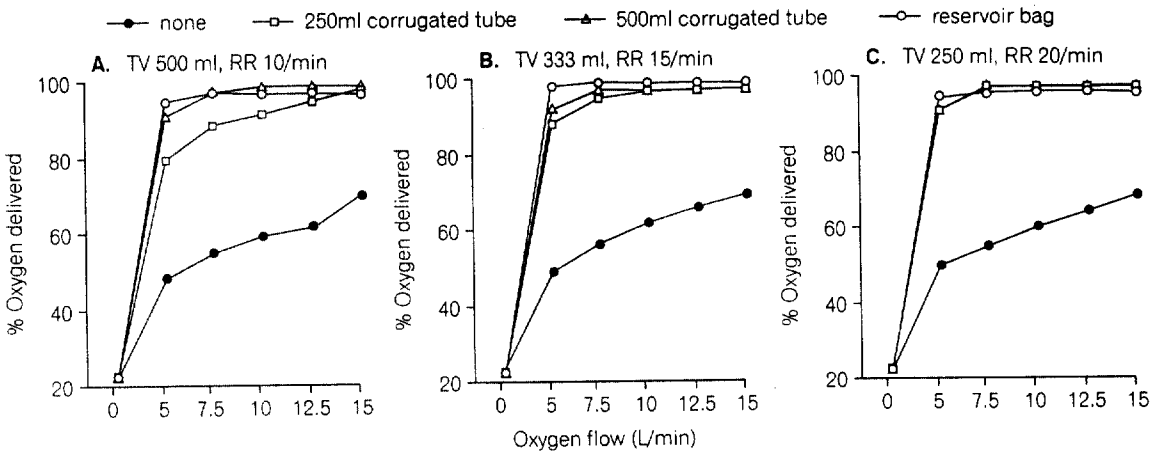


Fig. 2. The changes of $F_{D_{O_2}}$ according to tidal volume and respiratory rate at fixed minute volume (5,000 ml). A shows changes of $F_{D_{O_2}}$ in the setting of TV 500 ml, RR 10/min, and B shows changes of $F_{D_{O_2}}$ in the setting of TV 333 ml, RR 15/min, and C shows changes of $F_{D_{O_2}}$ in the setting of TV 250 ml, RR 20/min.

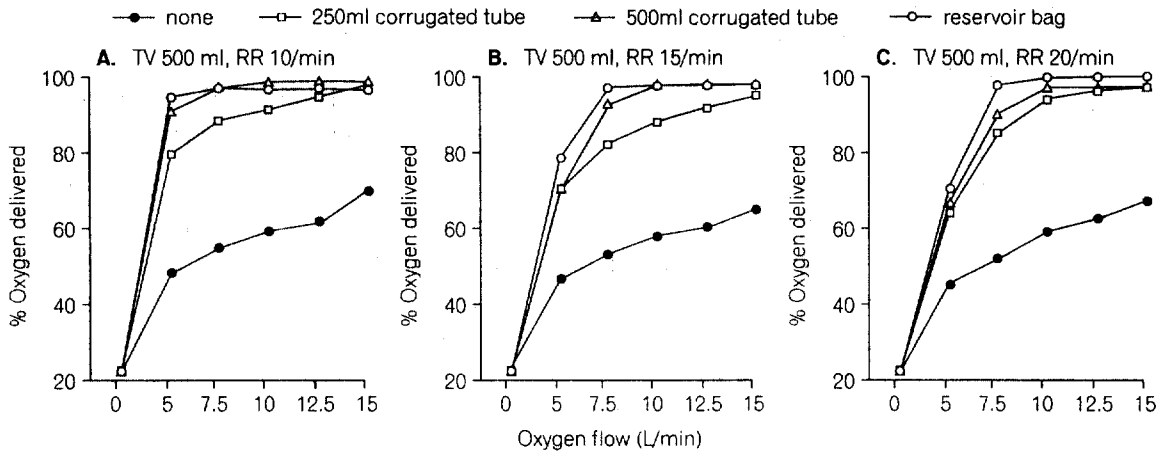


Fig. 3. The changes of $F_{D}O_2$ according to respiratory rate at fixed tidal volume (500 ml). A shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 10/min, and B shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 15/min, and C shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml,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

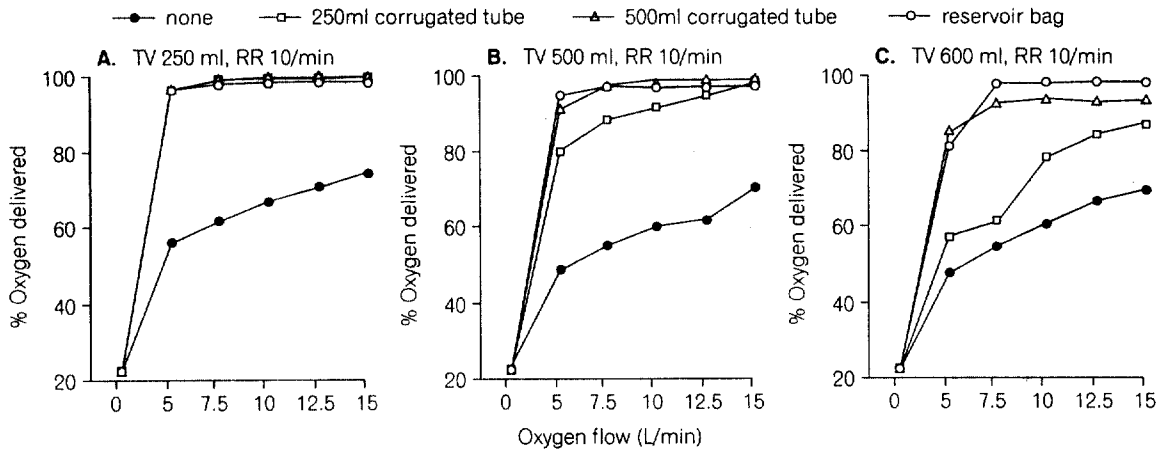


Fig. 4. The changes of $F_{D}O_2$ according to tidal volume at fixed respiratory rate (10/min). A shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 250 ml, RR 10/min, and B shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 500 ml, RR 10/min, and C shows changes of $F_{D}O_2$ in the setting of TV 600 ml,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

흡수가 20회일 때는 산소 공급량 10 l/min에서 $F_{D}O_2$ 가 90%가 되었다. 500 ml 파형도관을 부착시켰을 때의 $F_{D}O_2$ 변화가 250 ml 파형도관을 부착시켰을 때보다 저장낭을 부착시켰을 때와 더욱 밀접하였다.

분당 호흡수 고정(10회)시 일회 환기량에 따른 $F_{D}O_2$ 의 변화(Fig. 4)

일회 환기량이 증가할수록 일정한 산소 공급량에

서 $F_{D}O_2$ 가 더 낮았으며, 산소 공급량을 증가시키에 따라 $F_{D}O_2$ 가 증가되는 양상을 보였다. 일회 환기량 250 ml, 분당 호흡수 10회에서 250 ml 파형도관을 부착했을 때, 산소 공급량 5 l/min에서도 $F_{D}O_2$ 가 95%로 높았다. 그러나 일회 환기량 600 ml, 분당 호흡수 10회에서 250 ml 파형도관을 부착했을 때 산소 공급량 15 l/min에서도 $F_{D}O_2$ 가 85% 밖에 되지 않았다. 또한 이 경우에 500 ml 파형도관을 부착했을 때, 산

소 공급량 5 l/min에서 $F_{D}O_2$ 가 82%로, 저장낭을 부착했을 때($F_{D}O_2$ 80%)와 마찬가지로 $F_{D}O_2$ 가 90%를 넘지 못하였다. 그리고 산소 공급량 7.5 l/min 이상에서는 저장낭을 부착했을 때($F_{D}O_2$ 가 96% 이상)와 다르게 $F_{D}O_2$ 가 91-92%로 고평부를 보였다.

고 찰

응급실과 중환자실에서 많이 사용하고 있는 소생남은 제조회사에 따라 PMR II, Intertech, Pedi-Blue, MPR, CPR, Pulmonex, Ambu, Laerdal Resusci 2, Hope 2, Air bird 등의 여러 가지 종류가 있다. 이러한 여러 종류 소생남의 $F_{D}O_2$ 에 대한 연구는 몇몇 종류에서는 이미 되어 있으나,^{3,4,6)} 이들 대부분은 직접 손으로 소생남을 압축하여 일회 환기량과 분당 호흡수를 변화시키면서 $F_{D}O_2$ 를 측정하였으므로 그 정확도를 확신할 수 없다. 저자 등은 전술한 기계장치를 고안하여 Laerdal 소생남을 기계적으로 일정한 일회 환기량 및 분당 호흡수, 산소 공급량 등을 유지시키면서 $F_{D}O_2$ 를 측정하였고, 고농도의 $F_{D}O_2$ 를 얻기 위하여 저장낭을 부착시킨 경우와 그렇지 않은 경우에서 어느 정도의 산소 공급량이 필요한지 연구 발표한 바 있다.⁵⁾ 이에 따르면, 저장낭이 없었던 경우의 최대 $F_{D}O_2$ 는 일회 호흡량 250 ml, 분당 호흡수 10회, 산소 공급량 15 l/min에서도 73.6% 밖에 되지 않았다. 저장낭을 부착시킨 경우 통상적인 분당 환기량(5,000 ml)에서 산소 공급량을 5 l/min로 할 때 $F_{D}O_2$ 가 93.3%였고, 산소 공급량을 7.5 l/min 이상으로 할 때는 96% 이상이였다. 그러나 분당 환기량 6,000 ml에서는 산소 공급량 5 l/min에서 $F_{D}O_2$ 가 79.3%였고, 7.5 l/min 이상으로 해야만 96% 이상이 되었다. 따라서 Laerdal 소생남 사용시 저장낭을 부착시켜 사용하는 것이 합리적이라는 결론을 내렸다.

그러나 실제 임상에서 많은 경우에 저장낭이 준비되어 있지 않으며, 이러한 경우에 저장낭의 대체로 파형도관을 사용할 수 있다. 본 실험에서는 응급실이나 중환자실에서 Laerdal 소생남에서 저장낭의 대체로 사용할 수 있는 250 ml, 500 ml 파형도관을 고안, 부착하여 $F_{D}O_2$ 를 측정해 보고, 그 효과를 2,600 ml의 저장낭과 비교하여 보았다.

일회 호흡량 250 ml, 분당 호흡수 10회(MV 2,500 ml)인 경우, 250 ml 파형도관을 부착했을 때, 산소

공급량 5 l/min에서도 $F_{D}O_2$ 가 95%로 저장낭을 부착했을 때($F_{D}O_2$ 96%)와 유사하였다. 이는 상대적으로 적은 양의 분당 환기량을 필요로 하는 소아에서는 250 ml의 파형도관을 사용하더라도 저장낭과 거의 비슷한 효과를 볼 수 있음을 의미한다. 그러나 분당 환기량 6,000 ml인 경우, 250 ml 파형도관을 부착했을 때 산소 공급량 15 l/min에서도 $F_{D}O_2$ 가 85% 밖에 되지 않았다. 따라서 250 ml 파형도관은 보다 많은 분당 환기량이 필요한 성인에서는 덜 효과적이라고 하겠다. 일회 호흡량 600 ml, 분당 호흡수 10회(MV 6,000 ml)인 경우, 500 ml 파형도관을 부착했을 때, 산소 공급량 5 l/min에서 $F_{D}O_2$ 가 82%로, 저장낭을 부착했을 때($F_{D}O_2$ 80%)와 마찬가지로 $F_{D}O_2$ 가 90%를 넘지 못하였다. 그리고 산소 공급량 7.5 l/min 이상에서는 저장낭을 부착했을 때($F_{D}O_2$ 가 96% 이상)와 다르게 $F_{D}O_2$ 가 91-92%로 고평부를 보였다. 이는 500 ml 파형도관이 비교적 많은 분당 환기량이 필요로 하는 성인에서는 저장낭보다 덜 효과적임을 의미한다. Campbell 등의²⁾ 연구에 따르면, 산소공급량 10-15 l/min에서 100 ml의 파형도관을 부착시킨 경우 $F_{D}O_2$ 가 51-52%까지 상승된다고 하였고, 400 ml 파형도관을 사용한 경우 80-82%까지 상승된다고 한다. 이들의 결과와 저자 등의 결과를 종합해 보면 파형도관의 용적이 클수록 높은 농도의 $F_{D}O_2$ 를 얻는데 유리한 것을 알 수 있다.

결론적으로 Laerdal 소생남 사용시 고농도의 $F_{D}O_2$ 를 얻기 위해서는 저장낭을 부착시켜 사용하는 것이 바람직하며, 불가피하게 파형도관 사용시에는 가능한 큰 용적의 파형도관을 선택하며, 공급 산소량도 성인에서는 7.5 l/min 이상이 되어야 한다.

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 man-

- ually 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. 남용택, 김기준, 박성용, 고신욱: Laerdal resuscitator bag의 전달산소농도($F_{D}O_2$)에 대한 연구. *대한마취과학회지* 1999; 36: 481-5.
 6. Carden E, Bernstein M: Investigation of the nine most commonly used resuscitator bags. *JAMA* 1970; 212: 589-92.
-