

## 백-밸브-마스크 보조장치를 이용한 환기효과 비교

서은영<sup>1</sup> · 윤병길<sup>1\*</sup> · 김가은<sup>1</sup> · 김용석<sup>1</sup>

<sup>1</sup>건양대학교 응급구조학과

## A comparison of ventilation effects using bag-valve-mask assist device

EunYoung Seo<sup>1</sup> · ByoungGil Yoon<sup>1\*</sup> · GaEun Kim<sup>1</sup> · YougSeok Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Emergency Medical Service, Konyang University

### =Abstract =

**Purpose:** The experiment was designed to compare the efficiency of ventilation between conventional BVM ventilation and a newly devised A-BVM ventilation method with Tidal volume, total ventilation rate, average Ventilation speed, and average Ventilation volume.

**Methods:** 40 Paramedical students who agreed to participate in the study were analyzed. Values were measured using IMB PASS after 2 minutes of Brayden Pro manikin with BVM and A-BVM ventilation. The difference in general characteristics was assessed by t-test and ANOVA and the difference in ventilation methods was analyzed by IBM SPSS.

**Results:** A significant difference was found between the two ventilation methods in terms of tidal volume ( $t=-11.203$ ,  $p<.001$ ), ventilation time ( $t=-3.834$ ,  $p<.001$ ), and optimum ventilation probability ( $t=10.770$ ,  $p<.001$ ). A-BVM ventilation method, rather than BVM ventilation method, showed a value close to the appropriate amount recommended by Korean Advanced Life Support (500~600mL) in tidal volume, and higher in optimum ventilation probability.

**Conclusion:** We could identify the a better mode of ventilation. Further studies on the efficacy of existing BVM ventilation methods as compared to device augmented BVM ventilation methods should be carried out to ensure that adequate ventilation is available to patients in clinical practice.

**Keywords:** Bag-valve-mask, Mask sealing, Ventilation, Tidal volume

Received October 31, 2022    Revised November 17, 2022    Accepted December 26, 2022

\*Correspondence to ByoungGil Yoon

Department of Emergency Medical Service, Konyang University, 158 Gwangedong-ro, Seo-gu, Daejeon, 35365, Republic Korea

Tel: +82-42-600-8463    E-mail: ybksky@konyang.ac.kr

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

#### 1) 연구의 필요성

심장정지 상황에서 환자에게 산소를 공급하는 것은 매우 중요한 일이다. 산소는 생명을 유지하는 데 있어 필수적인 요소로, 생명을 유지하는 에너지를 생산할 뿐 아니라, 우리 몸의 구성 요소가 그 기능을 유지하는 데 있어 꼭 필요한 물질이다[1]. 조직에 산소가 부족하면 포도당의 혐기성 대사로 젖산이 축적되고, ATP(adenosine triphosphate)가 감소하므로 세포가 정상 기능을 수행할 수 없다. 산소 부족 상태가 해소되지 않고 지속될 경우 신체 각 장기는 기능을 유지하지 못하고 결국 심장정지 상태에 이르게 된다[2]. 심장정지 환자에게 산소 공급을 시행할 경우 그렇지 않은 경우보다 높은 생존율을 보이며, 신경학적 뇌 기능 회복에 좋은 영향을 미친다는 사실이 밝혀졌다. 심장정지 상황에서 환자는, 저산소증에 빠져있거나 저산소증이 발생할 가능성이 높기 때문에 특별한 금기증이 없을 경우, 환자의 생존율과 뇌 기능 회복률 증가를 위해 모든 환자에게 산소를 투여한다[3-5].

심장정지 환자에게 산소를 공급하는 것은 매우 중요하기 때문에, 실제 임상에서 환자에게 산소 공급을 용이하게 하기 위한 여러 장비들을 사용한다. 그중 백-밸브 마스크(Bag-Valve Mask, BVM)는 무호흡 또는 부적절한 자발 호흡을 하는 환자에게 양압환기를 제공하는 장비로, 기본 및 전문 소생술에서 권장하는 가장 우선적인 산소공급 장비이다[6].

효과적인 환기는 가슴이 올라올 정도로 일회 호흡량을 500~600mL(6~7mL/kg)로 유지하

여야 한다고 권장하며 BVM을 사용하여 환기를 제공할 때 최고 분당 10~12L의 산소를 공급하여 가능한 100%의 산소가 환자에게 전달하고, 1L 백을 사용할 때는 백의 1/2-2/3 정도를, 2L 백을 사용할 때는 백의 1/3 정도를 압착하여 환기를 제공해야 한다고 권장하고 있다[7].

이전의 여러 연구에서, 심폐소생술 상황에서 부적절한 산소공급으로 인해 다양한 부작용이 발생하고 있음이 확인되었는데 실제 심폐소생술 시 환자에게 과환기 및 다량의 산소 공급은, 흉강 내압의 증가를 유발하며, 이는 심장으로 유입되는 혈류를 방해하여 심장정지 환자의 예후와 생존율에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되었다[8-11].

심장정지 상황에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 BVM은 쉽게 양압환기를 적용할 수 있지만 정확한 환기량을 제공하기는 어렵다. 위와 같이, 장비가 있어도 부적절한 산소공급이 일어나는 이유는 정확한 환기량이 제공되고 있는지 확인할 수 있는 정확한 방법이 많지 않기 때문이다.

이에 BVM을 이용한 환기량을 측정하기 위한 노력도 진행되고 있다. 하지만 환기량을 나타내는 모니터를 보며 환기를 시행할 경우 모니터에 맞추기 위해 술기 진행의 지연을 발생시킬 수 있으며[12], 모니터 상에 나타난 환기량은 이미 지나간 공기량을 측정함으로써 발생한 후향적 데이터이기 때문에 더욱더 일정하고, 정확한 환기량을 제공하기 위한 방법을 고안하기 위한 노력이 지속되고 있다. 부적절한 산소공급이 일어나는 또 다른 이유로는, 문서상으로 나타난 BVM의 정확한 환기량을 알 수 없고, 한 논문[13]에서 연구한 손의 특성에 따른 일회 환기량 비교 연구결과에서 손이 큰 집단이 작은 집단과 비교해 일회 환기량이 많다고 보고한 것과 같이 개인의 신체적 특성 차이 등의 원인으로 BVM

을 사용하여 환자에게 정확한 양의 환기를 제공하는 것이 어렵기 때문이다.

BVM 환기 시 저환기 및 과환기를 피하고, 적정량의 환기를 제공하기 위해 환기방법, 마스크 밀착 방법, 마스크 밀착 보조 도구의 개발 등 새로운 방법을 위한 시도가 보이고 있으나, 이러한 연구들은 환자에게 정확한 환기를 하기 위한 환기방법, 보조장치들을 고안하는 연구이며 심정지 환자에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 BVM의 적정 환기 제공을 위한 보조장치에 대한 연구는 진행되고 있지 않은 상황이다 [14-19]. 이에 연구자는 기존의 전통적인 산소공급 장비인 BVM을 보완하기 위한 보조장치가 필요하다고 생각하였고 A-BVM을 고안해냈으며, 본 연구는 저환기 및 과환기를 피해 일정한 양을 균일하게 제공하기 위해 연구자가 고안한 보조장치의 효과를 확인하고자 시도되었다. 장비 사용 방법의 지식 차이 및 환기 제공자의 신체적 차이에 영향을 받지 않는 보조장치를 이용해 누구든지 정확한 환기량으로 정확한 산소를 제공함으로써, 환기개선 및 관상동맥 관류 압 및 뇌관류 압의 개선으로 중증 환자 및 심정지 환자의 생존율을 개선하고, 저환기와 과환기로 인한 환자의 부작용을 줄이는데 기여하고자 한다.

## 2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 기존의 전통식 BVM 환기방법과 연구자가 새로 고안한 A-BVM 환기방법에 따라 환자에게 제공되는 일회 환기량, 총 환기 횟수, 평균 환기량, 평균 환기 속도에 따른 환기 정확도를 비교하여 A-BVM 환기 효과를 증명하고, 효율적인 환기 처치를 위한 기초자료로 제공하기 위함이다.

본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 일반적 특성에 따른 BVM 환기방법 1회

환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이를 확인한다.

- 2) 일반적 특성에 따른 보조장치 환기 1회 환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이를 확인한다.
- 3) 환기방법에 따른 1회 환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이를 확인한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 환기 평가용 마네킹(Brayden pro, INNOSONIAN, Seoul, Korea)으로 백 밸브 마스크(BVM, Bag-Valve Mask, Laerdal, Norway)와 백 밸브 마스크 보조장치(Asisted Bag-Valve Mask, A-BVM)의 환기방법에 따른 환기효과 차이를 비교 분석하기 위한 비교 실험 연구이다.

### 2. 연구대상

본 연구의 대상자는 A시에 소재한 B대학교 응급구조학과 학생으로 전문 기도관리 과목을 이수하고 백-밸브-마스크 사용방법을 교육받은 경험이 있으며 연구 참여에 동의한 학생 중 40명을 대상으로 하였다.

### 3. 연구도구

본 연구에서 활용한 인공호흡의 정확도는 2020년 한국 심폐소생술 가이드라인(2020)에서 2분마다 심폐소생술 교대하고, 전문 기도기 삽관 후 6초/1회씩 환기하도록 하는 권장에 따라, 2분 동안 6초/1회 환기를 시행하여 환기의 정확도를 평가하였다.

1회 환기량은 2020년 한국 심폐소생술 가이드

드라인(2020)에서 권장하는 500~600mL의 1회 호흡량을 1초 동안 시행하는 권장에 따라 500~600mL를 정확한 환기량으로 평가하였다(Fig. 1).

연구대상자의 성별, 학년, 나이, 실습 중 BVM 사용경험 유무 그리고 신체적 특성(손의 크기)을 이용하였다. 손의 크기는 연구대상자가 평상시 사용하는 장갑(DERMAGRIP Classic Examination Gloves, Seoul, Korea)의 사이즈(S, M, L)를 이용하여 측정하였다.

#### 4. 자료수집 방법

2022년 7월 29일~8월 10일 동안 학과 게시판을 통해 참여자 모집공고를 통해 연구의 목적과 취지, 자료의 비밀보장과 익명성에 대한 내용을 공지하였고, 연구실험 참여에 동의한 대상자에게 실험 전 장비의 사용방법에 대해 충분히 설명한 후 실험을 진행하였다.

실험에 참가한 참가자는 BVM을 이용한 환기를 실험한 뒤, 학습효과를 배제하기 위해 휴식시간을 가진 후 연구자가 고안한 보조장치(A-BVM)를 이용하여 환기를 시행했다. 정확도의 평가는 환기 평가용 마네킹(Brayden pro, INNOSONIAN, Seoul, Korea)을 이용하여 Bluetooth로 연결된 스마트폰(Galaxy S21 5G,

Samsung, Seoul, Korea)에 나타난 1회 환기량(cc), 환기시간(sec), 적정 환기 성공률(%)등을 측정하였다.

환기량에 사용된 장비는 백 밸브 마스크(Bag Valve Mask, Laerdal, Norway)와 보조장치(Asisted Bag Valve Mask)로, 소생 백 부위와 환자 측 밸브 부위를 연장 튜브(Silicone extension tube, 28cm, Laerdal, Norway)를 이용해 연장하여 사용하였으며, 마스크에 밀착의 실수를 보완하고 일정한 환기량을 제공하기 위해 기관 내 삽관(endotracheal intubation) 튜브(기관지용 튜브/카테터. IPN041568, Teleflex Medical Sdn. BHD 말레이시아. SIZE I.D. 7.5mm)를 연결하여 6초/1회 환기하도록 하였다(Fig. 2 A).

백 밸브 마스크 보조장치[Bag Valve Mask Assist Device. 특허등록번호 10-2413377-0000 (2022. 06. 27)]를 직접 제작하여 보조장치로 활용하였다(Fig. 2 B)[20].

#### 5. 분석방법

수집된 자료는 SPSS 21.0 통계 프로그램을 이용하여 빈도와 백분율, t-test, ANOVA를 이용하여 분석하였다. 일반적 특성에 따른 BVM 환기방법과 보조 환기 방법별 1회 환기량, 환기



A



B

Fig. 1. A : BVM Ventilation, B : A-BVM Ventilation

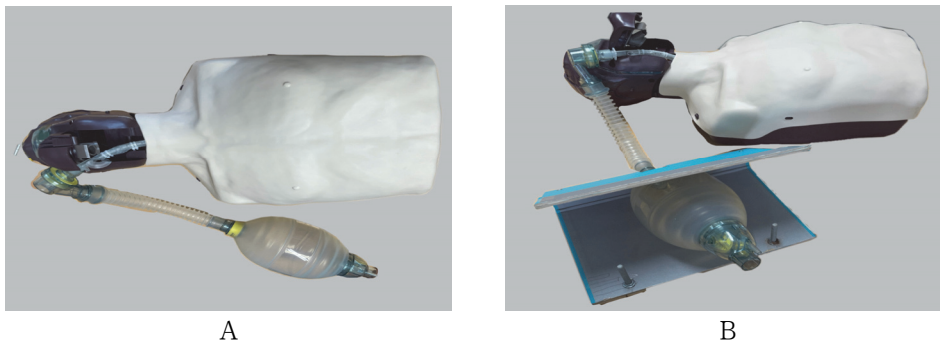


Fig. 2. A : BVM Ventilation, B : A-BVM Ventilation

시간, 적정 환기 성공률의 차이는 t-test와 ANOVA를 사용하였고 사후검증은 Scheffe test로, 환기방법에 따른 1회 환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이는 t-test를 사용하여 분석하였다.

수집된 모든 자료는 IBM SPSS(version 21.0, IBM Co., New York, USA)를 이용하여 분석하였고, p-value 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 일반적 특성에 따른 BVM환기방법의 1회 환기량, 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이

일반적 특성 중 성별, 학년에 따른 BVM환기방법의 1회 환기량, 적정 환기 성공률의 유의한 차이는 없었으나 손 크기에 따라 1회 환기 시간은 유의한 차이가 있었으며 사후 분석 결과 손 크기가 'L'인 경우 'S'나 'M'보다 유의하게 짧았다( $t=1.652, p=.206$ )〈Table 1〉.

Table 1. Difference in BVM Ventilation according to General Characteristics

Characteristics	N	tv(cc)		vs(sec)		cvv(%)		
		M±SD	t or F (p)	M±SD	t or F (p)	M±SD	t or F (p)	
Gender	Male	10	1125.00±454.75	(.435)	.80±.18	.019	37.60±39.62	(.054)
	Female	30	1215.00±252.28	.789	1.00±.23	2.446	9.20±22.12	-2.894
Grade	3	24	1145.83±264.54	-1.168	.97±.23	.716	10.20±18.64	-1.419
	4	16	1262.50±367.65	(.250)	.91±.25	(.478)	25.43±40.12	(.113)
hand size	S <sup>a</sup>	22	1229.54±273.27	1.652 (.206)	1.00±.27	5.35 (.009) <sup>a,b/c</sup>	9.13±21.00	2.070 (.141)
	M <sup>b</sup>	12	1229.16±246.29		1.00±.12		19.91±34.27	
	L <sup>c</sup>	6	983.33±494.63		.68±.11		35.33±41.76	

<sup>a</sup>Scheffe test  
<sup>b</sup>Tidal volume, tv  
<sup>c</sup>Ventilation speed, vs  
<sup>d</sup>C-ventilation volume, cvv

## 2. 일반적 특성에 따른 보조장치 환기 방법의 1회 환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이

일반적 특성에 따른 보조장치 환기방법의 1회 환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 유의한 차이는 없었다(Table 2).

## 3. 환기방법에 따른 1회 환기량, 1회 환기시간, 적정 환기 성공률의 차이

환기방법에 따른 1회 환기량( $t=-11.203$ ,  $p<.001$ ), 환기시간( $t=-3.834$ ,  $p<.001$ ), 적정 환기 성공률( $t=10.770$ ,  $p<.001$ )은 유의한 차이가 있었다(Table 3).

## IV. 고 찰

본 연구의 목적은 기존의 전통식 BVM 환기 방법과 연구자가 새로 고안한 A-BVM 환기 방법에 따라 환자에게 제공되는 일회 환기량, 총 환기 횟수, 평균 환기량, 평균 환기 속도에 따른 환기 정확도를 비교하여 A-BVM 환기 효과를 증명하고, 효율적인 환기 처치를 위한 기초 자료로 제공하고자 시도되었다.

실험 결과 일반적 특성 중 성별, 학년에 따른 BVM 환기 방법의 1회 환기량, 1회 환기 시간, 적정 환기 성공률의 유의한 차이는 없었으나 손 크기에 따라 1회 환기 시간은 손 크기가 'L'인 경우 'S'나 'M'보다 유의하게 짧았다. 1회 환

Table 2. Difference in A-BVM Ventilation according to General Characteristics

Characteristics	N	td(cc)		vs(sec)		cvv(%)		
		M±SD	t or F (p)	M±SD	t or F (p)	M±SD	t or F (p)	
Gender	Male	10	625.00±71.68	(1.00)	.74±.18	(.642)	77.30±31.67	(.460)
	Female	30	625.00±80.67	.000	.77±.19	.469	84.16±22.81	.746
Grade	3	24	641.66±84.27	1.703	.75±.21	-.597	78.29±25.00	-1.297
	4	16	600.00±60.55	(.097)	.78±.16	.554	88.68±24.57	.202
hand size	S	22	638.63±82.99		.78±.18		82.04±25.44	
	M	12	595.83±54.18	1.236 (.302)	.71±.21	.526 (.596)	83.08±28.63	.007 (.993)
	L	6	633.33±93.09		.78±.19		82.66±19.24	

Table 3. Differences in Ventilation Rate according to BVM and A-BVM

Characteristics	M±SD	t or F	p	
tv(cc)	BVM	1192.50±.310.81	-11.203	<.001
	A-BVM	625.00±77.62		
vs(Sec)	BVM	.95±.24	-3.834	<.001
	A-BVM	.76±.19		
cvv(%)	BVM	16.30±29.68	10.770	<.001
	A-BVM	82.45±25.05		

기량에서 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 손의 크기가 작은 집단이 손의 크기가 큰 집단보다 상대적으로 과환기 되는 모습을 보여 환기를 제공하는 사람의 신체적 차이에 따라 환기시간에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 손이 큰 집단은 환기량이 충분한 것으로 판단하여 짧은 시간 동안 환기하였고, 손이 작은 집단은 환기량이 부족할 것으로 판단하여 충분한 환기를 하기 위해 손이 큰 집단보다 환기 시간이 오래 소요된 것으로 여겨진다. 이는 Jin 등[13]의 연구결과와 유사하였다. 그러나 연구자가 고안한 A-BVM에서는 손의 크기에 따른 1회 환기량, 1회 환기 시간, 적정 환기 성공률에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이를 통해 A-BVM을 사용한 환기 방법에서는 '손의 크기'라는 개인의 일반적 특성에 따른 차이 없이 일정한 환기량을 제공할 수 있음을 확인할 수 있다. 즉, BVM을 사용한 환기 방법과 달리, A-BVM 환기 방법에서는 항상 일정한 환기량을 제공하는 정확성이 높은 장비임을 알 수 있다.

환기 방법에 따른 1회 환기량에서 BVM 환기 방법과 A-BVM 환기 방법에 따른 결과는 유의미한 차이를 나타냈다. 가이드라인에서 권고하는 1회 적정 환기량은 500~600mL이다 [7]. 실험 결과, BVM을 사용한 평균 1회 환기량 값은  $1192.50 \pm 310.81$ 로, 권고치보다 매우 높은 숫자를 보여 가이드라인에서 권고하는 환기량보다 과환기되었다. 이에 반해 A-BVM을 사용하여 환기할 경우 그 값이  $625.00 \pm 77.62$ 로 BVM을 사용한 환기보다 가이드라인에서 제안하는 권고치에 가까운 숫자를 보였다. 따라서 A-BVM을 이용한 환기는 가이드라인에서 제시하는 환기량에 준하는 수준으로, 실제 임상에서 BVM이 아닌 A-BVM을 사용하여 환기에게 산소를 제공할 경우 더욱 적절한 양의 환기를

제공할 수 있을 것이라 생각된다.

환기 방법에 따른 적정 환기 성공률에서도 유의미한 차이를 나타냈다. BVM을 사용한 적정 환기 성공률은  $16.30 \pm 29.68$ , A-BVM을 사용한 적정 환기 성공률은  $82.45 \pm 25.05$ 로 A-BVM을 사용하여 환기할 경우 적정 환기 성공률이 더 높게 나타났다. 즉 A-BVM을 사용한 환기 방법이 BVM보다 적정량의 환기를 제공할 수 있는 장비임을 알 수 있으며 실제 임상에서 심장정지 환자 등 주로 중증 환자들에게 사용되고 있는 BVM이 적정 환기량 제공에 문제가 없는지에 대한 의구심을 가져야 할 필요가 있다.

BVM은 전문기도가 삽관 하지 않는 상태, 전문기도 확보 한 상태 모두에게 환기를 제공하여 적절한 환기를 제공할 수 있는 유용한 장비로[21] 기계(Oxylator EM100)를 이용한 평균 환기량과, 3D 프린터를 이용해 기계적 환기장치를 만들어 환기를 제공한 연구와 본 연구에서 고안한 보조장치(A-BVM)를 이용한 평균 환기량에서 비슷한 결과를 나타냈다[22,23]. 기계를 통해 주입한 산소량과 보조장치를 통해 주입한 산소량의 차이가 크지 않다는 것과 두 연구 결과에서 적정 환기량(500~600ml)과 유사한 수치인 것을 통해 보조장치가 이미 임상에서 사용되고 있는 장비와 비교하여 효과적인 환기를 할 수 있는 장치임을 확인하였다. 또한 이 연구는 연구자들에 의해 임의로 제작된 보조장치를 활용하였고, A지역 일개 대학 B학과 학생을 대상으로 한 연구이기에 연구결과를 일반화 하기에는 무리가 있다. 따라서 전문가 그룹을 주축으로 정확한 양으로 환기를 제공할 수 있는 보다 전문적인 장비 개발에 대한 반복 연구가 진행되어야 할 것이다.

## V. 결 론

### 1. 결론

본 연구는 환기 평가용 마네킹을 사용하여 기존의 BVM 환기 방법과 일정한 환기량을 제공하기 위해 연구자가 새로 고안한 A-BVM 환기 방법에 따른 1회 환기량, 1회 환기 시간, 적정 환기 성공률의 차이를 비교 분석하였다. A-BVM을 이용한 환기 시 환기를 제공하는 사람의 신체적 특징에 영향을 받지 않고, 적절한 양의 산소를 일정하게 환기할 수 있었다.

심장정지 환자에게 과환기가 아닌 적정량의 환기를 제공하는 것은 과환기로 인해 이산화탄소 분압이 낮아져 혈액의 알칼리화로 부정맥 발생 등 환자의 생존율 및 뇌 기능 향상 등에 있어 매우 중요한 요소이므로, 연구자가 고안한 A-BVM 적용에 대해 심도 있게 고려해 봐야 하며 또한, 기존 BVM 환기 방법이 적정 환기량 제공에 문제가 없는지에 대한 의구심을 가지고 반복 연구가 진행되어야 할 것이다. 환자의 안전을 위해 보다 정확한 장비의 사용으로 실제 임상에서 환자에게 적정 환기량을 제공하도록 노력해야 한다.

## ORCID ID

**Eunyoung Seo:** 연구설계, 집필

0000-0003-2803-4563

**Byounggil Yoon:** 연구설계, 집필

0000-0001-9996-5205

**Gaeun Kim:** 자료수집, 집필

0000-0002-4539-2461

**Youngeok Kim:** 계획, 통계

0000-0001-9228-962X

## References

1. Lee SK. Oxygen therapy in medical emergencies in dental office. Unpublished master's thesis, School of Dentistry Chonnam National University 2013, Gwangju, Korea.
2. Hwan SO, Lim KS. Cardiopulmonary Resuscitation and Advanced Cardiac Life Support 6<sup>th</sup> edition, Koonja Publishing 2021:8, 13, 203, 206, 207.
3. Cho BJ, Kim SR. The effect factors of survival rate in the patients with cardiac arrest. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 2014;15(2):760-6.  
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.2.760>
4. Yang JC, Moon JD. The effects of prehospital care on on-scene time in patients with major trauma. Korean J Emerg Med Ser 2020;24(1): 67-76.  
<https://doi.org/10.14408/KJEMS.2020.24.1.067>
5. Ogawa T, Akahane M, Koike S, Tanabe S, Mizoguchi T, Imamura T. Outcomes of chest compression only CPR versus conventional CPR conducted by lay people in patients with out of hospital cardiopulmonary arrest witnessed by bystanders: nationwide population based observational study. BMJ 2011;342:1-7.  
<https://doi.org/10.1136/bmj.c7106>
6. Robert WN, Michael S, Clifton WC, Lana MG, Dianne LA, Farhan Bhanji et al. Part 5: adult basic life support and cardiopulmonary resuscitation quality, 2015 American heart association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation 2015;132:S414-S435.  
<https://doi.org/10.1161/CIR.000000000000259>



7. 2020 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care, Korea Disease Control Prevention Agency, Korean Association of Cardiopulmonary Resuscitation. 2020.
8. Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP. Predicting Survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med* 1993;22(11):1652-8. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(05\)81302-2](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(05)81302-2)
9. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, Edelson DP, Barry A, O'Hearn N et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:305-10. <https://doi.org/10.1001/jama.293.3.305>
10. Valenzuela TD, Roe DJ, Cretin S, Spaite DW, Larsen MP. Estimating effectiveness of cardiac arrest-interventions: a logistic regression survival model. *Circulation* 1997;96(10):3308-13. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.96.10.3308>
11. Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J. Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Eur Heart J* 2001;22(6):511-9. <https://doi.org/10.1053/euhj.2000.2421>
12. Park SE, Shin DM. The Changes of Defibrillation Time Depending on the Manual External Defibrillator Device. *Korean J Emerg Med Ser* 2012;16(1):81-90. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2012.16.1.081>
13. Jin YH, Jeong TO, Kang JH, Lee JB. The Effects 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.
14. You KM, Lee CW, Kwon WY, LEE JC, Suh GJ, Kim KS et al. Real-time tidal volume feedback guide optimal ventilation during simulated CPR. *Am J Emerg Med* 2017;35(2):292-8. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.10.085>
15. Cho YC, Cho SW, Chung SP, Yu K, Kwon OY, Korn SW. How can a single rescuer adequately deliver tidal volume with a manual resuscitator? An improved device for delivering regular tidal volume. *Emerg Med*, 2011;(28):40-3. <https://doi.org/10.1136/emj.2010.099911>
16. Han SC, Yoo S, Cho SW, Cho YC, Jung WJ, Ahn HJ. Resuscitation : Comparison of Tidal Volume with Conventional Resuscitator and Newly designed Resuscitator during Chest Compression. *J Korean Soc Emerg Med* 2015;26(4):269-75.
17. Kang MJ, Tak YJ. Comparison of tidal volume of two different bag squeezing techniques in endotracheal intubation settings. *Korean J Emerg Med Ser* 2017;21(1):99-109. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2017.21.1.099>
18. Lee NJ, Baek MR. Comparison of ventilation effects by mask-sealing methods during bag-valve-mask ventilation. *Korean J Emerg Med Ser* 2017;22(1):73-82. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2018.22.1.073>
19. Kwon CY, Lee IS. Assistant device development and effects for promotion of bag-valve-mask ventilation. *Korean J Emerg Med Ser* 2018;22(1):49-59. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2018.22.1.049>
20. Yoon BG. Konyang University industry-academic cooperation foundation. Bag Valve Mask Assist device. Korean Intellectual Property Office. 10-2413377-0000. 2022 Jun 22.
21. Lupton JR, Schmicker RH, Stephens S, Carlson

- JN. Out cones with the use of bag-valve-mask ventilation during out-of-hospital cardiac arrest in the pragmatic airway resuscitation trial. *Acad Emerg Med* 2020;27(5):366-74.  
<https://doi.org/10.1111/acem.13927>
22. Shim GS, KIM EM, Roh SG. Comparison of the ventilatory volume and airway pressures using Oxlator EM-100, MicroVenT CSI-3000, OXY-LIFE II-A manikin study. *Fire Science Engineering* 2017;31(2):113-8.  
<https://doi.org/10.7731/KIFSE.2017.31.2.113>
23. Sramika ML, Rajesh J. Design of an emergency 3D printed electro-mechanical ventilator with Bag-valve-mask. *Int J Recent Advances in Multidisciplinary Topics* 2021;10(2).