

# 가상실현 기반 구급차에서 루카스와 수기에 의한 가슴압박과 인공호흡 비교 -마네킨 연구-

이재국<sup>1</sup>·김진수<sup>2</sup>·노상균<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>선문대학교 응급구조학과

<sup>2</sup>중앙 119 구조본부 교육훈련과

Comparison of chest compression and ventilation volume  
using LUCAS and manual in virtual reality-based  
ambulance simulation

-A manikin study-

Jae-Gook Lee<sup>1</sup>·Jin-Su Kim<sup>2</sup>·Sang-Gyun Roh<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Emergency Medical Services, Sunmoon University

<sup>2</sup>National 119 Rescue Headquarters

## =Abstract =

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the quality of chest compressions and ventilation when using an mechanical device(LUCAS) and 2-men manual cardiopulmonary resuscitation(CPR) performed on a minikin, as well as to propose a more effective CPR method during transit.

**Methods:** Data were collected by LUCAS and manual virtual reality based ambulance simulation. Analysis was performed using SPSS software 12.0. The average and standard deviation of chest compression depth and ventilation were analyzed using descriptive statistics and t-test.

**Results:** In the virtual reality based LUCAS and manual CPR results, LUCAS showed better chest compression and lower incomplete chest release than manual CPR. During CPR with a chest compression-ventilation ratio of 30:2 in virtual reality ventilation with bag-valve mask was able to deliver an adequate volume of breathing.

Received November 22, 2018    Revised November 26, 2018    Accepted December 16, 2018

\*Correspondence to Sang-Gyun Roh

Department of Emergency Medical Services, Sunmoon University, 70, Sunmoon-ro 221 beon-gil, Tangjeong-myeon, Asan-si, Chungcheongnam-do, 31460, Republic of Korea

Tel: +82-41-530-2750    Fax: +82-41-530-2767    E-mail: emtno@hanmail.net

**Conclusion:** It is suggested that rescuers on ambulance may consider using LUCAS as an alternative to high-quality chest compression during transit.

**Keywords:** Virtual reality, LUCAS, Manual chest compression, Ventilation volume

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

병원 전 심정지 환자의 생존에는 심정지가 발생된 현장 및 구급차로 이송 중에 시행되는 심폐소생술의 질이 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다[1, 2]. 구급대원들은 정기적인 교육과 훈련으로 양질의 심폐소생술을 시행하기 위해 노력하고 있으나, 현장 출동인력의 부족, 심정지 현장으로부터 구급차까지 이송의 어려움, 협소하고 흔들리는 구급차 안에서의 심폐소생술 시행, 긴 이송 시간에 의한 구급대원의 피로 누적 등으로 인해 고품질의 심폐소생술을 시행하는데 어려움을 겪고 있다[3, 4]. 뇌 혈류량과 관상동맥 관류압을 높이기 위해서는 정확한 가슴 압박과 이완이 필수적임에도 불구하고 이송거리가 길고, 구급대원 혼자서는 효과적인 가슴압박과 인공호흡을 기대하기 어려운 일이다.

따라서 심정지 환자에게 전문적인 치료를 위해서 병원 이송시간이 중요하며 현장에서 병원까지의 이송시간은 5분 이하 26.3%, 6분~10분 31.5%, 11분~20분 25.5%, 21분 이상~30분 10.7%, 31분 이상 6.0%였다[5]. 또한 심정지 환자는 현장에서 가슴압박을 시행하는 것이 효과적이지만 자발순환이 회복되지 않는 환자나 이송 중 재발되는 심정지 상황에서는 구급차 내에서 심폐소생술이 시행되어야 한다. 흔들리는 구급차 내에서 가슴압박과 인공호흡의 비율을 30 : 2로 진행하는 경우가 28.7%, 심폐소생술 시 손상 경험자가 34.9%였는데[6], 이는 차량의 속도 변화, 회전 및 급정지에 따른 차체의 기울임과 흔들림 등에 의해 구조자의 자세가 불안정해지기 때문에

가슴압박의 위치와 깊이, 속도, 불완전이완 등 가슴압박과 인공호흡을 방해하는 요인으로 생각할 수 있다. 심폐소생술은 체력소모가 크고 시간이 지남에 따라 피로도가 증가하여 압박깊이의 감소가 유의하게 감소하는 결과를 보이므로[7], 2분마다 교대하거나 가슴압박 시행자가 지치면 언제라도 가슴압박을 교대하여 시행하여야 한다.

한편, 자동심폐소생기는 수기심폐소생술의 여러 가지 문제점을 보완하기 위하여 개발되었으며, X-CPR, 루카스(LUCAS), load-distributing band CPR 등의 모델이 이용되고 있다. 자동심폐소생기는 양질의 가슴압박을 지속적으로 제공할 수 있고, 부서 간 이동이나 이송 중 차량 내에서 사용될 경우 좋은 결과를 기대할 수 있겠으나 자동심폐소생기를 병원 밖 심정지 환자에게 적용하는 것이 생존율 향상에 도움이 안 된다는 연구결과에 따라 2015년 국제 심폐소생술 지침에서는 자동심폐소생기를 일상적으로 사용하는 것을 추천하지 않고 있다[8-11].

소방서에 자동심폐소생기가 도입된 이래로 전체 대상자 중에서 56명(58.9%)에게만 자동심폐소생기가 적용된 결과를 보이고 있고[12], 움직이는 구급차 내에서 수기심폐소생술로 양질의 결과를 기대하는 것이 어렵다[1-4, 7]. 따라서 이 연구는 마네킨을 대상으로 가상실현 모의 구급차 내에서 자동심폐소생기(이하 루카스)를 활용한 경우와 수기가슴압박 상태의 두 그룹에서 가슴압박의 질을 알아보고, 더불어 가슴압박을 유지한 상태에서 두 그룹간 백-마스크만을 이용한 환기, 아이젤·후두튜브·기관내삽관 후 백-마스크를 이용한 환기를 분석하여 이송 중 효과적인 심폐소생술 방법을 알아보고자 하였다.

## 2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 가상실현 모의구급차 시나리오에서 자동심폐소생기인 루카스와 수기심폐소생술 상태에서 가슴압박의 깊이, 속도, 불완전이완과 인공호흡량을 비교하여 이송 중 효과적인 심폐소생술을 제공하는데 기초자료로 제공하기 위함이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구설계

이 연구는 가상실현(virtual reality, VR) 모의 구급차 내에서 루카스와 2인 수기심폐소생술(manual cardiopulmonary resuscitation, MCPR) 상태에서 가슴압박과 인공호흡의 결과를 비교하였다. 이를 위하여 중앙소방학교에 있는 VR 기반 모의 구급차를 사용하였고, 개발되어 있는 시나리오 중에서 “도시형 외곽도로 시나리오”를 적용하였다. 주행시간은 6분 동안 시속 60~80 km를 유지하였고, 동일한 시나리오로 총 8회를 반복하였으며, 각각 450회의 가슴압박 횟수를 분석에 사용하였다. 두 그룹 간 가슴압박과 호흡량을 비교하였고, 아래와 같이 분류하였다.

첫째, 가슴압박은 루카스를 이용한 그룹에서 가슴압박(1800회)의 깊이·속도·불완전이완을 살펴보고, 호흡량은 루카스에 백-밸브마스크만을 이용한 환기(30회), 아이젤·후두튜브·기관내삽관 후 백-마스크를 이용한 호흡량을(각각 45회) 분석하였다.

둘째, 가슴압박은 2인 수기심폐소생술을 시행한 그룹에서 가슴압박(1800회)의 깊이·속도·불완전이완을 살펴보고, 호흡량은 2인 수기심폐소생술 상태에서 백-밸브마스크(bag-valve mask, BVM)만을 이용한 환기(30회), 아이젤·후두튜브

브·기관내삽관 후 백-마스크를 이용한 호흡량을(각각 45회) 분석하였다.

루카스를 이용하여 가슴압박을 시행할 때 마네킨의 복장뼈 절반 아래쪽에 반창고로 압박 위치를 미리 정한 후 동일한 장소에 루카스의 압착 패드를 위치시켰다. 2인 수기심폐소생술은 응급구조학과 교수 2인과 중앙소방학교 교육훈련과 교수 1인 참여하여 심폐소생술을 시행하였다. 실험 전 가슴압박과 인공호흡은 30:2의 비율을 15주기 연습하였고, 이를 10회 반복하였다. 그 결과 가슴압박은 평균 깊이 53.92 mm( $\pm 1.14$ )를 유지하였고, 최소 깊이는 51.14 mm, 최대 깊이는 57.15 mm를 보였다. 인공호흡은 평균 호흡량 537.53( $\pm 23.97$ ) ml를 유지하였고, 최소 호흡량은 488 ml, 최대 호흡량은 591 ml를 보였다. 두 그룹 모두에서 백-마스크의 백은 1/3만 압착하였다. VR 기반 모의 구급차 운전은 중앙소방학교 교육훈련과 교수 1인에 의해서 진행되었다.

### 2. 연구도구

#### 1) 가상실현 모의구급차

다양한 도로 환경에서 구급서비스 교육과 훈련을 가능하게 하기 위해서 개발된 가상실현 모의구급차로 소방 R & D 사업으로 개발되었다. Figure 1과 같이 VR 기반 모의 구급차는 computer - controlled moving platform 설계에 ambulance

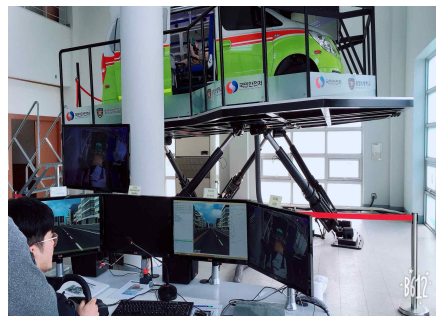


Fig. 1. VR Based ambulance simulator.

driving simulation S/W를 적용하여 가상실현을 구현하였다. 시골, 도시, 외곽 등 주변 환경에 맞게 4개의 시나리오가 개발되어 있으며, 운전은 구급차 외부에서 설정된 시나리오를 3차원 그래픽 영상을 모니터를 보면서 운행할 수 있도록 구축되어 있다.

## 2) 자동심폐소생기

Figure 2과 같이 자동심폐소생기는 LUCAS™2 (Physio-control Inc, Reymond, USA)를 사용하였다. 분당 102(±2)회의 압박속도와 53(±2) mm의 압박깊이로 가슴압박과 인공호흡의 비율을 30 : 2로 진행하는 기본 모드와 연속적인 가슴압박을 진행할 수 있는 모드로 설정할 수 있다. 어깨끈과 손목 끈을 이용하여 루카스를 마네킨에 완전히 고정하였고, 마네킨의 양쪽 외측 가슴 부위에 패드를 적용하여 움직임을 최소화하였다. 루카스는 환자의 등 뒤에 위치시키는 등판과 본체의 결합하고, 본체의 윗면에 있는 전원 버튼(1번), 압박을 잠시 멈추게 하는 버튼(2번), 지속적인 가슴압박과 30 : 2를 선택할 수 있는 버튼(3번)으로 구성되어 있다.



Fig. 2. LUCAS™2.

## 3) 심폐소생술 마네킨과 SimPad

심폐소생술에 사용한 마네킨은 Resusci Anne QCPR® (Laerdal, Stavanger, Norway)이다. 가슴압박과 전문기도삽관이 가능하고, 가슴압박의 깊이, 속도, 불완전 이완과 호흡량 등을 평가할 수 있다. 가슴압박과 인공호흡의 결과는 SimPad PLUS with SkillReporter (Laerdal, Stavanger, Norway)를 이용하여 수집하였다.

## 4) 전문기도장비와 백-마스크

기관내삽관에 사용된 튜브는 Mallinckrodt® I.D. 7.5를 사용하였으며, 커프는 10 ml의 공기를 주입하였고, 22 cm에 고정하였다. 후두튜브는 King LTS-D™ #4를 사용하였으며, 커프는 80 ml의 공기를 주입하였고, 위감압을 위해 열려 있는 끝부분(upper esophageal opening)을 막은 후 사용하였다. 아이-겔(I-gel®)은 #4를 사용하였으며, 위감압을 위해 열려 있는 끝부분을 막은 후 사용하였다. BVM은 Laerdal® Silicone Resuscitator에 저장낭을 부착하였으며, 백의 용량은 1,600mL를 이용하였다.

## 3. 자료수집 및 분석방법

모든 실험은 VR기반 모의 구급차 내부에서 실시하였고, 2018년 2월 19일부터 2월 28일까지 중앙소방학교에서 실험하였다. 가슴압박과 인공호흡의 비율을 30 : 2로 15주기를 시행하는 동안 Sim Pad를 활용하여 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 SPSS software 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 가슴압박과 인공호흡의 평균과 표준편차는 기술통계를, 루카스와 수기심폐소생술 그룹 간 불완전 이완은 카이제곱 검정으로 분석하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 가슴압박

##### 1) 가슴압박의 깊이, 속도

Table 1과 같이 기반 루카스를 이용한 경우에는 가슴압박의 속도가 분당 최대 110회, 최소 97회, 평균 101.87회(±.566)를 보였고, 2인 수기심폐소생술의 경우에는 가슴압박의 속도가 분당 최대 138회, 최소 93회, 평균 123회(±4.325)였다. 루카스를 이용한 경우 가슴압박의 깊이는 최대 55.24 mm, 최소 47.86 mm, 평균 53.80(±.98)을 보였으며, 50.00 mm를 넘기지 못한 횟수는 2회였고, 2인 수기심폐소생술의 경우 가슴압박의 깊이는 최대 61.59 mm, 최소 15.75 mm, 평균 48.30(±6.11)이었으며, 50.00 mm를 넘기지 못

했거나 60.00 mm이상을 넘긴 횟수는 1075회(59.72%)였다.

##### 2) 가슴압박 후 불완전 이완

Table 2와 같이 불완전 이완은 루카스에서 25회(1.4%)였고, 수기심폐소생술에서 602회(33.4%)였다( $p=.000$ ).

#### 2. 인공호흡량

Table 3과 같이 호흡량은 루카스 가슴압박 상태에서 백-마스크만을 이용한 환기량(30회)은 512.23(±19.66) ml였고, 2인 수기심폐소생술 상태에서는 백-마스크만을 이용한 환기량(30회)은 487.76(±20.46) ml였다. 루카스 가슴압박 상태에서 아이젤(45회)은 415.84(±89.08) ml, 2인 수기심폐소생술 상태에서 아이젤(45회)은 337.44(±93.32) ml를 보였다. 루카스 가슴압박 상태에

Table 1. Results of chest compression using mechanical device and manual in VR-based ambulance simulation

Variables	Mean	Min	Max	SD	5.0 - 5.99cm	<5cm	>6cm
Depth(mm, N=1800)							
LUCAS	53.80	47.86	55.24	.98	1798(99.89%)	2(0.11%)	0(0%)
MCPR	48.30	15.75	61.59	6.11	1075(59.72%)	1017(56.5%)	28(1.55%)
Rate(min, N=1800)							
LUCAS	101.87	97.00	110.00	.566			
MCPR	123.66	93.00	138.00	4.325			

\*MCPR ; Manual cardiopulmonary resuscitation

Table 2. Results of incomplete release using mechanical device and manual in VR-based ambulance simulation

Incomplete release	Frequency	Percent	<i>p</i>
LUCAS(N=1800)			
Complete release	1,775	98.6	
Incomplete release	25	1.4	
MCPR(N=1800)			
Complete release	1,198	66.6	
Incomplete release	602	33.4	.000

Table 3. Results of ventilation volume using mechanical device and manual in VR-based ambulance simulation

Variables	Mean (mm)	Min	Max	SD	400 - 600ml	<400ml	>600ml
Bag-mask(N=30)							
LUCAS	512.23	464.00	562.00	19.66	30(100%)	0(0%)	0(0%)
MCPR	487.76	411.00	520.00	20.46	30(100%)	0(0%)	0(0%)
I-gel(N=45)							
LUCAS	415.84	200.00	546.00	89.08	25(55.56%)	20(44.44%)	0(0%)
MCPR	337.44	177.00	500.00	93.32	12(26.67%)	33(73.33%)	0(0%)
LT(N=45)							
LUCAS	403.01	171.00	470.00	61.15	26(57.78%)	19(42.22%)	0(0%)
MCPR	487.37	247.00	669.00	112.69	24(53.34%)	12(26.66%)	9(20%)
EI(N=45)							
LUCAS	495.04	282.00	654.00	94.45	33(73.34%)	8(17.78%)	4(8.88%)
MCPR	517.53	229.00	608.00	85.98	37(82.23%)	7(15.55%)	1(2.22%)

\*LT ; Laryngeal tube, EI ; Endotracheal Intubation

서 후두튜브(45회)는 403.01(±61.15) ml, 2인 수기심폐소생술 상태에서 후두튜브(45회)는 487.37(±112.69) ml를 보였으며, 루카스 가슴압박 상태에서 기관내삽관(45회)은 495.01(±94.45) ml, 2인 수기심폐소생술 상태에서 기관내삽관(45회)은 517.53(±85.98) ml를 보였다. 또한 백-마스크만을 이용하여 환기를 제공한 경우에는 호흡량이 400 ml ~ 600 ml를 보였으나 아이겔(LUCAS 44.44%, MCPR 73.33%), 후두튜브(LUCAS 42.22%, MCPR 46.66%), 기관내삽관(LUCAS 26.66%, MCPR 17.77%)에서 호흡량의 차이를 보였다.

#### IV. 고 찰

구급차량 내에서 가슴압박 시 불안정한 자세는 구급대원의 신체손상을 유발시킬 수 있으며[6], 차량의 움직임에 예측할 수 없는 상황에서 두 손으로 가슴압박을 시행할 때에는 차량 움직임에

무방비로 노출될 수 있기 때문에 효과적인 심폐소생술을 기대하기 어려울 수 있다. VR기반 가슴압박 속도와 깊이, 불완전이완을 조사한 결과 수기심폐소생술 상태에서 속도는 분당 평균 123회(±4.325), 최대 138회, 최소 93회였고, 가슴압박의 깊이는 평균 48.30(±6.11) mm, 최대 61.59 mm, 최소 15.75 mm 보여 부적절한 가슴압박이 유지되었다.

수기심폐소생술 상태에서 또 다른 문제점은 부적절한 가슴압박의 깊이와 불완전 이완이다. 수기심폐소생술 상태에서 전체 1800회 가슴압박 중 불완전한 이완 33.4%, 부적절한 압박 깊이 59.72%가 발생한다는 것은 심정지 환자의 회복에 부정적인 영향이 될 수 있다. VR기반 상태에서 심폐소생술을 시행하였을 때 체중의 중심유지를 위하여 다리를 넓게 벌린 후 환자가 누워 있는 카트 측면에 무릎을 기댄 상태로 가슴압박을 하여야 했으며, 회전이나 방지턱, 급정지 상황에서는 가슴압박을 멈추거나 한 손만을 이용하여 가슴압박을 시행할 수밖에 없었기 때문에 나타난 결과이다.

반면, 루카스는 가슴압박의 속도가 최대 110회, 최소 97회, 평균 101.87회( $\pm 5.66$ )를 보였고, 가슴압박의 깊이는 최대 55.24 mm, 최소 47.86 mm를 보였으며, 평균 53.80( $\pm 9.8$ )을 보였다. 불완전한 가슴이완율은 수기심폐소생술 상태에서는 33.4%를 보였으나 루카스 상태에서는 1.4%, 부적절한 가슴압박의 깊이는 0.11%로 나타났다. 적절한 가슴압박의 속도와 정확한 압박 위치, 충분한 가슴압박의 깊이와 완전한 이완, 과호흡의 방지, 가슴압박 중단 시간 최소화는 뇌 혈류량과 관상동맥 관류량을 증가시키는 중요한 술기이다.

2015년 미국심장협회 가이드라인에 따르면 [13], 가슴압박의 속도는 분당 100회 이상으로 유지하고, 120회 이상을 넘지 않도록 하고, 가슴압박 깊이는 최소 5 cm 이상으로 유지하고, 6 cm를 초과하지 않도록 하며, 가슴압박은 완전한 압박과 완전한 이완으로 중단을 최소화하도록 권고하고 있다. 이러한 가슴압박의 적절성과 가슴압박 중단 시간의 최소화는 뇌 혈류량, 관상동맥 관류압, 자발순환회복률, 생존율, 양호한 신경학적 결과를 기대할 수 있다. 움직이는 구급차 안에서 가슴압박의 효율성이 많이 떨어지고[14, 15], 구급차 내에서 시행하는 가슴압박의 깊이가 평지에서 시행하는 것보다 더 깊고, 더 빠르며, 압박과 이완의 속도 또한 빨라지고[15], 구급차 내에서 가슴압박이 평지에서의 가슴압박보다 힘이 더 들고 [16, 17], 가슴압박의 적절성을 유지할 수 없다.

호흡량에서도 다양한 차이를 보였다. 가슴압박과 인공호흡의 비율 30:2 상황에서는 루카스와 수기심폐소생술 상황에서는 512 ml와 487 ml를 보였다. 그러나 전문기도를 삽관하고 루카스와 수기기슴압박에서 지속적인 가슴압박과 인공호흡을 시행한 경우 아이젤(415 ml, 334 ml), 후두 튜브(403 ml, 487 ml), 기관내삽관(495 ml, 517 ml)에서 호흡량을 보였다. 움직임이 없는 상황에서 1/3 백-압착을 했을 때 환기량은 평균 499.93

ml[18], 326 ml[19], 421 ml[20]를 보인 연구와 비교했을 때 가슴압박과 인공호흡 30:2 비율로 백-마스크만을 이용한 환기방법이 비슷한 호흡량을 보였다. 모든 전문기도기 종류에서 과소와 과다 호흡량이 확인되었고, 아이젤을 이용한 환기에서 과소와 과다량의 빈도가 가장 높았다. 백-마스크만을 이용한 환기보다 전문기도를 삽관한 상태에서 호흡량에 차이가 많은 이유는 가슴압박 시점에 백-마스크 압착이 동시에 시행되면서 불충분하게 전달된 것이다.

심정지 환자에서 심폐소생술을 시행하는 동안 가슴압박 뿐만 아니라 기도유지와 적절한 환기를 제공해 주는 것은 대단히 중요하다. 부적절한 환기는 환자의 생존과 사망, 정상기능의 회복과 장애를 결정하는 중요한 요인이 될 수 있다[21]. 2015년 미국심장협회 가이드라인[12]에 따르면 효과적인 인공 환기는 가슴이 올라올 정도로 대략 500-600 ml(6-7 ml/kg)의 일회 호흡량을 유지하여야 한다고 권장하고 있다. 백-마스크 환기는 사용자의 숙련도에 따라 일회 환기량, 흡기-호기 비율, 백-압착 정도, 마스크와 안면 밀착 정도에서 차이를 보일 수 있기 때문에 움직이는 구급차 내에서도 지속적인 훈련이 필요하다.

선행연구에 의하면, 이송 중 양질의 가슴압박이 어렵고[22], 기계의 장착을 위한 숙련도가 필요하지만[23] 고층건물에서 심정지 환자를 구급차까지 이송하는 동안에 자동심폐소생기의 적용이 효과적일 수 있고[24], 모든 심정지 상황에서 사용하기보다는 일부 특수한 상황에서는 가슴압박의 대안으로 자동심폐소생기 사용을 고려할 수 있다[8-12]. 이 연구는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 이 연구는 6분 동안 심폐소생술을 시행한 VR기반 마네킨 연구로 실제 임상의 심폐소생술 상황에 적용하여 일반화하는데 한계가 있기 때문에 생존율, 신경학적 예후 등으로 설명할 수 없다. 둘째, VR기반 도시형 외곽도로 시나리오가

현장 도로 상황을 충분히 반영하는지, VR기반 computer-controlled moving platform 설계가 실제 주행하는 구급차의 서스펜션을 충분히 반영하고 있는지에 관하여 한계점을 가지고 있다. 향후 심정지 환자의 평균 이송시간이 반영되고, 실제 도로주행을 통한 연구설계로 추가 연구되기를 기대한다.

## V. 결 론

### 1. 결론

이 연구는 VR기반 상태에서 수기심폐소생술과 루카스를 이용한 심폐소생술 상태에서 가슴압박의 차이를 살펴보고, 기도유지 방법에 따른 호흡량을 비교 분석하였다. 가슴압박 상황에서 자세가 불편하여 효과적인 가슴압박을 시행할 수 없었고, 백 환기상태에서도 불안정한 자세와 가슴압박자와의 접촉으로 효과적인 백-압착이 어려웠다.

인공호흡은 가슴압박과 인공호흡 30:2 비율로 백-마스크만을 이용한 환기방법에서 호흡량 전달이 좋았으며, 전문기도가 삽관되고 지속적인 가슴압박 상태에서 시행되는 환기방법에서는 호흡량의 차이가 많았다. 가슴압박은 수기심폐소생술보다 루카스를 이용한 경우가 가슴압박의 깊이와 속도, 불완전 이완이 확연히 감소되었다. 따라서 루카스를 이용한 가슴압박이 수기심폐소생술보다 양질의 결과를 보였고, 이송 중 가슴압박의 대안으로 도움이 될 수 있다.

## References

1. Stiell IG, Brown SP, Nichol G, Cheskes S,

Vaillancourt C, Callaway CW et al. What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients?. *Circulation* 2014;130:1962-70. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008671>

2. Christenson JD, Andrusiek S, Everson-Stewart P, Kudenchuk D, Hostler J, Powell J et al. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 2009;120(13):1241-7. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.852202>

3. Thomas SH, Stone CK, Bryan-Berge D. The ability to perform closed chest compressions in helicopters. *Am J Emerg Med* 1994;12(3):296-8. [https://doi.org/10.1016/0735-6757\(94\)90142-2](https://doi.org/10.1016/0735-6757(94)90142-2)

4. Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L, Fellows B, Svensson L, Sørebo H et al. Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study. *Resuscitation* 2006;71(3):283-92. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2006.05.011>

5. [www.nfa.go.kr/nfa](http://www.nfa.go.kr/nfa)

6. Shin SY, Kim JH, Kim GY, Kang SW, Bang SH, Yun JG et al. A study on the cardiopulmonary resuscitation method in ambulance. *Korean Institute of Fire Sci Eng* 2014;28(4):104-11. <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.4.104>

7. Jang MS, Tak YJ. The variation of elapsed time on fatigue and quality of single rescuer cardiopulmonary resuscitation. *J Emerg Med Ser* 2013;17(1):9-19.

8. Wik L, Olsen JA, Persse D, Sterz F, Lozano M, Brouwer MA et al. Manual vs. integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. *Resuscitation* 2014;85



- (6):741-8. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.03.005>
9. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D, Östlund O, Silfverstolpe J, Lichtveld RA et al. Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. *JAMA* 2014;311(1):53-61. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.282538>
  10. Perkins GD, Lall R, Quinn T, Deakin CD, Cooke MW, Horton J et al. PARAMEDIC trial collaborators. Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385(9972):947-55. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61886-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61886-9)
  11. Mitten MJ, Zipes DP, Maron BJ, Bryant WJ. Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities: task force 15: legal aspects of medical eligibility and disqualification recommendations: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology. *Circulation* 2015;132(22):e346-9. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000251>
  12. Chi AR, Cho YS, Lee HJ, Lee JH, Cho GC, Kim WY et al. The influence of vertical location of cardiac arrest and application of mechanical cardiopulmonary resuscitation device on out of hospital cardiac arrest in a community: a retrospective observational study. *J Korean Soc Emerg Med* 2016;27(6):530-9.
  13. 2015 AHA Guidelines for CPR and ECC. AHA. 2015.
  14. Kim GY. The effect of EMT belt on chest compressions in moving ambulance. Unpublished master's thesis, Kangwon National University 2014, Samcheok, Korea.
  15. Hong SG, Son IA. A study on the factors influencing the accuracy of chest compression during cardiopulmonary resuscitation trying in a moving ambulance. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;20(4):343-54.
  16. Braunfels S, Meinhard K, Zieher B, Koetter KP, Malech WH, Petroianu GA. A randomized, controlled trial of the efficacy of closed chest compressions in ambulances. *Prehospital Emergency Care* 1997;1(3):128-31. <https://doi.org/10.1080/10903129708958804>
  17. Ochoa FJ, Ramalle-Gomara E, Lisa V, Saralequi I. The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions. *Resuscitation* 1998;37(3):149-52. PMID:9715774
  18. Shin SY, Roh SG. Comparison of ventilatory volume and airway pressures using oxylator EM-100. *Fire Sci Eng* 2015;29(5):104-9. <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.5.104>
  19. Jo SM, Jung HK. Differentiation of tidal volume & mean airway pressure with different bag-valve-mask compression depth and compression rate. *Korean J Emerg Med Ser* 2012;16(2):67-74.
  20. Cho YC, Cho SW, Chung SP, Yu K, Kwon OY, Kim SW. How can a single rescuer adequately deliver tidal volume with a manual resuscitator? An improved device for delivering regular tidal volume. *J Korean Soc Emerg Med* 2011;28(1):40-3.
  21. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, Yannopoulos D, McKnite S, von Briesen C et al. Hyperventilation induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2004;109(16):1960-5. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000126594.79136.61>

22. Han GK, Ryu SY, Kim HJ, Lee SL, Cho SJ, Oh SC. Comparison of CPR outcomes between Autopulse™ and manual compression in adult out of hospital cardiac arrest. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;28(6):256–63.
23. Cho YS, Choi SC, Lee CA, Jung YS, Kim GW. Comparison of manual versus mechanical chest compression during simulation out of hospital cardiac arrest. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;23(4):486–92.
24. Kim TH, Hong KJ, Shin SD, Kim CH, Song SW, Song KJ et al. Quality between mechanical compression on reducible stretcher versus manual compression on standard stretcher in small elevator. *Am J Emerg Med* 2016;34(8):1604–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.05.072>