

## 이동 중 주들것에서 심폐소생술 분석

노상균

선문대학교 응급구조학과

### Analysis of cardiopulmonary resuscitation during main stretcher transport

– A manikin study –

Sang-Gyun Roh\*

Department of Emergency Medical Services, Sunmoon University

#### =Abstract =

**Purpose:** This study aimed to compare the effect of chest compression and the resulting ventilation volume in walking cardiopulmonary resuscitation (CPR), straddling CPR, and mechanical CPR while moving manikins to main stretchers.

**Methods:** We compared the chest compressions in terms of compression depth, number of incomplete releases, complete release depth, compression rate, duration between peak time of previous compression and peak time of current compression, and respiration. We analyzed the compression comparatively with the ventilation volume in three different types of CPR.

**Results:** The chest compression depth was significantly improved during straddling CPR as compared to walking CPR, during which women were unable to achieve sufficient chest compression depth. A constant chest compression depth was maintained during mechanical CPR.

**Conclusion:** High-quality chest compressions were difficult to achieve in moving spaces. Further, walking CPR may be helpful in men, but straddling or applying automatic chest compressions in women would result in more effective CPR. Our findings demonstrate the limitations and trends in administering CPR in men and women, which may be useful in devising better education and training methods in the future.

**Keywords:** Walking CPR, Straddling CPR, Mechanical CPR, Incomplete release depth

Received June 19, 2020 Revised July 23, 2020 Accepted August 14, 2020

\*Correspondence to Sang-Gyun Roh

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

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

†이 논문은 선문대학교 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

심정지 환자에서 자발순환회복과 소생 후 신경학적 기능 저하의 예방을 위해서는 효과적인 심폐소생술이 필요하다. 특히, 뇌 혈류량과 관상동맥 관류압을 일정하게 유지하기 위해서는 가슴압박의 중단을 최소화하고, 일정한 깊이를 유지하는 것이 중요하다. 심정지 환자의 예후는 심폐소생술의 질(quality)적인 차이에 따라 다르기 때문에 이동 중에도 지속적인 고품질의 가슴압박이 요구된다. 그러나 이동 중인 구급차 내부에서는 구급대원의 자세 불안정과 부상의 위험도 뒤따르기 때문에 효과적인 심폐소생술을 기대하기가 쉽지 않다[1-3].

병원 전 심정지 환자는 119구급대에 의해 심폐소생술이 시행되고 있고, 2020년 1월부터 보건 의료 기본법 44조(보건 의료 시범사업)에 근거하여 특별 구급대를 편성하여 시범운영하고 있다. 심정지 환자는 현장에서 소생술을 시행한 후 자발순환회복이 된 상태에서 병원으로 이송하는 것이 바람직하다고 볼 수 있으나 현장소생술에도 불구하고 자발순환회복이 되지 않는 자, 이송 중 심정지가 재발된 자, 심정지가 임박한 환자의 이송 중 심정지가 발생된 자 등은 응급실 의료진에게 인계하기까지 심폐소생술이 진행되어야 한다. 병원 응급실 입구에 도착 후 주들것(이하 들것)을 이용해서 응급실까지 이동하면서 심폐소생술을 시행하여야 한다.

선행연구에서는 가상실현 움직이는 구급차 내에서는 수기심폐소생술보다 자동가슴압박기 사용이 압박의 속도와 깊이, 불완전 이완 등 효과적인 가슴압박이 이루어졌고[3], 병원 전 심정지로 내원한 환자를 대상으로 수행한 연구에서는 수기심폐소생술과 자동가슴압박기 사용이 임상적 결과에서는 차이를 보이지 않았지만 이송 중일 때 효과를 기대할 수 있다고 하였다[4-6]. 이동 중 보조

발판이 장착된 들것에서 심폐소생술을 분석한 연구에서는 걸어가면서 수행한 심폐소생술보다 압박 깊이가 정상 범위에서 유지되었다[7]. 들것 위에 올라앉은 상태에서 심폐소생술을 수행한 연구에서는 표준 심폐소생술만큼 효과가 있다고 보고하였다[8-11].

병원으로 이동될 때 대부분의 환자들은 들것에 실려 운반된다. 그러나 들것 옆에서 걸어가면서 심폐소생술을 수행할 경우 심폐소생술의 질은 유지되기 어렵다. 숙련된 소생팀에 의해 수행된다 하더라도 심폐소생술의 질은 보장되기 어렵다. 기존의 연구에서는 이동 중 들것 위에 올라앉아서와 주들것 옆에서 걸어가면서 심폐소생술의 성적을 분석한 연구[11], 수기와 기기의 심폐소생술의 비교[8-10], 들것 발판위와 들것 옆에서 걸어가면서 심폐소생술의 성적[7]을 분석한 연구가 있었다. 이러한 선행연구는 주로 압박깊이, 속도, 불완전 이완 등 SimPad를 활용하여 분석하였지만, 이 연구는 압박 깊이, 속도, 불완전 이완, 호흡량, 압박과 압박 사이의 시간, 가슴압박 중단 시간, 호흡과 호흡 사이의 시간 분석을 통한 환기속도, 불완전 이완율 등을 SimPad 소프트웨어 프로그램을 활용하여 구체적으로 분석하고자 한다.

### 2. 연구의 목적

들것으로 이동하면서 심폐소생술의 결과를 비교하는 것으로 걸어가면서 심폐소생술을 수행하였을 때(이하 Walking CPR), 들것 위에 올라앉아서 심폐소생술을 하였을 때(이하 Straddling CPR), 자동가슴압박기를 적용하였을 때(이하 Mechanical CPR)를 비교하였다. 구체적인 내용은 아래와 같다.

-Walking CPR에서 가슴압박의 깊이와 속도, 불완전 이완, 가슴압박 중단 시간, 호흡량을 분석한다.

-Straddling CPR에서 가슴압박의 깊이와 속도, 불완전 이완, 가슴압박 중단 시간, 호흡량

을 분석한다.

- Mechanical CPR에서 가슴압박의 깊이와 속도, 불완전 이완, 가슴압박 중단 시간, 호흡량을 분석한다.
- Walking CPR, Straddling CPR, Mechanical CPR에서 심폐소생술의 결과를 분석한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구설계

이 연구는 구급차가 병원에 도착하여 멈춘 직후부터 심폐소생술을 시작하여 구급차 전용 들것을 구급차 밖으로 내린 후 응급실 의료진에게 인계하기까지 심폐소생술의 결과를 분석한 마네킹 실험 연구이다. 모든 실험은 구급차가 멈춘 직후부터 시작하였다. 이러한 이유는 구급차가 멈춘 순간, 들것을 내리는 순간, 이동 순간에 따른 가슴압박의 깊이와 속도, 불완전이완율, 이완 깊이, 가슴압박으로부터 손 떼는 시간(hands off time) 등을 파악하기 위함이다.

실험 방법은 들것의 속도에 맞추어 Walking CPR, Straddling CPR, Mechanical CPR 그룹으로 나누었다. 이동거리는 총 20m로 설정하였고, 실험은 각각 3회 반복하였다. 이동 시간은 Walking CPR(36.63초), Straddling CPR(59.46초), Mechanical CPR(36.26초)를 보였다. 모든 실험은 CPR board를 적용한 후 수행하였다.

실험은 1급응급구조사 2명(남녀)과 응급구조학과 교수 1명이 참여하였고, 실험 전 이동경로를 남녀 각각 10회씩 들것을 이용하여 이동하는 연습을 하였으며, 평균 소요시간은 35.17초를 보였다. 실험자가 들것에 올라왔을 때 들것의 보조바퀴를 구급차 내부 바닥에 지지한 후, 들것을 구급차 방향으로 밀어서 앞쪽 바퀴 프레임을 구급차 발판

난간에 완전히 밀착시켰다. 또한, 들것의 팔걸이는 세웠으며, 실험자가 마네킹의 골반 부위에 올라앉고 안전하게 위치한 후부터 가슴압박을 시행하였다(Fig. 1). 이동경로를 남녀 각각 10회씩 연습을 하였고, 평균 소요시간은 57.84초를 보였다.

심폐소생술 사전연습 결과, 가슴압박의 깊이는 여성이 평균 깊이  $53.28 \pm 1.85\text{mm}$ (최소 47.62, 최대 59.76)와 속도는 분당 111.87회(최소 105회, 최대 118회), 남성은  $54.55 \pm 1.99\text{mm}$ (최소 50.23, 최대 59.45)와 속도는 분당 111.06회(최소 102회, 최대 118회)를 보였다(Fig. 2). 인공호흡량은 여성이 평균  $445 \pm 63.03\text{mL}$ (최소 352, 최대 530)를 보였고, 남성은 평균  $433 \pm 44.70\text{mL}$ (최소 352, 최대 493)를 보였다.

압박 후 이완 깊이는 그룹 별 측정하여 비교하였다. 시뮬레이터 기기가 이완 깊이의 오차범위를



Fig. 1. Straddling position.

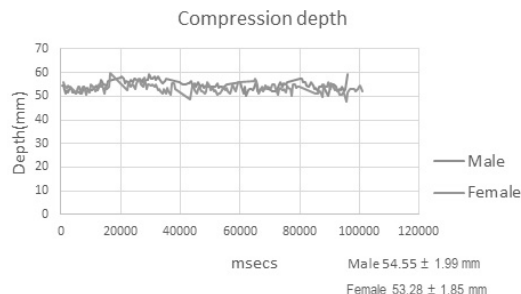


Fig. 2. Pretest of chest compression.

5mm 이내까지를 정상 이완범위로 설정하고 있기 때문에 5mm 이상은 불완전 이완으로 간주하여 비교하였다.

자료는 두 가지로 분류하여 수집한 후 분석하였다. 첫 번째는 구급차 정차 직후부터 구급차 안에서 가슴압박을 시작하여 walking(male, N=162, female, N=157), straddling(male, N=262, female, N=248), mechanical(177)의 자료를 수집하였고, 두 번째는 구급차 정차 후 들것을 내리는 과정부터 가슴압박을 시작하여 walking(male, N=122, female, N=121), straddling(male, N=173, female, N=196), mechanical(173)의 자료를 수집하였다. 이는 구급차 정차부터 응급실 이송까지 가슴압박 중단시간을 측정하기 위하여 차이를 두었다.

## 2. 자료수집 방법

2020년 2월 20 ~ 21일 동안 ○○대학교 응급구조학과 내부 구급차 모형이 설치되어 있는 외상 시뮬레이션실에서 실험하였다. ACLS provider가 있는 1급응급구조사 2명(남성 : 체중 75kg, 신장 180cm, 여성 : 체중 55kg, 신장 160cm)과 응급구조학과 교수 1명이 참가하였고, QCPR 시뮬레이터와 SimPad를 이용하였다. SimPad에 저장되어 있는 실험 결과를 엑셀로 불러내기를 한 후 텍스트 파일에서 comDepth, compIncompleteRelease, compReleaseDepth, compInstantaneousPeriod, compMeanRate, ventVolume, ventInstantaneousPeriod, ventilation per minute를 수집하였다.

## 3. 연구도구

### 1) 가슴압박 시뮬레이터

심폐소생술 결과를 측정하기 위해 사용한 마네킹은 RA Airway QCPR<sup>®</sup>(Laerdal, Stavanger,

Norway)이다. 가슴 압박과 전문기도삽관이 가능하고, 심패드(SimPad)와 연결하여 가슴압박의 깊이, 속도, 불완전 이완, 압박 중단 시간, 호흡량 등을 측정하고 분석할 수 있다. 실험에는 SimPad PLUS with SkillReporter(Laerdal, Stavanger, Norway)를 이용하였다.

### 2) 자동가슴압박기

자동가슴압박기는 EASY PULSE<sup>®</sup>(SCHILLER, Australia)를 사용하였다(Fig. 3). 직접압박과 가슴부위 조임을 동시에 시행하는 3D 압축방식으로 분당 100회의 압박속도를 보인다. 가슴압박과 인공호흡의 비율을 30 : 2로 진행되는 기본 모드와 연속적인 가슴압박을 진행할 수 있는 연속모드로 설정할 수 있다. 사전 실험 결과 압박 깊이 36.76cm ( $\pm 0.047$ ), 분당 속도 99.93회( $\pm 0.259$ )였고, 장착 시간은 평균 16.25초였다.

### 3) 들것

들것은 COT-98(Daekyung medipia, Korea)을 사용하였다. 환자를 침대상태 또는 의자상태에서 바퀴다리를 이용하여 이송하거나 구급차량 내부로 수평상태를 유지하여 이송하는 장비이다. 중량은 38kg, 허용 하중은 180kg, 펼친 상태에서 190cm × 58.5cm × 90cm의 규격이었다.



Fig. 3. Mechanical chest compressor "EASY PULSE".

#### 4) 호흡보조기구

BVM은 Laerdal® Silicone Resuscitator에 저장낭을 부착하였으며, 백의 용량은 1,600mL를 이용하였다. 기관내삽관에 사용된 튜브는 Mallinckrodt® I.D. 7.5를 사용하였으며, 커프는 10mL의 공기를 주입하였고, 22cm에 고정하였다.

### 4. 분석방법

가슴압박은 압박 깊이, 불완전 이완 횟수, 완전한 이완 깊이, 압박과 압박 사이 시간, 압박속도를 그룹별 비교하였으며, 인공호흡은 호흡량, 호흡과 호흡 사이 시간을 그룹별 비교하였다. 수집된 자료는 SPSS software 20.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차, 최소값, 최대값은 빈도분석을 시행하였다. 남녀에 따른 walking, straddling CPR의 평균 비교는 t-test를 이용하였고, walking, straddling, mechanical CPR의 그룹별 평균은 ANOVA를 이용한 후, Scheffé로 사후 분석하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 심폐소생술 분석 결과

#### 1) Walking CPR 분석

연구 결과, 남성은 압박 깊이 42.30±7.77 mm(최소 26.00, 최대 57.86), 압박 속도 122.99 회/분(최소 110회, 최대 132회), 호흡량 465.34 ±105.89mL(최소 212, 최대 592)를 보였다. 여성은 압박 깊이 29.18±11.67mm(최소 14.73, 최대 55.23), 압박 속도 123.45회/분(최소 109회, 최대 140회), 호흡량 471.66±103.56mL(최소 229, 최대 608)를 보였다. 남성과 여성의 압박 깊이는 들것을 내린 이후부터 이동 시 통계적인 차이를 보였지만(p=.000, t=11.877)〈Fig. 4〉, 압박

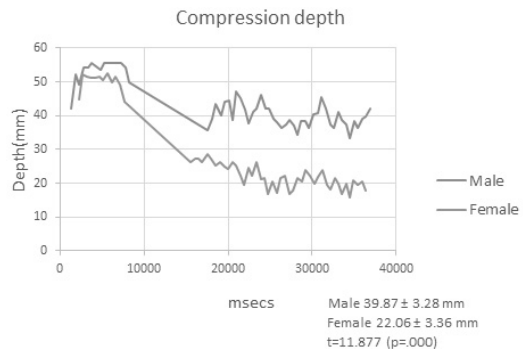


Fig. 4. Depth of walking chest compression.

속도와 호흡량에서는 차이를 보이지 않았다. 구급차가 정차 직후 가슴압박의 깊이는 남성 53.18±3.64mm, 여성 50.04±2.80mm를 보였으나 들것을 내린 이후부터 이동 시 압박 깊이는 남성 39.87±3.28mm, 여성 22.06±3.36mm였다. 들것을 내리는 과정 중에 가슴압박을 중단하는 시간은 남녀 평균 8.6초였다.

#### 2) Straddling CPR 분석

연구 결과, 남성은 압박 깊이 55.17±4.63 mm(최소 44.25, 최대 62.73), 압박 속도 122.25 회/분(최소 84, 최대 133), 호흡량 356.34 ±114.30mL(최소 212, 최대 592)를 보였다. 여성은 압박 깊이 52.99±5.17mm(최소 37.15, 최대 62.05), 압박 속도 114.38회/분(최소 90, 최대 130), 호흡량 393.77±105.46mL(최소 177, 최대 593)를 보였다. 남성과 여성의 압박 깊이는 통계적인 차이를 보였지만(p=.000, t=5.011) 두 그룹 모두 정상 범위의 압박 깊이를 보였다(Fig. 5). 압박 속도와 호흡량에서는 차이를 보이지 않았다. 구급차가 정차 직후 가슴압박의 깊이는 남성 52.80±2.31mm, 여성 52.92±3.35mm를 보였으며, 들것에 올라왔은 직후부터 이동 시 압박 깊이는 남성 52.92±3.35mm, 여성 54.85±4.24 mm였다. 들것에 올라왔으면서 가슴압박을 중단하는 시간은 남녀 평균 7.17초였다.

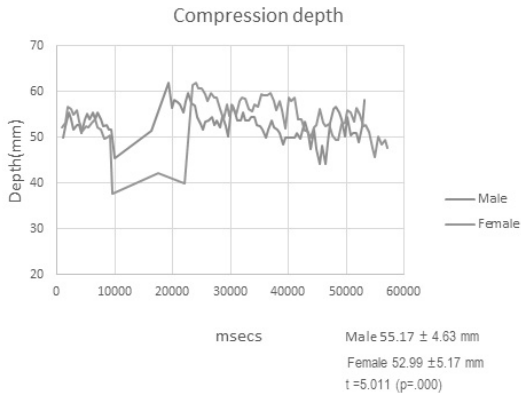


Fig. 5. Depth of straddling chest compression.

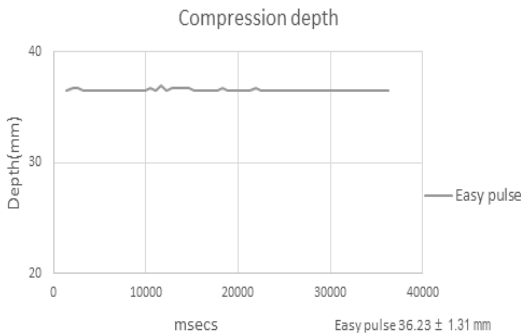


Fig. 6. Depth of mechanical chest compression.

### 3) Mechanical CPR 분석

연구 결과, 압박 깊이  $36.23 \pm 1.31\text{mm}$ (최소  $30.47\text{mm}$ , 최대  $37\text{mm}$ ), 압박 속도  $100.28\text{회/분}$ (최소  $99\text{회}$ , 최대  $110\text{회}$ )을 보여(Fig. 6), 사진 실험의 압박 깊이( $36.76\text{cm}$ )와 속도( $99.93\text{회/분}$ )와 차이를 보이지 않았다. 가슴압박의 깊이가 전체적으로 권고기준보다 낮은 깊이를 보였으나 이동 중임에도 불구하고 압박 깊이가 일정하게 나타났고, 호흡량은 측정되지 않았다. 가슴압박 중단 시간은 없었다.

### 4) Walking CPR, Straddling CPR, Mechanical CPR 간의 분석

남성과 여성 모두 들것의 이동 속도에 맞추어 올라앉아서 가슴압박을 수행한 실험에서 압박깊이는 남성에서 Walking CPR  $42.30 \pm 7.77\text{mm}$ ,

Straddling CPR  $55.17 \pm 4.63\text{mm}$ 를 보여 ( $p=.000$ ) Straddling CPR이 Walking CPR과 Straddling CPR에 비해 압박 깊이가 깊었다. 여성에서는 Walking CPR  $29.18 \pm 11.67\text{mm}$ , Straddling CPR  $52.99 \pm 5.17\text{mm}$ 를 보여 ( $p=.000$ ) Straddling CPR이 Walking CPR과 Straddling CPR에 비해 압박 깊이가 깊었다. Mechanical CPR은  $36.54 \pm 10\text{mm}$ 를 보였다. 압박 속도는 남성에서 Walking CPR  $122.99 \pm 3.29\text{회/분}$ , Straddling CPR  $122.25 \pm 6.18\text{회/분}$ 을 보였으나( $p=.000$ ) Straddling CPR이 Walking CPR은 분당 압박속도가 빨랐다. 여성에서는 Walking CPR  $123.45 \pm 6.22\text{회/분}$ , Straddling CPR  $114.38 \pm 4.33\text{회/분}$ 을 보였으며, Mechanical CPR은  $100.28 \pm 1.49\text{회/분}$ 을 보였고( $p=.000$ ), Walking CPR은 분당 압박속도가 빨랐다(Table 1).

들것을 내린 이후부터 이동 시 압박 깊이는 남성에서 Walking CPR  $39.87 \pm 3.28\text{mm}$ , Straddling CPR  $52.92 \pm 3.35\text{mm}$ 를 보였고, 여성에서는 Walking CPR  $22.06 \pm 3.36\text{mm}$ , Straddling CPR  $54.85 \pm 4.24\text{mm}$ 를 보였으며, Mechanical CPR은  $36.54 \pm 0.10\text{mm}$ 를 보였다. 또한, 압박 깊이의 분포를 보면, 남성은 Walking CPR에서  $3 \sim <4\text{cm}$ 를 압박한 경우가  $63.93\%$ 로 높았고, Straddling CPR에서는  $5 \sim <6\text{cm}$ 를 압박한 경우가  $93.06\%$ 를 보였다. 여성은 Walking CPR에서  $3\text{cm}$  미만을 압박한 경우가  $100\%$ 를 보였고, Straddling CPR에서는  $5 \sim <6\text{cm}$ 를 압박한 경우가  $85.71\%$ 를 보였다(Table 2).

### 5) 불완전 이완 깊이 분석

Walking CPR에서 이완 깊이는 남성이  $3.24 \pm 1.447\text{mm}$ 를 보였고, 여성은  $3.30 \pm 1.344\text{mm}$ 를 보였으며, 이완 깊이가  $5\text{mm}$  이상으로 부적절하게 나타난 것은 남성  $19.76\%$ , 여성  $15.29\%$ 를 보였다. Straddling CPR에서는 이완 깊이는 남성

Table 1. Results of chest compression

Variables	Walking CPR(M±SD)	Straddling CPR(M±SD)	Mechanical CPR(M±SD)	F	p	
Male	Depth(mm)	42.30±7.77 <sup>a</sup>	55.17±4.63 <sup>b</sup>	36.54±0.10 <sup>c</sup>	292.08	.000 b>ac
	Rate/min	122.99±3.29	122.25±6.18	100.28±1.49	520.53	.000 a>bc
Female	Depth(mm)	29.18±11.67	52.99±5.17	36.54±0.10	253.28	.000 b>ac
	Rate/min	123.45±6.22	114.38±4.33	100.28±1.49	426.10	.000 a>bc

\*CPR: Cardiopulmonary resuscitation

Table 2. Results of chest compression in movement

Variables	Mean (mm)	Min	Max	<30	30~<40	40~<50	50~<60	≥60
Male								
WCPR(N=122, %)	39.87	26.00	47.14	2(1.64)	78(63.93)	42(34.43)	0	0
SCPR(N=173, %)	52.92	44.25	62.73	0	0	9(5.20)	161(93.06)	3(1.74)
Female								
WCPR(N=121, %)	22.06	14.73	27.25	121(100.0)	0	0	0	0
SCPR(N=196, %)	54.85	40.00	62.05	0	0	23(11.74)	168(85.71)	5(2.55)
MCPR(N=173,%)	36.54	36.50	37.00	173(100.0)				

3.73±1.393mm, 여성은 5.25±1.599mm를 보였으며, 이완 깊이가 5mm 이상으로 부적절하게 나타난 것은 남성 22.52%, 여성 66.13%를 보였다. Mechanical CPR에서는 이완 깊이는 0.04±0.249mm를 보였고, 불완전 이완은 나타나지 않

았다<Table 3>.

### 6) 호흡량과 호흡주기 분석

호흡량은 Walking CPR에서 남성은 465.34±105.86mL, 여성은 483.37±91.54mL였으며 통계

Table 3. Comparison of release depth

Variables	Mean(mm)	Min	Max	SD	0~4.9	≥5
Release depth(mm)						
WCPR(N=319)						
Male(N=162)	3.24	.00	6.67	1.447	130(80.24%)	32(19.76%)
Female(N=157)	3.30	.00	7.21	1.344	133(84.71%)	24(15.29%)
SCPR						
Male(N=262)	3.73	.00	8.61	1.393	203(77.48%)	59(22.52%)
Female(N=248)	5.25	.50	11.05	1.599	84(33.87%)	164(66.13%)
MCPR(N=177)	.04	.00	1.50	.249	177(100%)	0(0%)

Table 4. Results of ventilation volume and period

Variables	Ventilation volume(mL)				Ventilation cycle(period, sec.)				
	M±SD	Min	Max	p(t)	M±SD	Min	Max	VM	p(t)
WCPR									
Male	465.34(105.86)	212	592	.535	5.37±0.79	4.70	7.47	13.3	.000
Female	483.37(91.54)	229	608	(-.62)	3.88±0.65	2.84	5.44	11.6	(5.20)
SCPR									
Male	356.34(114.30)	212	592	.190	4.52±1.39	2.34	7.72	17.9	.183
Female	393.77(105.46)	177	593	(-1.32)	5.24±1.16	3.18	9.24	17.3	(-1.36)
M CPR	Not measured				NM				

\*VM : Ventilation per minute

적 유의성은 없었고( $p=.535$ ), Straddling CPR에서 남성은  $356.34 \pm 114.30$  mL, 여성은  $393.77 \pm 105.46$  mL 보여 통계적 유의성은 없었다( $p=.190$ ). 분당 호흡수와 호흡과 호흡사이 소요된 시간(간격)을 분석한 결과 다음과 같다. Walking CPR에서 분당 호흡수는 남성 13.3회, 여성 11.6회의 환기를 하고 있었고, 호흡 간격은 남성  $5.37 \pm 0.79$  초(최소 4.70초, 최대 7.47초), 여성  $3.88 \pm 0.65$  초(2.84초, 최대 5.44초)였다( $p=.000$ ). Straddling CPR에서 분당 호흡수는 남성 17.9회, 여성 17.3회의 환기를 하고 있었고, 호흡간격은 남성은  $4.52 \pm 1.39$  초(최소 2.34초, 최대 7.72초) 여성  $5.24 \pm 1.16$  초(최소 3.18초, 최대 9.24초)였다( $p=.183$ ) (Table 4).

#### IV. 고 찰

고품질의 심폐소생술을 강조하기 위해서는 가슴압박과 인공호흡에 관한 여러 요소들이 있고, 그 중 충분한 압박 깊이와 이완은 심정지 환자에서 자발순환회복과 유의한 관계가 있는 것으로 알려져 있다[12,13]. 이렇듯 심폐소생술을 효과적으로 수행하기 위해서는 평평하고 단단한 바닥 위에서 환자의 옆에서 무릎을 꿇고, 또는 발판을 활용한 후 침대 옆에 위치해서 양쪽 팔꿈치를 곧게 편

후 수직으로 5~6cm 깊이의 완전한 가슴 압박과 이완, 분당 100~120회의 속도로 가슴압박을 수행하여야 하고, 압박중단을 최소화하는 것이 중요하다. 가슴압박은 이러한 기본자세를 유지하면서 수행되어야 한다.

그러나 Walking CPR에서는 이동 속도에 맞추어 걸어야 하며, 동시에 가슴압박을 시행하여야 하므로 효과적인 가슴압박 자세를 유지하기가 어렵다. 가슴압박은 상체 무게와 허리의 반동으로 복장뼈를 수직으로 압박하여야 하지만 Walking CPR은 주로 팔의 힘을 사용하여 압박 깊이를 유지하여야 한다. 이동 중 구급차에서 가슴압박에 사용되는 근육을 근전도 검사를 통해서 확인했을 때 위팔세갈래근, 넓다리두갈래근이 유의하게 많이 사용되고 있음을 확인할 수 있었기 때문에[14], 불안정한 자세에서는 위팔 근육에 더 의존해서 가슴압박이 이루어질 수밖에 없다. 이로 인해 쉽게 지치고 더 많은 피로감을 느낄 수 있기 때문에 효과적인 가슴압박을 위해서는 더 많은 근육의 활동이 있어야 한다.

Walking CPR은 신장(키)이 압박 깊이에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 신장(키) 180cm인 남성에 비해 신장 160cm인 여성은 가슴압박 지점이 높아 가슴압박 시 상체의 무게보다는 팔의 힘으로 가슴압박이 이루어졌고, 이로 인해 팔꿈치와 어깨, 손목의 통증을 호소하였다. 구급차 정차 직



후 가슴압박의 평균 깊이는 남성 53.18mm, 여성 50.04mm를 보였으나 들것을 내린 이후부터 이동 시 압박의 평균 깊이는 급격히 감소되어 남성 39.87mm, 여성 22.06mm를 보여 두 그룹 모두 가슴압박의 깊이가 감소하였다. 또한, 적절한 압박 깊이(깊이 5 ~ <6mm)의 성공률은 남성과 여성 모두 0%를 보여 매우 부적절한 가슴압박 방법으로 생각되며, 선행연구와 동일한 결과를 보였다 [11].

2분 동안 실험한 Walking CPR에서 평균 깊이는 40.9mm, 1분 이후부터 평균 깊이는 35.8mm로 감소되어 장거리 이동이 어렵다는 것을 알 수 있었다[11]. 가슴압박을 5주기 동안 실험한 Walking CPR의 연구에서는 평균 깊이 28.51mm를 보여[7], 이번 연구와 비슷한 결과를 보였으나 가슴압박의 깊이가 성별에 따라 차이를 보였다. 특히 walking CPR에서 여성에서 남성보다 압박 깊이가 현저히 감소하였고, 이번 연구와 선행연구 [7,11] 모두에서 지침서[15]에서 권고하는 압박 깊이에는 미치지 못하는 부족한 결과를 보여주었다.

Straddling CPR은 실험자가 들것 위에서 바닥으로 떨어질 수 있는 위험성과 무릎, 허벅지 주변이 들것의 바닥과 팔걸이에 손상을 입을 수 있는 상황이며, 불안한 자세로 인해 심리적 위축 상황임에도 불구하고 Straddling CPR은 이동 중 효과적인 가슴압박이 이루어지는 것으로 확인되었다. 구급차가 정차 후 들것을 내린 이후부터 이동 시 압박 평균 깊이는 남성 52.92mm, 여성 54.85mm 보여 평균 압박 깊이가 유지되는 것을 확인하였다. 압박 깊이(깊이 5 ~ <6mm)의 성공률은 남성이 93%, 여성이 85%를 보였다. 2분 동안 실험한 선행연구에서는 시작부터 1분까지의 성공률(깊이 5 ~ <6mm)은 100%를 보였지만, 1~2분 구간에서는 평균 깊이가 48.8mm에서 46.4mm로 감소되는 것으로 나타났다[11].

Straddling CPR은 Walking CPR에 비해 이

동 시간이 지연되는 것을 확인할 수 있다. 이동거리를 20m로 설정한 이번 연구에서 이동 시간을 살펴보면 Walking CPR 36.63초, Mechanical CPR 36.26초를 보인 반면, Straddling CPR은 59.46초를 보여 Walking CPR에 비해 이동 시간이 길었다. 이는 들것의 앞쪽 프레임에 구급차 발판 난간에 완전히 밀착시키는 과정과 골반 부위에 안전하게 올라앉기 위한 시간에서 비롯된 결과이다. 그러나 긴 이송 시간과 다르게 가슴압박의 중단시간이 짧았고, 가슴압박의 깊이도 Straddling CPR에서 효과적이었다.

반면, Mechanical CPR은 일정한 가슴압박의 깊이를 유지하였다. 평균 압박 깊이는 36.23mm, 평균 압박 속도는 분당 100.28회를 보였다. 가슴압박의 깊이는 권고기준[15,16]보다 낮은 깊이를 보였으나 일정한 압박 깊이를 보였고, 들것을 내리는 과정 중에도 가슴압박 중단은 없었다. 호흡량은 측정되지 않았다. 이는 실험 동안 Easy Pulse®의 가슴 조임 끈에 의해 가슴 조임이 유지되어 내부 압력의 형성이 QCPR® 시뮬레이터의 비닐 폐 모형을 압축시켜 나타난 현상으로 보여 폐 모듈을 갖춘 시뮬레이터를 통한 후속 연구가 필요할 것이다. 자동가슴압박기를 이용한 VR-기반 움직이는 구급차 내에서 진행된 선행연구와 비교해보면, 가슴압박의 평균 깊이는 53.80mm를 보였고[6], 구급차량을 활용한 시뮬레이션 연구에서는 가슴압박의 평균 깊이는 27.1mm[17], 43mm[18]를 보였다. 선행연구와의 차이는 직접 압박 방식인 LUCAS™2에 비해 X-CPR™과 Easy Pulse®는 가슴 조임과 직접압박을 동시에 갖는 3D 압축 방식에 의한 것일 것이다.

심폐소생술 상황에서 가슴압박의 중단 시간이 발생되면 뇌관류압과 관상동맥관류압의 무력화로 자발순환회복에 영향을 미칠 수 있다. 인공호흡을 위한 시간, 심장 리듬 분석과 제세동을 시행하는 시간을 제외하고는 가능한 가슴압박 중단을 하지

말아야 한다. 구급차에서 들것을 내리는 과정에 발생하는 가슴압박 중단시간은 Walking CPR에서는 평균 8.6초가 소요되었고, Straddling CPR에서는 평균 7.1초가 소요되었다. 반면, Mechanical CPR에서는 가슴압박 중단 없이 가슴압박이 지속되었다. 이러한 차이는 Mechanical CPR에서는 실험 전부터 기계를 부착한 상태에서 진행하였기 때문이다. 기계의 장착시간을(16.25초) 고려한다면, 심정지가 임박한 환자나 심정지 환자는 현장에서부터 장착한 후 이송하는 것이 필요하다. 또한, 기계를 장착하는데 별도의 시간이 소요 될 수 있기 때문에 숙련도를 높이기 위한 교육이 필요할 것이다.

불완전 이완의 기준은 오차범위 5mm 이내는 정상적인 이완으로 설정하고, 5mm 이상부터 불완전 이완으로 설정하고 확인하였다. Walking CPR에서 부적절한 이완율은 남성 19.76%, 여성 15.29%를 보였으나 Straddling CPR에서는 부적절한 이완율이 남성 22.52%, 여성 66.13%를 보여 Straddling CPR에서 급격히 증가하였다. Walking CPR 3.1(1.1-4.8)mm, Straddling CPR 4.9(0.5-7.8)를 보인 선행연구에서도 Straddling CPR에서 증가하는 결과와 비슷하였다 [11]. 이는 올라앉은 상황에서 실험자의 체중의 하중이 지속적으로 전달되고, 불안정한 자세로 인해 가슴압박 후 충분한 이완이 방해된 것이다. 한편, 호흡량은 적절하게 전달되는 것으로 확인되었는데, Walking CPR에서는 평균 468.55mL, Straddling CPR에서는 평균 379.55mL를 보였다. 그러나 분당 호흡수가 Walking CPR에서는 남성 13.3회/분, 여성 11.6회/분, Straddling CPR에서는 남성 7.3회/분, 여성 17.3회/분을 보여 분당 10회의 환기 전달방법[11]에 미치지 못하였다.

Walking이나 Straddling CPR 상황에서 이동 중 비틀거리거나 발을 밟는 등의 위험과 떨어지는 위험이 동반될 수 있지만, 이 연구에서는 어떠한 위험 사건도 발생되지 않았다. Straddling CPR

에서 환자에게 전달되는 체중의 하중에 의해 불완전 이완율, 들것에 의한 손상, 넘어지는 손상 등 더 많은 사례를 수집하고 분석하여야 한다. QCPR<sup>®</sup> 시뮬레이터의 비닐 폐 모형으로 인해 자동가슴압박기 적용에서 호흡량이 측정되지 않은 점, 이동거리를 20m로 한정하여 반복 실험한 점 등은 연구의 한계점이다. 또한 이 연구는 사람을 대상으로 실험되지 않았다. 마네킹을 이용한 시뮬레이션 연구이기 때문에 심폐소생술의 결과를 다른 연구에서처럼 생존율과 신경학적 예후 등으로 설명할 수 없다.

## V. 결 론

### 1. 결론

이동 중인 공간에서는 양질의 가슴압박이 이루어지기 어렵다는 것을 알 수 있었다. 가슴 압박 깊이는 Walking CPR에 비해 Straddling CPR이 현저하게 개선된 반면, Walking CPR에서 여성은 충분한 가슴 압박 깊이를 달성할 수 없었고, mechanical CPR은 가슴압박의 깊이를 일정하게 유지하였다. 이동 중에는 남성에서는 Walking CPR이 도움이 될 수는 있어도 여성은 Walking CPR보다는 Straddling CPR로 변경하거나 자동 가슴압박기를 적용하는 것이 효과적인 심폐소생술에 도움이 될 것이다. 또한 분당 호흡수가 빠르게 전달되어 과환기를 시행하는 것으로 나타나 효과적인 호흡량 전달과 Straddling CPR을 위한 교육과 훈련이 필요하다.

## ORCID ID

Sang-Gyun Roh : 교수, 논문계획, 논문자료수  
집, 논문작성, 참고문헌정리  
0000-0003-0844-4944

## References

1. 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>
2. Shin SY, Kim JH, Kim GY, Kang SW, Bang SH, Yun JG et al. A study on the cardiopulmonary resuscitation method in ambulance. *Fire science and engineering* 2014;28(4):104-11. <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.4.104>
3. Lee JG, Kim JS, Roh SG. Comparison of chest compression and ventilation volume using LUCAS and manual in virtual reality-based ambulance simulation. *Korean J Emerg Med Ser* 2018;22(3):67-76. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2018.22.3.067>
4. Park JH, Cho IS, Kim ES, Ha CM. Comparison of outcomes between AutoPulse and manual compression in out-of hospital cardiac arrest patient. *J Korea Soc Emerg Med* 2017;28(6):628-34.
5. Byun JS, Cho IS, Ha CM. Comparison of outcome of cardiopulmonary resuscitation with AutoPulse and LUCAS in out-of hospital cardiac arrest patient. *J Korea Soc Emerg Med* 2019;30(1):16-21.
6. Russi CS, Myers LA, Kolb LJ, Lohse CM, Hess EP, White RD. A comparison of chest compression quality delivered during on-scene and ground transport cardiopulmonary resuscitation. *West J Emerg Med* 2016;17(5):634-9. <https://doi.org/10.5811/westjem.2016.6.29949>
7. Shim GS. The effect of applying subsidiary step developed for CPR on the main stretcher during movement. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 2012;13(12):5950-7. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.12.5950>
8. Lei Z, Qing H, Yaxiong Z. The efficacy of straddling external chest compression on a moving stretcher. *Resuscitation* 2010;81(11):1562-5. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.05.017>
9. Kim JA, Vogel D, Guimond G, Hostler D, Wang HE, Menegazzi JJ. A randomized, controlled comparison of cardiopulmonary resuscitation performed on the floor and on a moving ambulance stretcher. *Prehosp Emerg Care* 2006;10(1):68-70. <https://doi.org/10.1080/10903120500373108>
10. Handley AJ, Handley JA. Performing chest compressions in a confined space. *Resuscitation* 2004;61(1):55-61. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2003.11.012>
11. Shinchi M, Kobayashi M, Soma K, Maeda A. Comparison of chest compression quality in walking versus straddling cardiopulmonary resuscitation during stretcher transportation: A prospective randomised cross-

- over study using manikins. *PLoS One* 2019;14(5):e0216739.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216739>
12. Talikowska M, Tohira H, Finn J. Cardiopulmonary resuscitation quality and patient survival outcome in cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 2015;96:66–77. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.036>
  13. 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(22):1962–70.  
<https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008671>
  14. Yasuda Y, Kato Y, Sugimoto K, Tanaka S, Tsunoda N, Kumagawa D et al. Muscles used for chest compression under static and transportation conditions. *Prehosp Emerg Care* 2013;17(2):162–9.  
<https://doi.org/10.3109/10903127.2012.749964>
  15. 2015 AHA Guidelines for CPR and ECC. AHA, 2015.
  16. Lee MJ, Rho TH, Kim H, Kang GH, Kim JS, Rho SG et al. Part 3. Advanced cardiac life support: 2015 Korean guideline for cardiopulmonary resuscitation. *Clinical and Experimental Emergency Medicine* 2016;3(S):S17–S26.  
<https://doi.org/10.15441/ceem.16.134>
  17. Jeon HJ, Lee IS, Kim SC. Comparison of manual CPR versus X-CPR™ during simulative out of hospital. *Korea Society for Wellness* 2015;10(2):181–9.  
 UCI:G704–SER000002143,2015.10.2.005
  18. Cho YS, Choi SC, Lee CA, Jung YS, Kim GW. Comparison of manual versus mechanical chest compression during simulative out of hospital cardiac arrest. *J Korea Soc Emerg Med* 2012;23(4):486–92.