

Bag-Valve-Mask의 사용방법에 따른 일회호흡량과 평균기도압의 변화 연구

조승묵¹ · 정형근^{1*}

¹을지대학교 응급구조학과 교수

Differentiation of tidal volume & mean airway pressure with different Bag-Valve-Mask compression depth and compression rate

Seung-Mook Jo¹ · Hyung-Keon Jung^{1*}

¹Professor, Department of Emergency Medical Service, Eulji University

=Abstract =

Purpose : The purpose of this study is to get basal user guidelines of safer bag-valve-mask application on patient with normal pulmonary patho-physiologic condition.

Methods : This study was accomplished by pre-qualified 25 EMS junior grade students. Participants were instructed randomly compress bag to one-third, half and total and also with differesnt compression speed. Resultant tidal volumes and mean airway pressures obtained in RespiTrainer were analysed in relation to the each compression depth and rate.

Results : Demographic difference does not affect tidal volume with any compression depth and rate change. Increasing compression depth is correlated with tidal volume increasement at any compression rate and also with mean airway pressure. If the compression depth is same, compression rate change did not affect significantly the resultant tidal volume or mean airway pressure.

Conclusion : Hand size, Experience, BMI dose not affect tidal volume. Compress the 1600 ml bag half to total amount is safe way to offer sufficient tidal volume without risky high airway pressure delivery to patient airway who with normal lung patho-physiologic condition.

Key Words : Lung Compliance, Pulmonary Resistance, Tidal Volume, Mean Airway Pressure, Barotrauma

접수일 : 2012년 06월 18일 수정일 : 2012년 07월 30일 게재확정일 : 2012년 08월 16일

*Corresponding Author : Hyung-Keon Jung

Department of Emergency Medical Service, Eulji University, 553 Sanseong-daero, Sujeong-gu, Sungnam-si, Gyeonggi-do 461-713, Republic of Korea

Tel : +82-31-740-7144 Fax : +82-31-740-7357 E-mail : chiro34394@eulji.ac.kr

I. 서론

호흡보조는 응급환자와 중환자의 치료에 있어서 없어서는 안 될 필수적인 수단이고, 비록 병원 전 단계의 호흡보조 치료의 유용성에는 많은 논란이 있지만 병원 전 단계의 환자 치료에 필수불가결한 술기이다. 응급구조사는 현장에서 응급환자의 기도개방을 확보하고 적절한 환기량을 유지하여 환자에게 충분한 산소공급을 하기 위한 여러 가지 기도유지 기구와 환기보조 기구를 사용하고 있는데 그 중 기관내삽관이 가장 확실하게 기도개방의 유지를 보장한다고 알려져 있지만 현장에서 기관내삽관의 사용은 그 합병증의 발생 가능성이 항상 존재하며 또한 그 유용성도 확립되어 있지 않은 상태이다[1]. 이러한 이유들 때문에 응급구조학과 학생이나 현장의 응급구조사들에게 Bag-Valve-Mask(Ambulatory Bag)가 가장 많이 사용되고, 또한 교육되어지는 기도유지 및 보조호흡을 위한 양압 발생 도구이다[2].

Bag-Valve-Mask는 별도의 동력원이 필요 없이 환기량이 자가 팽창하는 성질을 이용하여[3] 지속적으로 양압의 환기를 제공할 수 있어 가장 높은 빈도로 사용되는 기구이지만 정확한 사용방법은 각각의 교육기관과 제조사에 따라 약간의 차이점을 보이고 있다 할 수 있어 통일된 사용지침이 필요하다고 생각되어진다. 또한 심폐소생술 후 낮은 자발순환 회복률이나 높은 신경학적 합병증 이환율도 대부분 국내 응급의료체계의 구조적인 문제점인 낮은 비율의 목격자 심폐소생술 시행이나 낮은 빈도의 제세동기의 사용에 기인한다고 여겨지지만 일정 부분 일선 응급구조사에 대한 호흡보조 기구 사용법의 통일된 사용지침 미비에도 기인한다고 생각되어진다.

호흡보조는 조직의 저산소증을 예방, 치료함을 목적으로 하고 다양한 기도유지기구와 함께 Bag-Valve-Mask를 사용하게 되는데 이 기구의

사용지침은 마스크와 같이 사용하는 경우 성인 환자에서 Bag-Valve-Mask를 환기량의 크기에 따라 1/3 또는 2/3를 도수 압박하여 6~7ml/kg의 일회호흡량을 발생시키고 충분한 호흡량의 제공 여부는 환자 가슴의 상승으로 확인하라고 교육되어지고 있다[4].

이러한 사용지침은 환자의 신체적인 특성이나 기존 폐 질병의 유무에 따라 과도한 호흡기내의 압력이나 호흡량을 발생시켜 심폐기능에 손상을 줄 가능성이 있거나[5] 또는 필요량보다 적은 호흡량을 발생시켜 저산소증을 야기할 가능성을 배제하지 못하므로 환자의 상태에 따라 사용 방법이 달라져야 할 것이나 호흡보조에 따른 기도내압이나 환기량의 변화를 알 수 있는 측정 장비를 현장에서 사용할 수 없는 관계로 환자의 병태생리적인 특징에 맞춰 안전한 사용지침을 정할 필요성이 있다고 생각되어진다.

Bag-Valve-Mask에 의한 일회호흡량과 기도내압에 영향을 줄 수 있는 인자들로는 Bag-Valve-Mask의 물리적인 특성을 제외하면 흡입 산소유량의 증가, 저장량의 부착, 시술자 손의 악력 증가, 환기 빈도 증가, 흡기-호기 비율 증가 등과 함께 시술자가 환기량을 압박하는 정도가 증가함에 따라 일회호흡량이나 기도내압이 증가한다고 알려져 있다[6,7].

이에 본 저자는 우선적으로 환자 호흡기계의 병태생리학적 특성을 폐 질환이 없는, 기도저항과 폐 탄성이 정상인 성인으로 가정하여 Bag-Valve-Mask의 압박 깊이의 차이와 호흡수 변화에 따른 기관 내의 평균기도압의 변화와 일회호흡량의 변화를 흡입산소가 없고 저장량이 부착되지 않은 Bag-Valve-Mask를 흡-호기 비율을 1:1로 일정하게 유지하는 상태에서 비교 관찰하여 그 변화를 비교 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 연구의 목적에 동의하고 응급기도관리학을 수강한 경기도 성남 소재 일개 대학의 응급구조학과 3학년 학생 25명을 대상으로 하였으며 사전 설문지 조사를 통하여 대상자의 인구학적인 특성과 BVM 사용 시간을 알아본 후 Laerdal사의 실습모형(Skillreporter, Laerdal, Stavanger, Norway)을 사용하여 분당 10회의 인공호흡 속도에서 2분간 BVM 인공호흡을 실시하여 권장호흡량인 6~7ml/kg의 일회호흡량을 발생시킬 수 있는 호흡 일 회당 평균 350ml 이상의 일회호흡량을 발생시킨 학생 25명을 대상으로 하였다.

2. 연구방법

실험에 사용된 Bag은 Laerdal사의 저장낭이 연결되지 않은 1600ml 용량의 환기낭(Laerdal Silicone Resuscitators, Laerdal, Stavanger, Norway)과 Cuff가 없는 Laerdal Adult Mask 4-5+를 사용하였고 환기낭 중앙에 실선을 그은 후 대상자의 엄지와 검지 사이의 지간으로 실선을 덮는 자세로 압박하게 하였으며 Metronome을 이용하여 각각 분당 10회, 12회, 15회의 속도로 RespiTrainer(Quick lung Advance, Ingmar, Pittsburgh, USA)에 환기낭의 1/1, 1/2, 1/3을 흡-호기 비 1:1로 압박하도록 유도하여 2분간 압박 후 평균 기도내압과 평균 일회호흡량을 측정하였다. 환기낭을 완전히 압박한 경우를 1/1, 환기낭의 반을 압박한 경우를 1/2, 환기낭의 1/3을 압박한 경우를 1/3으로 정의 하였다. 측정 시 무작위로 환기 방법을 배열하여 기간효과를 최소화하여 측정하였다. RespiTrainer의 기도저항은 폐 질환이 없는 건강인의 평균치인 5cmH₂O/L/sec으로 하였고, 유순도도 건강인의 평균치인

50ml/cmH₂O로 고정하여 실험하였다. 얻어진 결과를 호흡수가 일정한 경우의 환기낭 압박 정도에 따른 일회호흡량과 기도내압의 차이를 비교하였고, 환기낭의 압박 정도가 같은 경우 호흡수에 따른 차이를 비교하였다. 또한 대상자의 신체적 특성(체질량지수, 손의 크기)과 경험 시간에 따른 일회호흡량이나 평균기도압의 차이도 비교하였다.

3. 분석 방법

대상자의 신체적인 특성과 환기낭 사용 경험 시간과 일회환기량과의 관계는 SPSS(version 11.0)를 이용하여 다중회귀분석을 시행하여 분석하였고 압박 정도와 호흡수에 변화에 따른 일회호흡량, 기도내압, 저 일회호흡량 발생 횟수는 ANOVA test를 이용하여 비교 분석하였다.

III. 연구결과

전체 25명의 대상자 중 남자가 15명으로 여자 10명보다 많았다. 평균 나이는 22.8±2.0세였으며 평균 손의 크기는 최대로 신장한 엄지와 새끼손가락 사이의 지간 길이로 측정하여 19.89±1.78cm 이었다. 평균 체질량 지수는 21.70±2.14로 측정되었으며 평균 환기낭 사용 시간은 8.44±6.9시간이었다<Table 1>.

Table 1. Demographic characteristics of participants

Characteristics	Number/Mean
Gender(M/F)	15/10
Age(year)	22.8±2.0
Hand size(cm)	19.89±1.78
BMI*	21.70±2.14
Experience(hrs)**	8.44±6.9

*BMI : Body mass index

**Experience : total experience hours of bag-valve mask ventilation

대상자의 인구학적인 특성에 따른 일회환기량의 차이는 압박의 정도, 압박 속도에 관계없이 환기량 사용경험 시간, 대상자의 체질량지수, 손의 크기에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 손의 크기와 일회호흡량의 관계는 상관계수 0.445로 밀접한 관계를 가지고 있다 할 수 없지만 환기량의 사용경험이나 체질량지수보다는 일회환기량에 더 영향을 주는 것으로 나타났다<Table 2>.

Table 2. Tidal volume difference with demographic characteristics

	R square	F	p
Experience**	.313	.758	.655
BMI*	.279	.646	.743
Hand size	.445	1.336	.298

*BMI : Body mass index

**Experience : total experience hours of bag-valve mask ventilation

호흡수를 고정하고 환기량의 압박 정도를 다르게 한 경우의 일회호흡량은 압박 정도를 증가시킬수록 유의하게 증가하였고 환기량을 1/2 이상으로 압박한 경우에는 호흡수에 관계없이 모든 경우 350ml 이상의 일회호흡량을 보였다<Table 3>.

Table 3. Tidal volume differences in relation to compression depth with constant compression rate

Rate* (/min)	Depth**	Tidal volume	p
10	1/3	320.92±111.6(274.9~366.9)	.001
	1/2	416.4±109.0(371.4~461.4)	
	1/1	561.2±159.8(495.2~627.1)	
12	1/3	326.2±185.5(273.3~379.1)	.001
	1/2	381.7±135.2(325.9~437.5)	
	1/1	553.8±185.6(477.2~630.4)	
15	1/3	321.9±130.0(268.2~375.6)	.001
	1/2	395.0±126.6(342.7~447.3)	
	1/1	540.4±187.3(463.0~617.7)	

*Rate(compression rate/min), **Depth(compression depth on bag)

(95% confidence interval),

Table 4. Mean airway pressure difference in relation to compression depth with constant compression rate

Rate (/min)	Depth	Mean airway pressure(cmH ₂ O)	p
10	1/3	6.80±2.8(5.65~7.96)	.001
	1/2	8.71±2.6(7.62~9.80)	
	1/1	11.71±3.3(10.34~13.09)	
12	1/3	8.06±5.7(5.71~10.41)	.011
	1/2	8.42±2.8(7.26~9.59)	
	1/1	11.59±4.3(9.81~13.36)	
15	1/3	8.55±5.6(5.88~10.54)	.001
	1/2	11.56±3.4(10.22~13.05)	
	1/1	40.89±6.9(25.8~55.96)	

(95% confidence interval)

기도내압 또한 환기량의 압박 정도가 증가할수록 커지는 결과를 보였지만<Table 4> 정상적인 호흡기계 상태에서 폐모세혈관과 폐포에 압력손상을 초래할 수 있는 20cmH₂O 이상의 기도내압에 도달한 경우는[8,9] 호흡수 15회와 12회, 10회에서 환기량을 모두 압박한 경우에만 평균 2.08±5.45회와 1.40±3.59회, 0.08±0.28회의 과 기도내압을 보였으며 환기량을 1/3, 1/2 압박한 경우에는 과 기도내압을 보인 경우가 관찰되지 않았다<Table 5>. 일회환기량 350ml 이하의 저 일회호흡량이 관찰된 횟수는 호흡수에 관계없이 환기량을 모두 압박한 경우가 유의하게 적은 발생 회수를 보였다<Table 6>. 압박의 정도가 같은 경우에는 일회호흡량이나 기도내압, 저 일회호흡량 발생 횟수 모두 호흡수에 따른 유의한 차이가 없었다<Table 7,8,9>.

Table 5. Incidents of high airway pressure in relation to compression depth with constant compression rate

Rate (/min)	Depth	High airway pressure	p
10	1/3	0.00	.130
	1/2	0.00	
	1/1	0.08±0.28	
12	1/3	0.00	.027
	1/2	0.00	
	1/1	1.40±3.59	
15	1/3	0.00	.031
	1/2	0.00	
	1/1	2.08±5.45	

High airway pressure(> 20 cmH₂O)

Table 6. Incidents of low tidal volume in relation to compression depth with constant compression rate

Rate (/min)	Depth	Low tidal volume	p
10	1/3	16.72±8.88	.000
	1/2	10.08±9.24	
	1/1	3.40±5.15	
12	1/3	17.92±10.52	.000
	1/2	13.76±10.35	
	1/1	5.68±8.10	
15	1/3	22.44±13.06	.000
	1/2	17.16±14.37	
	1/1	6.88±10.31	

Low tidal volume(< 350ml)

Table 7. Comparison of tidal volume in relation to compression rate with constant compression depth

Depth	Rate (/min)	Low tidal volume	p
1/1*	10	561.20(495.2~627.2)	.916
	12	553.80(477.2~630.4)	
	15	540.36(463.0~617.2)	
1/2**	1/3	416.36(371.4~461.4)	.611
	1/2	381.73(325.9~437.5)	
	1/1	395.00(369.3~426.1)	
1/3***	1/3	320.92(274.9~366.9)	.987
	1/2	326.20(273.3~379.1)	
	1/1	324.16(296.5~351.8)	

*1/1(Total compression), **1/2(Half compression),
***1/3(One-third compression),
(95% confidence interval)

Table 8. Comparison of mean airway pressure in relation to compression rate with constant compression depth

Depth	Rate (/min)	Mean airway pressure (cmH ₂ O)	p
1/1*	10	11.71(10.3~13.1)	.937
	12	11.58(9.81~13.4)	
	15	40.89(19.2~100.9)	
1/2**	10	8.71(7.6~9.8)	.899
	12	8.42(7.3~9.6)	
	15	8.36(7.1~9.6)	
1/3***	10	6.80(5.6~8.0)	.987
	12	6.94(5.6~8.3)	
	15	6.86(5.5~8.2)	

*1/1(Total compression), **1/2(Half compression),
***1/3(One-third compression),
(95% confidence interval)

Table 9. Incidents of low tidal volume in relation to compression rate with constant compression depth

Depth	Rate (/min)	Mean airway pressure (cmH ₂ O)	p
1/1*	10	3.40(1.3~5.5)	.313
	12	5.68(2.3~9.0)	
	15	6.88(2.6~11.1)	
1/2**	10	10.08(6.3~13.9)	.102
	12	13.76(9.5~18.0)	
	15	17.16(11.2~23.1)	
1/3***	10	16.72(13.1~20.4)	.158
	12	17.92(13.6~22.3)	
	15	22.44(17.1~27.8)	

*1/1(Total compression), **1/2(Half compression),
***1/3(One-third compression),
(95% confidence interval)

IV. 고찰

Bag-Valve-Mask는 병원 내 또는 병원 전 단계의 호흡보조 치료에서 별도의 동력원이 필요 없이 환자에게 Mask나 후두마스크 기도유지기, 기관내삽관 튜브 등에 연결하여 양압의 환기를 제공하는 기구로써[10] 특히 병원 전 단계의 호흡보조 치료에서 가장 많이 사용되고 있는 장비이다. 병원 전 단계에서는 후두마스크(LMA)에 연결되거나 백-밸브 마스크 자체로 사용되는 경

우가 가장 많은데 이 경우 백-밸브 마스크로 사용된 경우가 후두마스크에 연결되어진 Bag-Valve보다 부적절한 일회호흡량을 발생하는 빈도가 높다고 보고되어져 있다[11]. 이 Bag-Valve-Mask는 제조사에 따라 형태적인 특징이 다양하지만 기본적인 환기기능에는 유의한 차이를 보이지 않는다[12]. 본 연구에서는 자가 재팽창 Bag-Valve-Mask 중에서 사용 빈도가 가장 많은 Laerdal Silicone Resuscitator를 선택하여 병원 전 단계에서 흔히 사용하지 않는 저장낭을 부착하지 않고, 산소가 환기낭에 연결되지 않은 상태로 환기낭의 압박 정도, 압박 속도를 달리하면서 환자에게 전달되는 일회환기량과 기도내압의 변화를 Ingmar사의 RespiTrainer에 연결하여 비교 관찰하였다. 본 연구에서 사용된 환기낭은 1600ml의 용량을 가지고 있어 이론적으로는 환기낭을 압박하여 환자에게 양압환기 시 마스크에서 공기의 누출이 없다면 환기낭의 삼분의 일만 압박하여도 500ml 이상의 일회호흡량이 환자에게 전달될 수 있지만, 환자에게 전달되어지는 일회호흡량은 환자 기도의 저항, 폐 탄성, 시술자의 마스크 고정의 정확도 등에 의하여 변화할 수 있다. Bag-Valve-Mask를 사용하는 경우 미 심장학회의 Guideline은 환기낭의 크기에 따라 심폐소생술의 주기에 맞춰 전체 크기의 1/3~2/3를 압박하여 환자 가슴의 상승을 확인하면서 500~600ml의 일회호흡량을 주도록 권장되어지고 있다. 그러나 환자에게 전달되는 일회호흡량은 기도저항이나 폐 탄성 또는 마스크 밀봉 정도에 의하여 변화될 가능성이 존재하기 때문에 이러한 변수에 의한 일회환기량 변화를 감안하여 환기낭의 압박 정도를 조절할 필요성이 있다고 생각되어지며 또한 양압환기에 의하여 발생한 기도내압이 정상범위(20cmH₂O)를 넘는 경우 발생할 수 있는 폐 압력손상의 가능성을[13] 예

방할 필요도 있다고 생각된다. 본 연구에서는 시술자의 신체질량지수나 용수환기기의 사용 시간은 일회호흡량과 상관관계가 적었고 손의 크기에 따른 변화는 연구자에 따라 상이한 결과가 있었으나[14] 본 연구에서는 손의 크기에 따른 차이는 발견되지 않았다. 이러한 결과는 시술자의 신체적인 차이나 경험의 정도에 따라 압박의 정도를 다르게 유도하지 않아도 환자에게 전달되는 일회호흡량이 유의하게 변화하지 않음을 시사하고 있다. 본 연구에서 환기낭의 압박정도에 따라 일회환기량이 유의하게 변화했으며 미 심장협회의 권장 일회호흡량인 환자 체중 kg당 6~7ml의 일회호흡량을 발생시킨 경우는 호흡수에 관계없이 환기낭의 1/2~1/1을 압박하여야 350ml 이상의 일회호흡량을 발생시킬 수 있었으며 환기낭의 1/3을 압박한 경우는 호흡수에 관계없이 약 320ml의 부족한 평균 일회호흡량을 보였고 저 일회호흡량의 빈도도 다른 압박정도에 비하여 유의하게 높았다. 정상적인 기도저항과 폐 탄성을 가진 환자에게 폐 압력손상을 줄 수 있는 20cmH₂O 이상의 기도내압이 발생한 경우는 호흡수에 관계없이 환기낭을 1/1 압박한 경우에만 관찰되었는데 호흡수 분당 12회와 15회에서 환기낭을 1/1 압박한 경우와 기도내압의 유의 있는 발생 빈도 차이는 빠른 호흡수로 인한 자가 호기말양압이[15] 발생한 것으로 사료되므로 BVM을 사용하여 용수환기시 환기낭을 모두 압박하면서 호흡수를 증가시키면 폐 압력손상의 가능성을 증가시킨다고 사료된다. 환기낭의 압박 정도가 같은 경우에는 호흡수에 따른 일회환기량이나 기도내압, 저 일회환기량의 횟수가 유의한 차이를 보이지 않아 환기낭의 압박정도가 호흡수보다 환자에게 Bag-Valve-Mask를 사용하여 양압환기를 시행하는 경우 호흡보조의 정확도나 안정성에 더 밀접한 관련이 있다고 생각

되어진다. 본 연구는 다음의 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째로 실험 대상자를 소수의 응급 구조학과 학생으로 제한하여 현장에서 활동하는 응급구조사나 다른 의료인과의 인구학적인 차이 점이 존재할 수 있으며 둘째, 실제 환자에 적용된 경우가 아닌 실험폐로 시행하여 기도의 해부학적 차이나 기도저항, 폐 탄성의 차이를 고려하지 못하였고 셋째, 저장낭을 미부착하고 산소를 공급하지 않아 저장낭을 부착하거나 산소 공급 유량 변화에 의한 환기량의 재팽창 속도 차이를 고려하지 못하였다. 따라서 기도저항이나 폐 탄성이 변화되는 경우의 연구와 저장낭을 부착하거나 산소를 공급하는 경우의 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

1. 실험 대상자의 손의 크기와 일회호흡량의 크기는 차이가 없었다.
2. 실험 대상자의 경험 정도와 일회호흡량의 크기는 차이가 없었다.
3. 실험 대상자의 체질량지수와 일회호흡량의 크기는 차이가 없었다.
4. 충분한 일회호흡량(350ml 이상)을 제공하는 환기량의 압박 정도는 호흡수에 관계없이 환기량의 1/2 이상을 압박한 경우였다.
5. 환기량을 1/1 압박한 경우에도 호흡수 15회의 경우를 제외하면 기도내압이 폐 압력손상을 줄 수 있는 정도로 의의 있게 증가하지 않았다.

이상의 관찰 결과로 환자의 체질량에 비례하여 6~7ml/kg의 일회환기량을 제공할 수 있는 환기량의 안전한 압박 방법은 기존의 1L 환기량 2/3나 2L 환기량 1/3 압박보다 실제적으로 가장 많이 사

용되고 있는 1500~1600ml 환기량에서 환기량을 1/2 이상으로 압박하는 방법이 환자에게 충분한 일회호흡량을 제공하고 폐 압력손상의 병발 가능성이 적은 사용방법이라고 제안하는 바이다.

참 고 문 헌

1. Strote J, Roth R, Cone DC, Wang HE. Prehospital endotracheal intubation; the controversy continues. *Am J Emerg Med* 2009;27(9):1142-7.
2. Eun SJ, Kim H, Jung KY, Cho KH, Kim Y. Prospective multicenter evaluation of pre-hospital care by 119 rescue services. *J Korean Soc Emerg Med* 2007;18(3):177-89.
3. Ayres SM, Grenvik A, Holbrook PR, Shoemaker WC. Textbook of critical care resuscitation, 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1995, 16-38.
4. 2010 Cardiopulmonary resuscitation guideline. AHA, kacpr
5. Briscoe WA, Dubois AB. The relationship between airway resistance, airway conductance and lung volume in subject of different age and body size. *J Clin Invest* 1958;37(9):1279-85.
6. Committee and subcommittees, American Heart Association. Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. *JAMA* 1992;268(16):2171-98.
7. Thomas AN, Dang PT, Hyatt J, Trinh TN. A new technique for two-hand bag-valve-mask ventilation. *Br J Anaesth* 1992;69(4):397-98.
8. Cohn JE, Donoso HD. Mechanical properties of lung in normal men over 60 years old. *J*

- Clin Invest 1963;42:1406–1410.
9. Dreyfuss D, Basset G, Soler P, Saumon G. Intermittent positive pressure hyper-ventilation with high inflation pressure produce pulmonary microvascular injury in rats. *Am Rev Respir Dis* 1985;132(4): 880–884.
 10. Carden E, Friedman D. Further studies of manually operated self-inflating re-suscitation bags. *Anesth Analg* 1977;56(2): 202–206.
 11. Lim YS, Lee SK. Assessment of positive pressure controlled ventilation with the laryngeal mask airway. *Korean J Crit Care Med* 1999;14(2):148–153.
 12. Brian AI. The laryngeal mask– a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 1983;55(8):801–5.
 13. Gajic O, Dara SI, Mendez JL, Adesanya AO, Festic E, Caples SM, et al. Ventilator associated lung injury in patient without acute lung injury at the onset of mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2004;32(9): 1817–1824.
 14. Jin YH, Jeung TO, Kang JH, Lee JB. The effect of ventilation rate and characteristics of the hand on Inspiratory oxygen concentration and tidal volume during bag–valve ventilation. *J Korean soc Emerg Med* 1998;9(1):7–13.
 15. Vlasenko AV, Ostapchenko DV, Galushka SV, Mitrokhin AA, Zhitkovskii KA. Role of autoPEEP in optimization of the respiratory pattern in patients with acute parenchymatous lung diseases. *Anestheziol Reanimatol* 2002; (6):25–30.