

조립 오류로 인한 자가충전호흡낭 소생기의 기능이상

— 증례보고 —

전북대학교 의학전문대학원 마취통증의학교실

김덕규 · 김유일 · 이지선 · 임형선 · 김동찬

The malfunction of self-inflating bag resuscitator due to mis-assembly — A case report —

Deok Kyu Kim, M.D., Yu Yil Kim, M.D., Ji Sun Yi, M.D., Hyung Sun Lim, M.D., and Dong Chan Kim, M.D., Ph.D.
Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

A self-inflating bag resuscitator is universally used to ventilate patients during cardiopulmonary resuscitation and transfer. This device can be reused after sterilization and reassembly, and the mis-assembly of a resuscitator can possibly happen. We report here on a case of mis-assembly of a resuscitator valve that resulted to barotrauma and instability of a patient. (**Korean J Anesthesiol 2008; 55: 731~5**)

Key Words: malfunction, mis-assembly, self-inflating resuscitator.

자가충전호흡낭 소생기(self-filling or inflating bag resuscitator) 일명 앰부 백(AMBU bag)은 심폐소생술이나 중환자 이송 과정에 간편하게 적용할 수 있는 수동적 기계환기 기구이다. 자가충전호흡낭과 환자사이에 개폐식 밸브가 있어 호흡낭을 압축시켜 흡기를 시작할 때에는 밸브가 열리어 호흡낭의 신선가스가 환자에게 공급되고 환자의 호기는 밸브와는 다른 출구로 배출되며 이 때 호흡낭이 탄성으로 부풀어 올라 다음 환기를 위한 신선가스가 채워지게 된다. 용수환기를 시행하는 시술자는 일정 정도의 숙련도를 갖고 환자 개인마다 적용을 해야 폐에 압력손상을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있으며, 특히 심폐소생술시 과도한 일회호흡량, 흉부압박과 호흡의 부조화 등으로 기흉, 중격동기종 등이 발생하여 심폐소생이 어려울 수 있다.^{1,2)} 또한 이러한 소생기는 한 환자에게 사용한 후 밸브와 호흡낭 등을 분해하여 소독한 후 재조립하여 사용하는데 이 과정에서 오류가 발생할 가능성이 충분히 있다.

저자들은 장시간의 전신마취 후 기계적 환기 보조와 집중 치료를 위해 환자를 중환자실로 이송하는 과정에서 자가충전호흡낭 소생기로 환기하면서 환자를 수술대에서 이

동용 침대로 옮긴 후 심한 저혈압과 서맥이 발생하였고 이를 교정한 후 그 원인이 소생기 밸브의 잘못된 재조립으로 인한 것임을 알게 되어 이를 문헌적 고찰과 함께 보고하는 바이다.

증 례

42세 남자 환자로 약 10시간의 장시간 수술과 수술 중 대량 출혈로 인한 대량 수혈 및 수액 공급과 수술 중 불안정한 혈액학적 지표로 인해 환자는 중환자실에서 기계호흡 보조와 집중치료가 필요할 것으로 판단되어 수술이 종료됨과 동시에 중환자실로 이송 예정이었다. 환자가 이송될 중환자실까지의 이동거리가 비교적 멀어 이송도중 환자의 활력징후를 감시하기위해 이동식 감시 모니터를 부착하여 이송하기로 결정하였고, 이송 중 환자의 환기는 자가충전호흡낭을 이용하기로 하였다.

수술 중 거치하고 있던 감시 장치 중 맥박산소계측기, 침습적 동맥혈압 측정기, 중심정맥혈압 측정기 등을 이동식 감시 장비에 옮겨 연결함과 동시에 환자의 기관내삽관 튜브에 자가충전호흡낭 소생기를 연결하고 용수환기는 수술팀의 전공의가 시행하며 환자를 이동용 침대로 옮겼고, 수술대에서 마지막 측정된 활력징후는 혈압 125/60 mmHg, 심박수 90회/분, 맥박산소포화도 99%이었다. 그 후 즉시 이동식 감시 모니터를 통해 환자의 활력징후를 감시하려고 하

논문접수일 : 2008년 4월 14일

책임저자 : 김동찬, 전북 전주시 덕진구 금암동 634-18
전북대학교 의학전문대학원 마취통증의학교실
우편번호: 561-712

Tel: 063-250-1251, Fax: 063-250-1240

E-mail: dckim@chonbuk.ac.kr

였지만 많은 수액로와 감시장비의 연결선에 의해 정확한 활력징후 감시가 방해를 받아 활력징후를 측정할 수 있었던 기간은 수술대에서 마지막으로 측정한 후 약 2분이 경과된 후였고 이 때 측정된 활력징후는 혈압 90/40 mmHg, 심박수 70회/분, 맥박산소포화도는 95%였다. 그 후 점차 환자의 피부색이 창백해지고 흉벽과 복벽이 팽창되어서 수술 팀 전공의가 환기하던 자가충진호흡낭을 받아 마취통증의학과 의사가 용수환기를 하였고 이 때 기도폐쇄 소견은 없었지만 폐유순도가 매우 감소한 것을 알게 되어 좀 더 정확한 환자상태를 파악하기위해 마취기의 호흡회로에 기관내튜브를 연결하여 용수환기를 하였으며 환자의 폐유순도는 즉시 향상되었다. 그러나 환자의 활력징후는 혈압 60/30 mmHg, 심박수 35회/분, 맥박산소포화도는 85%까지 빠르게 감소하여 atropine 0.5 mg, epinephrine 100 μg을 투여하였다. 그 후 환자는 혈압 170/110 mmHg, 심박수 120회/분, 맥박산소포화도 99%로 회복하였고, 추가적으로 midazolam 5 mg, vecuronium 10 mg을 투여하였고, 환자의 상태는 점차 안정되어 활력징후가 혈압 120-130/60-70 mmHg, 심박수 90-100회/분, 맥박산소포화도 99%로 유지되었다.

마취기의 호흡회로를 통해 용수환기를 하며 청진하였을 때 호흡음에서 특이한 사항을 발견하지 못하였으나 복벽과 흉벽이 과도하게 팽창되었었고 그 후 피하기종이 관찰되어 이는 환자의 흉강압력이 과도하게 증가하였던 결과라고 생각되었고, 그 원인으로 자가충진호흡낭 소생기의 오작동이 강력히 의심되었다. 소생기의 기능을 확인하기 위해서 소생기의 기관내튜브 연결 부위에 시험호흡낭(test bag)을 연결하여 시험한 결과 호기가 충분히 되지 않음을 확인하였다. 흉부 X선을 촬영하여 확인한 결과 종격동기종이 확인되었으나 기흉은 없었고, 환자의 활력징후가 안정적으로 유지되어 중환자실로 이송하기로 하였다. 다른 소생기를 준비하여 환자에게 연결하기 전에 시험 작동하여 기능을 확인 한 후 환자에게 연결하고, 용수환기를 하며 환자의 활력징후를 5분간 감시하여 안정적으로 유지되는 것을 확인한 후 중환자실로 이송하였다.

환자는 다음날 아침에 의식이 회복되었고, 흉부 X선상

수술직후 보다 종격동기종 양이 감소하였으나 장시간의 수술과 대량 수혈 및 수액 투여가 원인으로 생각되어지는 경한 흉막삼출이 확인되었다. 하지만 활력징후와 동맥혈가스 검사에서 기계호흡 이탈이 충분히 가능할 것으로 판단되어 술 후 1일째 환자는 기계호흡에서 이탈하였다. 흉부 X선상 종격동기종은 술 후 3일째부터 관찰되지 않았고 흉막삼출은 술 후 6일째부터 관찰되지 않았다. 그 후 환자는 특별한 문제없이 회복되었으며 술 후 25일째 퇴원하였다.

고 찰

호흡낭-밸브-마스크(bag-valve-mask, BVM)는 1953년 Ruben에 의해 고안되었고,³⁾ 기관내튜브에도 연결이 가능하며 휴대성이 좋고 작동법도 비교적 간단하여 간편하게 사용할 수 있고 고농도의 산소와 충분한 환기량을 제공할 수 있는 장점을 갖고 있다. 호흡낭은 이를 시술자가 압축시켜(squeezing) 환자에게 일회환기량을 공급하고 호흡낭 자체의 탄성에 의해 다시 부풀어 올라 다음 환기를 할 수 있게 하여 자가-충진 호흡낭이라고 하여, 밸브는 호흡낭과 환자 사이에서 공기 흐름이 한 방향으로만 흐를 수 있도록 하여 환자에게 충분한 일회호흡량을 공급할 수 있으며 재호흡을 방지한다.

소생기 밸브의 구조는 처음 Ruben에 의해 고안된 이래 환자에게 재호흡과 압력손상 및 오작동을 방지할 수 있는 구조로 발전되었으며(Fig. 1), 제조회사에 따라 몇 가지의 독특한 형태가 존재한다. 우선 AMBU 社는 Ruben이 처음 고안한 밸브인 흡기 때 열렸던 밸브가 호기 때에는 용수철의 힘에 의해 닫혀 지는 형태를 사용하다가 현재는 한 개의 디스크모양의 밸브(single-shutter valve)가 호기와 흡기 사이에 개폐되는 구조로 되어있고, Laerdal 社는 물고기입모양(fish mouth-like) 밸브가 흡기 때 열리고 호기 때에는 이 밸브가 닫히면서 흡기 통로 주변으로 공기가 흘러나가게 되는 구조로 되어있다(Fig. 2). 다른 제조회사에는 이 두 구조를 조금씩 변형하여 만들어, 임상에서 사용되고 있는 소생기 형태는 많은 제조회사로 인해 여러 가지가 있고 여러 제조회사에 따라 약간의 차이가 있을 것이며 모든 소생기

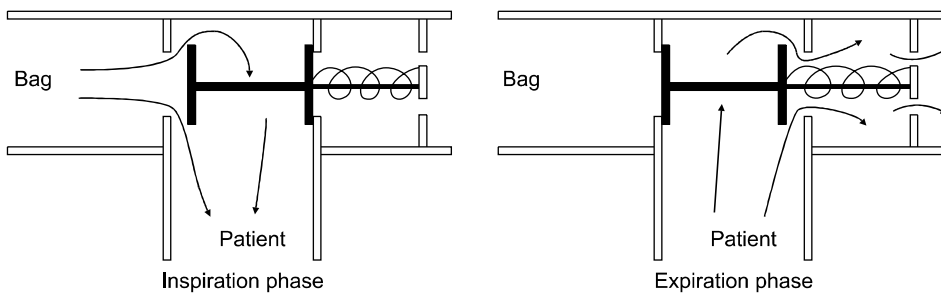


Fig. 1. Schematic of Ruben valve.

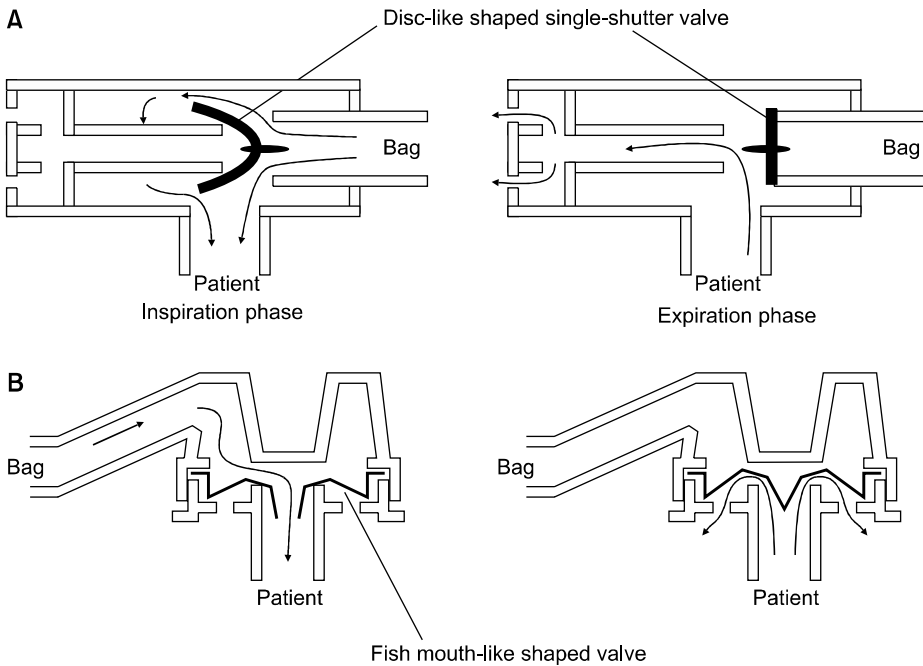


Fig. 2. Schematic of AMBU (A) and Laerdal (B) valve.

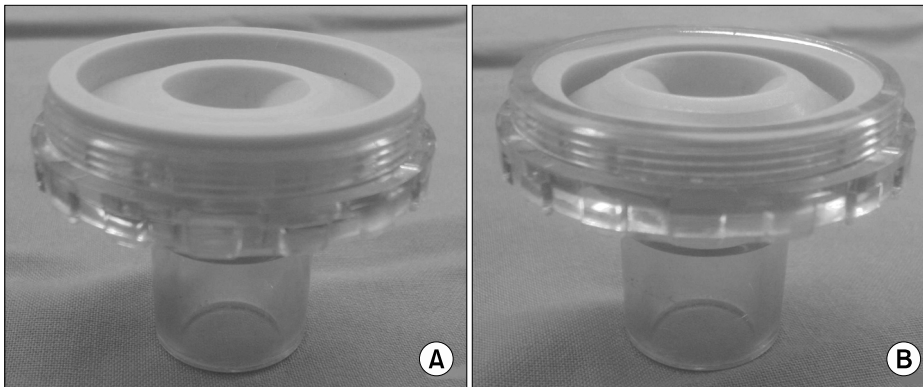


Fig. 3. Normal assembly of fish mouth-like valve and their housing (A). Fish mouth-like valve put in their housing that cause to the obstruction of expiratory gas (B).

밸브의 정확한 구조를 파악하기는 어렵다. 이렇게 제조회사마다 독특한 구조의 밸브로 인해 사용하는 의료인이 이에 대한 이해가 부족한 경우에는 사용에 오류가 있을 수 있으며, 또한 많은 경우 소생기는 한번 사용 후 분해하여 소독한 후에 재조립하여 사용하게 되어있어 재조립과정에 발생한 오류 때문에 환자에게 치명적인 결과가 초래된 상황이 보고되어있다.⁴⁻¹⁰⁾

본 증례에서 오작동이 발생한 소생기는 Laerdal 형식의 밸브를 갖고 있는 소생기로서 재조립하는 과정에서 물고기 입모양의 밸브가 잘못 조립되어 있었다(Fig. 3). Munford와 Wishaw는⁵⁾ 몇 가지의 소생기의 잘못된 사용에 대해 보고하였는데, 호흡낭과 밸브가 연결되어야 하는 부위에 환자의 기관내튜브를 연결하고 환자에게 연결할 위치에 호흡낭을

연결하여 용수환기를 시행하였던 사례, 비재호흡 밸브를 잘못 조립하여 흡기 때 환자에게 충분한 일회호흡량을 공급하지 못하고 호기 통로로 배출된 사례와 한 방향으로 공기 흐름이 안 이루어져 재호흡이 되었던 사례 등을 보고하면서 물고기입모양 밸브를 조립할 때 밸브에 과도한 장력이 걸리게 조립하면 밸브가 오작동할 수 있다고 하였다. 그러나 본 증례에서는 Munford와 Wishaw가⁵⁾ 보고한 것과는 다른 상황으로 물고기입모양의 밸브가 호기 때에 주위 구조물에 닿아 호기통로가 막혀 환자에게 압력손상을 초래하였다. 본 증례와 같이 호기가 되지 않아 압력손상이 발생한 경우가 보고되었는데,^{6,7)} Laerdal 형식의 밸브에서 두 개의 물고기모양 밸브가 소독과정 등에서 달라붙어 자세히 관찰하지 않으면 마치 하나의 밸브같이 오인되어 조립되어 호

기 통로가 막혔던 경우를 보고하였으나, 본 증례에서는 이와는 달리 물고기모양 밸브를 밸브틀(housing)에 자연스럽게 올려놓고 조립해야하는데 밸브를 틀 안으로 끼워 넣어 조립한 결과로 밸브의 오작동이 발생하였다.

이상하게도 본 증례의 물고기모양 밸브는 틀 안으로 끼워 넣을 때 마치 제자리에 위치하는 것으로 오인될 수 있는 크기여서 재조립 과정을 충분히 교육받지 못한 경우에는 언제든지 이러한 오류를 범할 수 있을 것으로 판단하여 이 소생기를 더 이상 사용하지 않도록 하였다. 본 증례의 소생기 제조회사를 파악하려 했으나 제조 및 구입이 오래되어 Solco 社의 제품일 것으로 추측될 뿐이고 또한 밸브와 호흡관이 서로 다른 회사 제품일 가능성도 있었다. 본원에 비치된 다른 소생기의 밸브 또한 잘못 조립될 수 있어 검사해 본 결과 다행히 오작동하는 소생기는 발견되지 않았다. 본 증례의 밸브와 같은 구조인 Laerdal 형식의 Hudson 社의 물고기모양 밸브와 자세히 비교해보면 밸브의 전체적인 크기에서 오작동한 밸브가 작았으며 두 밸브의 굴곡이 약간 다르게 되어 있다는 것을 알게 되었고, 시험적으로 Hudson 社의 물고기모양 밸브를 본 증례의 경우처럼 밸브틀 안으로 끼워 넣어 조립하려고 하였지만 잘 조립되지 않았으며 완전히 조립한 경우에도 호기 통로가 완전히 막히지 않아 환자에게 압력손상을 줄 가능성은 적었지만 충분한 환기량을 제공하지는 못할 것으로 생각되어진다(Fig. 4). 그 외에 본 증례와는 다른 경우이지만 물고기모양 밸브 없이 재조립한 경우나 성인용 호흡관에 소아용 밸브를 연결하였던 경우 등이 보고되었고,^{8,9)} Cramond와 Mead는¹⁰⁾ 밸브틀 밖에 위치해야하는 중앙이 빈 디스크모양의 외부 밸브를 물고기모양 밸브와 함께 밸브틀 안에 넣고 조립할 가능성이 있다고 보고하였다.

Laerdal 형식과 더불어 많이 쓰이고 있는 AMBU 형식 또한 관리에 소홀히 하면 오작동을 일으킬 수 있을 것으로 생각되어진다. Ruben 밸브에서 용수철이 정확히 작동을 하지 않으면 환자에게 저환기, 재호흡, 압력손상 등을 야기할 수 있다는 것은 쉽게 생각할 수 있다. Ruben 밸브에서 용수철을 없애고 흡기와 호기밸브를 분리한 형식이 최근 많이 이용되는데, 이 때 밸브는 디스크 모양 고무로 되어있고 중앙은 고정되어있으며 가장자리가 마치 새의 날개처럼 움직(flapping)일 수 있게 되어있다. Myers 등은¹¹⁾ 이러한 밸브에서 호기밸브가 오작동을 일으켜 기흉이 발생한 증례를 보고하였으며, 호기밸브가 밸브틀 밖에 위치를 하고 있어 관리가 소홀할 경우 오작동이 발생할 가능성이 있을 것으로 생각된다. 또한 소생기에 부착하여 사용하는 호기말양압 장치는 기본적으로 Ruben 밸브의 용수철 원리를 이용한 것으로 소생기를 통해 호기말양압을 적용할 때에는 기도압과 폐유순도 등을 감시할 수 없으므로 폐의 압력손상을 매우

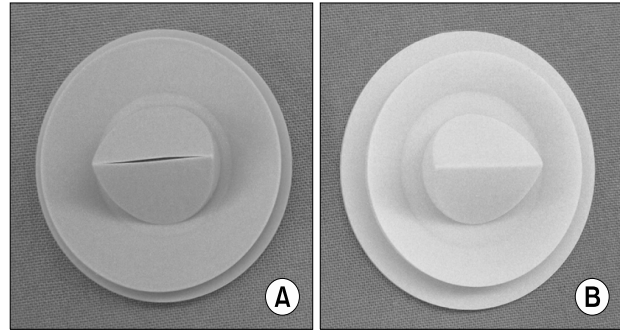


Fig. 4. The left valve (A) is the valve which the expiratory gas flow was obstructed to raise the error. The size of right valve (B) which makes in Hudson company is a little bigger than the left valve and their structure is each other some different.

조심해야 한다.

본 증례에서 저자들은 상당기간 소생기의 오작동을 인식하지 못하였는데 이는 환자를 수술대에서 이송용 침대로 옮기는 과정에서 혈압, 심박수, 맥박산소포화도 등이 정확히 감시되지 않았으며 호흡보조 또한 숙련되지 않은 수술팀의 전공의가 시행하여 폐유순도가 급격히 감소한 것을 인식하지 못하였기 때문이라고 생각한다. Munford와 Wishaw는⁵⁾ 소생기를 통해 환기를 제공받는 환자는 반드시 적절히 훈련되고 경험이 있는 전문가에게 관리 받아야하며, 소생기는 정기적으로 점검되어야하고 또한 사용 직전에 다시 점검되어야하며, 환기를 시작하면 바로 흉벽의 움직임을 평가하고 지속적으로 폐와 흉벽의 유순도를 평가하며, 가능한 빨리 동맥혈가스검사를 통해 환기의 적절성을 평가하고, 가능하면 지속적인 호기말 이산화탄소 분압을 감시하는 것을 추천하면서 장비의 오작동과 시술자의 오류가 있을 수 있다는 것을 항상 명심해야한다고 하였다.

본 증례를 통해 저자들은 소생기의 관리와 사용에 대해 주의를 기울여야 함을 새삼 깨닫게 되었으며 정기적으로 소생기의 기능을 검사해야 하고, 재조립 과정에 관여하는 인력에 대한 꾸준한 교육과 재조립 후 반드시 시험호흡낭(test bag)을 거치하여 소생기의 기능을 확인하고, 환자에게 사용하기 전에도 반드시 기능 검사를 한 후 사용해야 하며, 소생기를 통한 용수환기 시에 환기의 적절성을 지속적으로 평가해야한다고 생각한다. 또한 많은 의료기기에서 이를 다루는 사람에 의한 오류(human error)가 언제든지 발생할 수 있음을 절대로 간과해서는 안 될 것이다.

참 고 문 헌

1. Hillman K, Albin M: Pulmonary barotrauma during cardiopulmonary resuscitation. Crit Care Med 1986; 14: 606-9.

2. Shulman D, Beilin B, Olshwang D: Pulmonary barotrauma during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 1987; 15: 201-7.
3. Ruben H: Multipurpose anaesthesia valve. *Nord Med* 1953; 50: 1242-3.
4. Dolan PF, Shapiro S, Steinbach RB: Valve misassembly - manually operated resuscitation bag. *Anesth Analg* 1981; 60: 66-7.
5. Munford BJ, Wishaw KJ: Critical incidents with nonbreathing valves. *Anaesth Intensive Care* 1990; 18: 560-3.
6. Hunter WA, Duthie RA: Malfunction of a Laerdal resuscitation valve. *Anaesthesia* 1991; 46: 505-6.
7. Ho AM, Shragge BW, Tittley JG, Fedoryshyn JN, Puksa S: Exhalation obstruction due to Laerdal valve misassembly. *Crit Care Med* 1996; 24: 362-4.
8. Smith G: Problem with mis-assembly of adult manual resuscitator. *Resuscitation* 2002; 53: 109-11.
9. Tandon P, Meakin GH: Mis-assembly of Laerdal resuscitator valve. *Anaesthesia* 2008; 63: 324-5.
10. Cramond T, Mead P: Non-rebreathing valve assembly. *Anaesth Intensive Care* 1986; 14: 465.
11. Myers DP, de Leon-Casasola OA, Bacon DR, Slowik WP, Lema MJ: Bilateral pneumothoraces from a malfunctioning resuscitation valve. *J Clin Anesth* 1993; 5: 433-5.