Resuscitation Bag의 산소유량과 저장기 튜브길이가 산소농도에 미치는 영향

전남대학교 의과대학, 치과대학*, 마취과학교실

최서영 · 정성수* · 정창영 · 박찬진

= Abstract =

Effects of Oxygen Flow and the Length of Corrugate Tube as a Reservoir on the Resuscitation Bag

Seo Young Choi, M.D., Sung Su Chung, M.D.*, Chang Young Jeong, M.D. and Chan Jin Park, M.D.

Department of Anesthesiology, Chonnam National University Medical School, College of Dentistry*, Kwangju, Korea

Resuscitation bag (RB) is widely used for artificial ventilation and adequate ventilation during resuscitation, or for patient transport, when high concentration of inspired oxygen (70-100%) must be supplied.

The purpose of this study was to investigate the effect of oxygen flow and the length of corrugated tube as a reservoir on the oxygen concentration in the adult type and pediatric type resuscitation bag.

Each 24 mm corrugated tube (0, 20, 40, 60, 80, 100 cm) was attached to the inlet valve, oxygen flow of 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 or 15 L/min was delivered to oxygen inlet site of RB. and oxygen concentration was measured for 10 times.

To eliminate the possibility that ventilatory pattern affect the oxygen concentration, RB was manually handled with normal ventilatory pattern; in adult type, tidal volume was 800 cc, respiratory rate was 10/min and 1:E ratio was 1:2, in pediatric type, tidal volume was 100 cc, respiratory rate was 20/min and 1:E ratio was 1:2.

In adult RB, a 15 L oxygen flow without reservoir delivered less than 50% oxygen.

To get more than 70% oxygen, one must administer more than a 15 L oxygen flow with reservoir of 60 cm corrugated tube, oxygen flow of 9 L/min with 80 cm corrugated tube or a 7 L flow of oxygen with 100 cm corrugated tube. And to provide more than 80%, oxygen of more than a 11 L flow with reservoir of 100 cm should be delivered.

In pediatric RB, a 15 L oxygen flow without reservoir get more than 70% oxygen.

A 20 cm corrugated tube as a reservoir increased abruptly oxygen concentration, and A 40 cm tube with more than a 7 L flow delivered more than 95% oxygen, but above 60cm tube there is little increase in the oxygen concentration.

These results indicated that to get more than 70% oxygen, 60 cm and 40 cm corrugated tube is required in adult type RB and pediatric type RB respectively as an oxygen reservoir.

Key Words : Oxygen concentration, Oxygen flow, Reservoir tube, Resuscitation bag

서 론

Resuscitation bag(RB)은 자가팽창 bag과 one-way valve로 구성되어 있으며, 1954년 Ruben¹⁾이 Ambubag을 고안하여 사용한 이래 지금까지 심폐소생술 중의 인공호흡시에, 호흡부전 환자의 이동시 또한 호흡관리 분야에서 널리 사용되고 있다²⁾.

RB의 산소유입기를 통해 산소유량을 증가시켜도 산소저장기의 용적이 적기때문에 흡입산소농도가 50%를 넘지 아니한다. 그러나 심폐소생술중이나 환자의 이동시에는 충분한 산소화를 유지시키기 위하여 흡입산소농도가 70-100% 정도의 농도를 유지하여야 한다³⁾.

저자는 성인용과 소아용 RB에 산소저장기 튜브를 연결한 후 산소유량과 저장기 튜브 길이가 흡입산소농도에 미치는 영향을 연구하고자 본 실험을 시행하였다.

방 법

본 실험을 위해 다음과 같은 장치들을 조립하여 사용하였다(Fig. 1).

Resuscitation bag(RB, Solco, 한국)의 공기를 배기시키는 쪽에 일회호흡량을 측정하기 위한 폐활량 측정기(Haloscale®, Dameca, Denmark)와 산소농도를 측정하기 위한 산소감시기(OM831, Dameca, Denmark)의 감지기를 직렬로 연결한 다음 실험폐(test lung)를 연결하였다. 또한 RB의 뒷쪽에 있는 산소유입구에 5 mm의 고무관을 연결하여 산소유량기에 부착하였으며, 산소유입구 옆에 있는 저장기 연결 부위에 직경 24 mm의 파행관(corrugated tube)을 연결하였다.

성인용과 소아용 RB의 산소유량과 저장기 튜브 길이가 흡입산소농도에 미치는 영향을 연구하고자, 저장기 연결 부위에 0, 20, 40, 60, 80, 100 cm의 파행관을 각각 연결한 후, 산소유량기로 부터 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L의 산소를 각각 RB에 투여하여 3분동안 환기를 시킨 후 산소농도가 일정하게 되었을 때의 산소농도를 측정하였다. 환기 방법이

흡입산소농도에 미치는 영향을 고려하여⁴⁾ 성인용 RB에는 일회호흡량을 800 cc, 1:E의 비율은 1:2, 분당 호흡수는 10회로, 소아용 RB에는 일회호흡량은 100 cc, 1:E의 비율은 1:2, 분당 호흡수는 20회로 하였으며, 성인용과 소아용 RB의 내용적은 각각 1,600 cc, 500 cc이었다.

본 실험에는 실험성적의 오차를 줄이기 위하여 전남대학교병원 마취과 전공의 10명이 시행한 성적을 평균하였으며 실험결과는 평균±표준편차로 기록하였다.

Fig. 1. This drawing represents the model used for the study.

결 과

1) 성인용 RB에서 산소유량과 부착파행관의 길이에 따른 산소농도의 변화(Fig. 2)

파행관을 연결하지 아니한 RB에 산소유량기를 통하여 산소를 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L를 투여하였을때 산소농도는 각각 25 ± 1 , 30 ± 3 , 34 ± 4 , 36 ± 4 , 38 ± 4 , 42 ± 4 , 45 ± 5 , $46 \pm 4\%$ 이었다.

20 cm의 파행관을 연결한 RB에 산소를 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L를 주입하였던 바 산소농도는 각각 31 ± 2 , 37 ± 2 , 40 ± 2 , 41 ± 3 , 42 ± 3 , 44 ± 4 , 45 ± 5 ,

46±6%이었으며 40 cm의 파행관을 연결한 RB에서는 각각 33±4, 46±7, 51±7, 54±8, 56±9, 59±10, 59±11, 60±10%의 산소농도를 나타냈고, RB에 60 cm의 파행관을 연결하고 산소농도를 측정하였던 바 각각 32±2, 50±3, 60±3, 63±5, 65±6, 67±5, 69±3, 70±6%로 나타났다. 80 cm의 파행관은 30±2, 51±3, 63±5, 67±5, 71±5, 73±5, 75±7, 76±7%의 산소농도를 나타냈으며, 100 cm의 파행관은 29±3, 51±4, 68±5, 74±4, 79±4, 82±4, 84±4, 86±4%의 산소농도를 나타냈다.

이상을 종합하면 성인용 RB를 이용하여 일회 호흡량 800 cc, 분당 호흡수 10회, 1:E의 비율이 1:2로 환기시에는, 파행관을 부착하지 아니하고 산소유입기를 통해 산소를 분당 15 L까지 투여하여도 산소농도는 50%를 넘지 아니하였으며, RB에 70% 이상의 산소를 투여하고자 할 때는 60 cm의 파행관을 연결하고 분당 15 L의 산소를 투여하거나, 80 cm의 파행관을 연결하고 분당 9 L 이상의 산소를, 100 cm의 파행관을 연결하고 분당 7 L 이상의 산소를 투여하여야 하며 80% 이상의 산소를 투여하고자 할 때는 100 cm의 파행관을 연결하고 분당 11 L 이상의 산소를 투여하여야 할 것으로 사료된다.

2) 소아용 RB에서 산소유량과 부착파행관의 길이에 따른 산소농도의 변화(Fig. 3)

RB에 파행관을 연결하지 아니하고 산소유입구를 통해 산소를 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L를 투여하였던 바 각각 34±3, 40±5, 46±7, 52±8, 56±6, 61±8, 69±7, 72±6%의 산소농도를 나타냈으며, 20 cm의 파행관을 연결했을 때는 51±6, 76±3, 87±3, 92±2, 95±2, 96±2, 97±2, 98±1%의 40 cm의 파행관은 각각 52±9, 82±5, 92±2, 95±2, 97±2, 97±2, 97±2, 97±2%, RB에 60 cm의 파행관은 53±6, 83±4, 92±3, 95±3, 97±2, 97±2, 97±2, 97±2%의 산소농도를 나타냈고, 80 cm의 파행관은 55±6, 86±4, 92±2, 96±2, 97±2, 97±2, 97±1, 97±1%의 산소농도를 나타냈으며 100 cm의 파행관은 55±7, 91±2, 95±2, 96±1, 97±1, 97±1, 98±1, 98±1%의 산소농도를 보였다.

이상을 종합하면 소아용 RB를 이용하여 일회호

흡량 100 cc, 분당 호흡수 20회 1:E 비율을 1:2로 환기시에는 파행관을 부착하지 아니하고 분당 15 L 투여시 70%이상의 산소농도를 나타내고, 20 cm 파행관을 연결시에 산소농도는 현저히 증가하며, 40 cm 파행관을 연결하면 분당 7 L 이상의 산소유량에 의해 95% 이상의 산소농도를 유지하였으나, 60 cm 이상의 파행관을 연결하여도 산소의 농도는 더 이상 증가하지 아니하였다.

Fig. 2. The oxygen concentration according to the length of reservoir tube and flow rate of oxygen in adult type RB. Values represents mean

Fig. 3. The oxygen concentration according to the length of reservoir tube and flow rate of oxygen in pediatric type RB. Values represents mean

고 찰

호흡부전 환자에 인공호흡을 시키는 방법으로, 구강 대 구강 또는 구강 대비강 호흡법, 구강 대 보조물 호흡법, resuscitation bag(RB)를 이용한 호흡법, 산소동력 인공호흡기, 자동 인공호흡기를 이용한 방법 등이 있는데⁵⁾ 이중 간단한 기구로 손쉽고 효과적으로 이용할 수 있는 것이 RB를 이용한 인공호흡법이다. 일반적으로 호흡관리 분야에서 호흡부전의 환자에 동맥혈 산소분압을 증가시킬 목적으로 산소를 투여하는데 이때 흡입산소농도는 22-50%가 적당하다³⁾. 이는 폐내의 shunt effect 기전에 의해 초래된 저산소혈증은 50% 이하의 흡입산소농도에 의해 대부분 교정이 되며⁶⁾, 흡입산소농도를 50% 이상 유지하게 되면 탈질소흡수 무기폐(denitrogenation absorption atelectasis)가 발생하여 동맥혈 산소화가 장애를 받게 되고⁷⁾, 폐 산소독성이 발생⁸⁾하기 때문이다. 그러나 심폐소생술 중이나, 심폐부전의 급성기, 호흡부전 환자의 이송중에는 충분한 산소화를 유지시키기 위하여 70-100%의 고농도 산소를 투여하여야 한다³⁾.

RB내의 산소농도는 산소유입구로의 산소유량에 의해 결정되며, RB내로의 산소유입은 호기중에 일어나므로 인공호흡중 1:E 비율, 일회호흡량, 호흡수에 의해서도 영향을 받는다⁴⁾. 즉 분당 호흡수가 적으면 적을수록, 일회호흡량이 적으면 적을수록 RB내의 산소는 고농도를 유지하고 호흡횟수가 많거나, 일회호흡량이 크면 RB내의 산소농도는 저농도를 유지하게 된다.

본 연구에서는 환기방법이 산소농도에 미칠 수 있는 영향을 배제하기 위하여 성인용 RB 사용시는 분당 호흡수는 10회, 일회 호흡량은 800 cc, 1:E 비율은 1:2로, 소아용 RB 사용시에는 호흡수는 20회, 일회호흡량은 100 cc, 1:E 비율은 1:2로 인공호흡시킨 후 산소농도를 측정하였다.

본 연구 결과 저장기구의 파행관을 연결하지 아니한 성인용 RB에 산소유입구를 통해 산소를 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L를 투여시 산소농도는 각각

25±1, 30±3, 34±4, 36±4, 38±4, 42±4, 45±5, 46±4%였다.

RB의 내용적이 1600 cc이고 RB내로의 공기 유입은 호기중에 일어나고, 성인용 RB 사용시 분당 호흡수는 10회, 1:E의 비율이 1:2로 고정하였으므로 RB내로의 공기는 4초간에 유입된다. 분당 15 L의 산소를 투여시에 RB내로의 100% 산소는 15 L×4/60인 1000 cc가 유입되고 RB의 내용적이 1600 cc이므로 나머지 600 cc는 21%인 공기가 유입되어 산소농도는 $1/1600[1500 \times 4/60 + (1600 - 1500 \times 4/60) \times 0.21]$ 인 70%가 된다. 즉, 산소농도는 $1/1600[\text{분당투여산소량 cc} \times 4/60 \times 1 + (1600 \text{ cc} - \text{분당투여산소량 cc} \times 4/60) \times 0.21]$ 가 된다.

산소를 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L를 투여하였을 경우를 위의 공식을 이용하여 산소농도를 계산하면 각각 24, 31, 37, 44, 51, 57, 64, 70%가 된다. 계산하는 방법과 실제 측정치와의 차이는 산소유량이 적으면 차이가 적고 산소유량이 많으면 차이가 크다. 이는 산소저장 용적이 거의 없으므로 산소유량이 많으면 많을수록 대기로의 산소소실이 많기 때문일 것으로 생각된다.

산소저장기가 없는 RB는 산소유량을 최고로 했어도 산소농도는 50%를 넘지 못하므로 70% 이상의 고농도의 산소를 투여하여야 할 경우에는 산소저장기가 필요하게 된다. 산소저장기로는 산소저장 tube나 산소저장 bag 등이 사용되어지며⁹⁾, 100% 산소를 투여하기 위해서는 산소저장기의 용량이 RB의 용량과 같거나 커야 하며 산소유입속도 또한 분시 호흡량과 같거나 커야 한다⁸⁾.

그러므로 본 연구에서 산소저장기로 24 mm 파행관 60 cm를 연결하고 분당 15 L의 산소를 투여하거나, 80 cm 파행관을 연결하고 분당 9 L 이상, 100 cm의 파행관을 연결하고 분당 7 L 이상의 산소를 투여한 경우에 70% 이상의 산소농도를 나타냈다.

이는 파행관이 산소저장기로 작용하기 때문인데 24 mm의 파행관 60, 80, 100 cm는 산소저장용량이 각각 약 300, 400, 500 cc이며 이 용적에는 호기시뿐만 아니라 흡기시에도 100%의 산소로 채워지고, 대기로의 산소소실이 적기때문에 투여하는 산소농

도가 높아지게 될 것으로 생각된다.

소아용 RB에 산소저장기로서의 파행관을 연결하지 아니한 레에서 산소유입구를 통하여 산소를 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L를 투여시에 34, 40, 46, 52, 56, 61, 69, 72%의 산소농도를 보여 성인용 RB에서의 산소농도보다 훨씬 높게 나타났으며 20 cm의 파행관을 연결하였을 때에는 산소농도가 급격히 상승하고 40 cm 파행관을 연결하였을 때 최고에 달하며 60 cm 이상에서는 상승이 없었다.

이는 24 mm의 파행관 40 cm는 산소저장기로서 약 200 cc의 용적을 가지고 있으므로 분당 7 L 이상의 산소를 유입시키면 일회 100% 산소가 산소유량에 의한 233 cc와 산소저장기의 200 cc 총 433 cc가 공급되기 때문이며 60 cm 이상에서는 산소저장기가 300 cc 용적을 갖고 있으므로 산소유속에 의한 233 cc 총량 533 cc에서 RB내 용적 500 cc를 초과하기 때문으로 사료된다.

결론적으로 성인용 RB를 사용시에 70% 이상의 산소농도를 유지하기 위해서는 24 mm의 파행관 60 cm를 연결하고 분당 15 L의 산소를 투여하거나, 80 cm의 파행관에 분당 9 L의, 산소 또는 100 cm의 파행관에 분당 7 L 이상의 산소를 투여하여야 하며, 소아용 RB를 사용시에는 40 cm의 파행관을 연결하고 산소를 분당 5 L 이상 투여하면 95% 이상의 산소농도를 유지할 수 있으며 60 cm 이상의 파행관은 필요 없을 것으로 사료된다.

결 론

성인용과 소아용 RB의 산소유량과 저장기 튜브 길이가 산소농도에 미치는 영향을 연구하고자 RB에 분당 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 L의 산소를 공급하고, 저장기로서 파행관을 각각 0, 20, 40, 50, 80, 100 cm 연결한 후, 호흡횟수와 일회 호흡량이 산소농도에 미치는 영향을 고려하여 성인용 RB에는 일회호흡량을 800 cc로, 분당 호흡수는 10회로 하였고 소아용 RB에는 일회호흡량은 100 cc로 분당호흡수는 20회로 규칙적으로 일정하게 유지하고 산소농도를 각각 10회 측정한 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

성인용 RB에서는 파행관을 부착하지 아니한 경우 분당 15 L의 산소를 산소유입구에 투여하여도 50% 미만의 산소농도를 유지하였으며 70% 이상의 산소농도를 유지하기 위해서는 60 cm의 파행관을 연결하고 15 L의 산소를, 80 cm의 파행관을 연결하고 분당 9 L 이상의 산소를 또는 100 cm의 파행관을 연결하고 분당 7 L 이상의 산소를 투여하여야 하고, 80% 이상의 산소를 투여하고자 할 때는 100 cm 파행관을 연결하고 분당 11 L 이상의 산소를 투여하여야 한다.

또한 소아용 RB에서는 파행관을 부착하지 아니하고 분당 15 L의 산소를 투여시 70% 이상의 산소농도를 나타냈으며 20 cm의 파행관을 연결하면 산소농도는 급격히 증가하며 7 L 이상의 산소유량에서는 40 cm 파행관을 연결하면 95% 이상의 산소농도를 유지하며 60 cm 이상의 파행관을 연결하여도 산소의 농도는 더 이상 증가하지 아니하였다.

이상의 결과로 보아 성인용 RB를 사용시에는 60 cm 이상의 파행관을 연결한 후 산소를 투여하여야 하고 소아용 RB를 사용시에는 40 cm의 파행관을 연결한 후 7 L 이상의 산소를 투여하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Ruben H. *A new non-rebreathing valve. Anesthesiology* 1955; 16: 643-6.
- 2) Kirby RR, Smith RA, Desautels DA. *Mechanical ventilation. 1st ed. NY: Churchill-Livingstone. 1985; 16-7.*
- 3) Shapiro BA, Kacmarek RM, Cane RD, Peruzzi WT, Hauptman D. *Clinical application of respiratory care. 4th ed, St Louis: Mosby Year Book 1991; 149.*
- 4) Shapiro BA, Peruzzi WT, Templin R. *Clinical application of blood gases. 5th ed. St. Louis Mosby: Year Book 1994; 129-37.*
- 5) Carlon GC, Howland WS, Tumbull AD. *Pulmonary venous admixture during mechanical*

- ventilation with varying $F_{I}O_2$ and PEEP. *Crit care Med* 1980; 8: 616-9.
- 6) Markelo P, Winter P, Olszowka A. Assessment of ventilation-perfusion inequalities by arterial-venous nitrogen differences in intensive care patients. *Anesthesiology* 1972; 37: 4-15.
- 7) Crapo J, Tierney D. Superoxide dismutase and pulmonary oxygen toxicity. *Am J Physiol* 1974; 226: 1401-7.
- 8) Safar P, Bircher NG. *Cardiopulmonary cerebral resuscitation*. 3rd ed, London: WB Saunders. 1988; 83-4.
- 9) Dick W, Ahnefeld FW. *Proposals for standardized tests of manually operated resuscitators for respiratory resuscitation*. *Resuscitation* 1975; 4: 149-53.
-