

## 가슴압박시 구급대원의 체간 각도와 근활성도 분석<sup>†</sup>

신동민<sup>1</sup> · 이창섭<sup>2</sup> · 김승용<sup>3</sup> · 김창국<sup>4</sup> · 홍은정<sup>5</sup> · 이영철<sup>6</sup> · 최가람<sup>6</sup>  
 김경용<sup>7</sup> · 장문순<sup>8</sup> · 김정희<sup>5</sup> · 한봉기<sup>9</sup> · 이종근<sup>10</sup> · 탁양주<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>국립한국교통대학교 응급구조학과, <sup>2</sup>세종특별자치시 소방본부,  
<sup>3</sup>국립한국교통대학교 경영정보학과, <sup>4</sup>고려대학교 국제스포츠학부,  
<sup>5</sup>국립한국교통대학교 산학협력단, <sup>6</sup>고려대학교 일반대학원 사회체육학과,  
<sup>7</sup>강원대학교 일반대학원 응급의료재활학과, <sup>8</sup>선린대학교 응급구조과,  
<sup>9</sup>충북보건과학대학교 응급구조과, <sup>10</sup>영동대학교 스포츠학부

## Analysis of trunk angle and muscle activation during chest compression in 119 EMTs<sup>†</sup>

Dong-Min Shin<sup>1</sup> · Chang-Sub Lee<sup>2</sup> · Seung-Yong Kim<sup>3</sup> · Chang-Kook Kim<sup>4</sup>  
 Eun-Jeong Hong<sup>5</sup> · Young-Chul Lee<sup>6</sup> · Ga-Ram Choi<sup>6</sup> · Gyoung-Yong Kim<sup>7</sup>  
 Mun-Sun Jang<sup>8</sup> · Jeong-Hee Kim<sup>5</sup> · Boong-Ki Han<sup>9</sup> · Jong-Kun Lee<sup>10</sup>  
 Yang-Ju Tak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Paramedic Science, Korea National University of Transportation, <sup>2</sup>Se-Jong Metropolitan Autonomous City Fire Headquarter, <sup>3</sup>Dept. of Management Information System, Korea National University of Transportation, <sup>4</sup>Dept. of Global Sport Studies, Korea University, <sup>5</sup>Dept. of Industry-Academic Cooperation Foundation, Korea National University of Transportation, <sup>6</sup>Dept. of Sport and Leisure Studies, Graduate School, Korea University, <sup>7</sup>Dept. of Emergency Medical Rehabilitation Graduate School, Gangwon National University, <sup>8</sup>Dept. of Emergency medical technology, Sunlin College, <sup>9</sup>Dept. of Emergency Medical Technology, ChungBuk Health & Science University, <sup>10</sup>Dept. of Sports, YoungDong University

투고일: 2014년 10월 25일 심사완료일: 2014년 12월 9일 게재확정일: 2014년 12월 24일

\*Corresponding Author: Yang-Ju Tak

Department of Paramedic Science, National University of Transportation, 61, Daehak-ro, Jeupyeong-gun, Cheongbuk, Republic of Korea

Tel: +82-43-820-5211 Fax: +82-43-820-5212 E-mail: yjtak@ut.ac.kr

<sup>†</sup>이 논문은 소방방재청 차세대핵심소방안전기술개발사업 “NEMA-차세대-2013-43”의 연구비 지원으로 수행되었음.

---

**=Abstract =**


---

**Purpose:** We aimed to investigate trunk angle and muscle activation of the extremity and back to evaluate the effect of chest compression on work-related musculoskeletal disorders in 119 emergency medical technicians (EMTs).

**Methods:** Eighteen 119 EMTs performed 2-minute chest compression without interruption on a cardiopulmonary resuscitation manikin, during which we measured changes in the trunk and shoulder joint angles, muscle activation (triceps brachii, biceps brachii, erector spinae, gluteus maximus, pectoralis major, rectus abdominis, and rectus femoris) and chest compression accuracy.

**Results:** The decrease in trunk angle by trunk muscle activation was the highest in event 2, the major direction of chest compression. Both shoulder joint angles had no significant difference. Muscle activation of the triceps brachii ( $p < .01$ ), biceps brachii ( $p < .05$ ), rectus abdominis ( $p < .05$ ) and rectus femoris ( $p < .01$ ) significantly increased during the compression phase compared with the decompression phase, with the rectus femoris showing an increase of 19%. Muscle activation of the erector spinae significantly increased in the decompression phase compared with the compression phase ( $p < .01$ ).

**Conclusion:** 119 EMTs mainly use the triceps brachii, biceps brachii and pectoralis major muscles during chest compression.

**Key words:** Chest compression, Emergency medical technician, Work-related musculoskeletal disorders, Electromyography

---

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

산업의 급격한 발달로 인하여 반복 작업 등 다양한 작업에 종사하는 작업자의 수가 늘어나면서 작업과 관련된 작업 관련성 근골격계질환(Work-related musculoskeletal disorders, WMSDs) 등으로 불리는 새로운 질환들이 발생하고 있다. 이러한 작업 관련성 근골격계질환은 작업자에게 육체적·정신적 고통을 가중시키며, 생산성 감소 등의 경제적 손실 등을 야기시킨다[1].

소방공무원은 업무 특성상 육체적 힘을 많이 요구할 뿐만 아니라, 대기상태에서 출동신호에 따라 급격하게 육체적 동작의 변화를 가져오으로써 신체적으로 큰 스트레스를 주어 각종 사고 및 질병

을 일으키게 된다. 심폐소생술은 구급대원의 가장 기본적이고 중요한 업무 중의 하나로서 2008년 소방방재청의 발표에 의하면 연간 14,958건이 시행되었다[2]. 심폐소생술 중 가슴압박은 정확한 자세로 적절하게 시행하지 않으면 환자의 소생을 기대하기도 힘들뿐 아니라 술기를 시행하는 구급대원의 근골격계 손상을 유발할 수 있다. 특히 119 구급대원들은 각종 사고 현장에서 가장 빠른 시간 내에 대상자의 생명을 구하고 그에 알맞은 응급처치를 행함은 물론, 병원까지 후송해야 하는 주 업무와 응급처치교육, 전술훈련 등 다양한 업무를 수행하면서 근골격계 증상 유병률이 증가하고 있다[3]. Kim 등의 연구에서 구급대원의 허리부위 증상 호소 비율이 타 업무에 비해 2~3배 높다고 하였으며[4], 신체 부위로는 허리(16.1%), 어깨(11.1%) 순으로 보고하였다. Joo[3]의 연구에서도

구급대원의 49.4%가 근골격계 증상이 있었고, 신체부위 중 허리(33.2%)가 가장 많았고, 어깨(22%), 목(15.1%) 순으로 조사되었다.

2010년 미국심장협회의 심폐소생술 가이드라인에 의하면 구조자는 5cm 이상의 깊이와 분당 100회 이상의 빠른 속도로 일정하게 양질의 가슴압박을 시행하여야 심정지환자의 뇌에 일정한 관류량을 유지할 수 있다고 권고하고 있다. 심정지 상황에서 심폐소생술은 30분 정도 지속되기도 하는데 시간이 경과할수록 가슴압박을 시행하는 구조자의 피로도가 누적되면 가슴압박의 질에도 영향을 미쳐 심정지 환자의 소생을 기대하기 없을 뿐 아니라 부적절한 자세와 동작으로 인하여 가슴압박을 시행하는 구조자의 근골격계 손상을 초래할 수 있다. 일반적으로 1급 응급구조사의 경우 현장에서 기도확보와 인공호흡이 부적절한 환자에서 조기에 전문기도기를 삽입하게 되는데 이럴 경우 기존의 가슴압박과 인공호흡의 비율이 30:2의 심폐소생술이 아니라 지속적으로 가슴압박을 시행하게 되어 구조자의 피로감으로 인한 문제는 더 극대화될 수 있다.

가슴압박은 구부정한 자세에서 체간, 팔 및 손에 의한 반복적인 힘이 필요한 동작으로서[5], 순간적이고 지속적인 움직임을 필요로 하며 매우 반복적이고 기계적인 부하를 허리에서 견뎌야하는 스트레스가 상당한 동작이다[6,7]. 또한 심폐소생술을 시행하는 구급대원의 자세는 가슴압박시 작업부하에 큰 영향을 미친다[8]. 가슴압박시 힘을 전달하는 동안 구급대원의 반복적인 활동은 자세에 대한 에너지 요구를 증가하며 근육의 피로를 유발하고[9], 근육의 소진을 앞당기게 되어[10], 결국 구조자의 피로가 누적되면 정확도는 감소하게 된다[6]. Greingor의 연구에서도 심폐소생술 시작 후 1분 정도 경과한 이른 시간에 피로를 보였고 압박력도 유의하게 감소하는 것으로 조사되었으며[11], Parekh의 연구에서는 구급대원의 가슴

압박을 지속할수록 피로도와 함께 관절의 역학적 변화 및 체간 근육의 활성도의 변화를 보였고 이로 인하여 심폐소생술의 질에도 영향을 미치는 것으로 나타났다[12]. 가슴압박을 쉼 없이 3분 동안 했을 때 구급대원의 피로도 가슴 압박의 질에 영향을 미쳤다[13].

Tsou 등[14]의 연구에서도 심폐소생술 시작 후 5분이 경과하면 시간경과에 따른 근활성율에서 배곧은근에 대한 허리편근의 활성도가 올라가는 것으로 조사되었으며, 따라서 허리의 움직임은 증가되고 허리부하가 증대되며 압박력은 감소하게 된다.

적절한 자세에서 적절한 근육을 사용하여 가슴압박을 시행하는 것이 가슴압박의 질을 향상시키는 것은 물론 이를 시행하는 구급대원의 근골격계 손상의 예방에도 도움을 줄 것이다. 근전도는 인체 모든 동작의 움직임과 힘을 만들어내는 근육들의 기능을 평가하는 가장 객관적이고 쉬운 방법이다[15,16]. 그러므로 가슴압박을 시행하는 동안의 체간의 각도와 이에 사용되는 근육의 활성도를 평가하면 어떤 자세에서 어떤 근육이 가슴압박에 가장 효율적으로 이용될 수 있는지를 알 수 있어 향후 적절한 가슴압박의 시행요령 교육과 구급대원의 부적절한 자세로 인한 근골격계 손상을 예방하는데도 큰 도움이 될 것이다.

가슴압박을 시행하는 구조자의 피로도가 가슴압박의 질과 심정지환자의 생존율에 영향을 미친다는 사실은 널리 알려져 있으나 이에 영향을 미치는 구조자의 가슴압박 자세 및 이에 이용되는 근육의 활동에 대한 연구는 매우 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지속적으로 가슴압박을 시행하였을 때 구조자의 자세와 이와 관련된 근육의 활성도를 조사하여 가슴압박을 시행하는 구조자의 근골격계 손상 예방 및 적절한 가슴압박 자세 교육의 기초자료로 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 근골격계 질환이 없는 구급대원으로 S시에 근무하는 1급 응급구조사 18명이 참여하여 마네킹을 대상으로 가슴압박소생술을 실시하였다. 모든 대상자는 연구에 대한 충분한 설명을 듣고 이해를 구하여 자발적 동의를 얻은 후 실험에 참여하였다.

연구 대상자의 제외 기준은 근골격계 질환이 있는 자, 외상이나 수술을 받은 자, 기타 염증성 질환이 있는 자, 심혈관 질환, 신경학적 질환이 있는 자로 하였다.

대상자가 불편함을 느끼지 않도록 검사실의 실내온도와 주위환경을 가장 편안하게 만들고 대상자들은 실험에 들어가기 전 일반적인 특성과 신체 측정에 대한 검사로 Biospace사의 체성분 측정 도구 InBody 720 모델을 사용하여 측정에 대한 방법을 충분히 주지시키고 측정하였다.

실험 동안 대상자들은 근전도 패드를 부착한 상태로 미국심장협회 2010 지침을 준수하여 본인들이 시행하고 있는 방법으로 인공호흡 없이 가슴압박만 2분 동안 실시하였고 이 기간동안의 체간각도와 근육의 활성도를 분석하였다. Tsou 등[14]의 연구에서는 5분 동안 30회의 가슴압박과 2회의 인공호흡을 수행하는 심폐소생술을 실시하여 1분, 3분, 5분의 체간근육의 근활성도를 보았으나, Ashton 등[13]의 연구에서는 지속적인 가슴압박 3분간 실시하였을 경우 피로도가 상승한다는 결과를 보였고 1분마다 압박자를 교대해야한다고 하였으며, Nishyama 등[17]의 연구에서도 심폐소생술과 가슴압박 소생술의 질 분석을 위하여 각각 2분 동안 실시하였고, 일반적으로 심폐소생술 시 2분마다 교대하기를 권장하고 있으므로 2분간 가슴압박동안 주로 사용되는 근육의 활성도와 체간각도를 분석하였다.

### 2. 측정도구 및 방법

#### 1) 영상촬영 및 동작분석

본 연구에서 적외선 카메라(Motion master 100, Visol, USA) 6대를 사용하여 대상자들의 동작을 촬영하였다. 각각의 고속 카메라는 렌션을 통해 동조(Synchronization)되었고, 촬영과 동시에 3차원 위치 좌표를 얻을 수 있는 카메라의 속도는 100frame/s로 설정하여 촬영하였다. 영상분석과 지면반력기의 동조를 위해 Visol사의 VSAD-101인 전압 5V의 신호 발생기 2대를 각 기기와 Sync LED를 연결하고, 불빛이 모든 카메라에 잘 보일 수 있도록 설치하였다.

3차원 공간좌표 설정을 위해 연구대상자의 가슴압박을 할 수 있을 정도의 범위(가로 1m, 세로 1m, 높이 2m)의 통제점 틀(Control object)을 설치한 후 6대의 카메라를 작동시켜 통제점 틀을 10초간 촬영한 다음 제거하였다.

실공간의 좌표계의 설정(Reference frame)은 대상자가 운동하는 방향을 Y축, 지면에 대하여 수직방향을 Z축으로 하고 Z축에서 Y축으로의 벡터의 외적(Cross product)을 X축으로 하였다.

영상 분석을 위해 10mm 반사마커를 가슴압박 동작 시 필요한 분절점에 부착하였으며, Qualysis사 A/D보드의 외부 트리거(Trigger)를 통해 영상 분석 시스템, 지면반력 측정 시스템에 전기 신호를 입력할 수 있으며 이 전기 신호를 통해 각각의 시스템에서 획득한 자료를 동조시켰다.

촬영된 데이터들은 Visol사의 Kwon3D XP Software Package(Version 4.0)를 이용하여 부착된 반사마커에 대한 원자료를 수집, 처리하여 가슴압박 주기에 따라 어깨와 체간의 각도를 분석하였다.

본 연구에서는 가슴압박을 행하는 일련의 연속된 동작의 3차원 영상분석을 위해 3개의 시점(Event)과 2개의 국면(Phase)으로 설정하여 실험하였다[8]. 1시점은 손바닥을 애니의 가슴에 올려

놓은 순간이고, 2시점은 가슴을 최대로 압박하는 순간이며, 3시점은 가슴 부분에서 압박을 해제하는 순간이다. 1시점과 2시점 사이를 압박기(Compression phase), 2시점과 3시점 사이를 이완기(Decompression phase)로 하였다.

## 2) 근육의 활성화도

Telomyo DTS(Noraxon Inc., Arozona, USA)를 이용하여 체간 및 상지 근육의 근전도 신호를 측정하였다. 수집된 근전도 아날로그 신호를 Telomyo DTS로 보내서 디지털 신호로 전환한 다음

컴퓨터에서 MR-XP Master program (Noraxon Inc., Arizona, USA)을 이용하여 필터링과 기타 신호 처리를 하였다(Fig. 1).

근전도 신호의 표본 추출률은 1000Hz이었고, 40~250Hz의 대역 필터(Band pass filter)와 잡음을 제거하기 위해 60Hz 노치필터(Notch filter)를 사용하였다. 수집된 신호는 완파 정류(Full wave rectification)한 후 실효평균값(Root mean square, RMS) 처리하였다.

측정 대상 근육들의 근활성도를 표준화하기 위



Fig. 1. Electromyography.

Table 1. Attachment of electrodes

Muscles	Attachment location of electrodes
Triceps brachii (long head)	2 cm medial from midline of the arm, approximately 50% of the distance between the acromion and the olecranon
Erector spinae	6 cm later from L1 spinous process
Gluteus maximus	half of the distance between the sacral vertebrae and greater trochanter of femur
Biceps brachii	line medial acromion-fossa cubit, at 1/3 from fossa cubit
Pectoralis major (sternal portion)	horizontally on the chest wall over the muscle mass that arises (approximately 2 cm out from the axillary fold)
Rectus abdominis	3 cm later from the umbilicus
Rectus femoris	half of line between ASIS and superior part of patella

하여 최대 수의적 수축(Maximum voluntary contraction; MVC)을 기준으로 표준화하는 %MVC 방법을 사용하였다[18]. 전기적 신호치를 그대로 사용하면 사람마다 다른 피부저항치 등을 고려할 수 없기 때문이다[19]. 각 근육의 측정은 3회 반복 측정 후 평균값을 산출하여 최대 수의적 등척성 수축력을 결정하였고, 각 측정 사이에 휴식 시간을 충분히 줌으로써 근 피로를 방지하였다.

표면전극 부착부위에서 피부저항을 감소시키기 위해 털을 제거하고, 가는 사포로 3~4회 문질러 다음 알코올 솜으로 문질러 피부각질층을 제거한 후 두 전극 사이를 2cm로 유지하여 부착하였다 [20]. 해당 근육과 전극의 부착부위는 <Table 1>과 같다[14,18,21-23].

### 3) 가슴압박소생술

대상자들의 가슴압박 정확도 측정은 기본심폐소생술의 훈련 및 평가에 주로 사용되는 마네킹 애니(Resusci Anne, Laerdal, Norway)를 사용하였다.

2010년 미국심장협회의 지침에 따라 성인을 기준으로 하였을 때, 가슴압박의 위치는 가슴 중앙과 복장뼈의 중앙 아랫부분, 깊이는 5cm 이상, 횡수는 분당 최소 100회로 하였고, 충분한 가슴 이완을 하도록 하며, 총 가슴압박 시간은 2분 동안 실시하였다.

### 3. 자료처리 및 분석방법

본 연구에서 실험 후 획득된 데이터에 대해 SPSS 21.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며 얻어진 결과는 평균과 표준편차로 기술하였다.

각 측정 항목들이 정규분포에 근사한지 알아보기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하여 자료의 정규성 여부를 검정하였다. 이 방법에 따라 각 측정항목의 정규성 여부가 검정되어 모수통계를 실시하였다. 실험데이터를 이용하여 가슴압박의 국면에 따른 평균의 차이를 비교하기 위하여

대응표본 t 검정(Paired t-test)을 실시하였고, 통계학적 유의수준  $\alpha$ 는 .05로 하였다.

## III. 연구결과

### 1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 남자 구급대원 18명으로 평균 연령은  $29.00 \pm 4.26$ 세이고 평균 체중은  $71.25 \pm 9.21$ kg, 평균 신장은  $174.02 \pm 3.46$ cm, 평균 체질량 지수는  $24.05 \pm 2.75$ kg/m<sup>2</sup>이었다 <Table 2>.

Table 2. General characteristics of subjects (N=18)

Variables	Mean $\pm$ SD
Age (years)	29.00 $\pm$ 4.26
Weight (kg)	71.25 $\pm$ 9.21
Height (cm)	174.02 $\pm$ 3.46
BMI* (kg/m <sup>2</sup> )	24.05 $\pm$ 2.75

\*BMI: Body mass index

### 2. 근육의 활성화도 비교

가슴압박소생술을 하면서 대부분의 근육들은 10%MVC 미만을 보였다<Table 3>, <Fig. 2>. 그러나 위팔세갈래근과 허리뿔근( $p < .01$ ), 위팔두갈래근, 배곧은근과 넓다리곧은직근은 압박기와 이완기에 수축한 %MVC값이 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p < .05$ ).

### 3. 가슴압박소생술시 각 시점에서의 어깨와 체간의 각도

가슴압박소생술을 하는 동안 동작이 이루어지는 방향에서 오른쪽 어깨관절과 왼쪽 어깨관절의 각 시점별 각도는 <Table 4>와 같고, 양쪽 어깨관

Table 3. %MVC\* of each muscle (unit: %MVC\*)

Muscles	Compression phase	Decompression phase	t	p
	Mean ± SD			
Triceps brachii	5.75 ± 3.01	4.18 ± 1.95	2.893	.010
Erector spinae	2.27 ± 1.29	3.38 ± 2.32	-3.279	.004
Gluteus maximus	2.92 ± 2.20	3.11 ± 2.67	-0.680	.505
Biceps brachii	4.70 ± 2.66	3.41 ± 1.52	2.871	.010
Pectoralis major	5.81 ± 3.09	5.65 ± 3.62	0.648	.526
Rectus abdominis	5.20 ± 4.94	3.40 ± 2.70	2.554	.021
Rectus femoris	19.86 ± 12.90	14.67 ± 9.42	2.867	.011

\*MVC: Maximum voluntary contraction

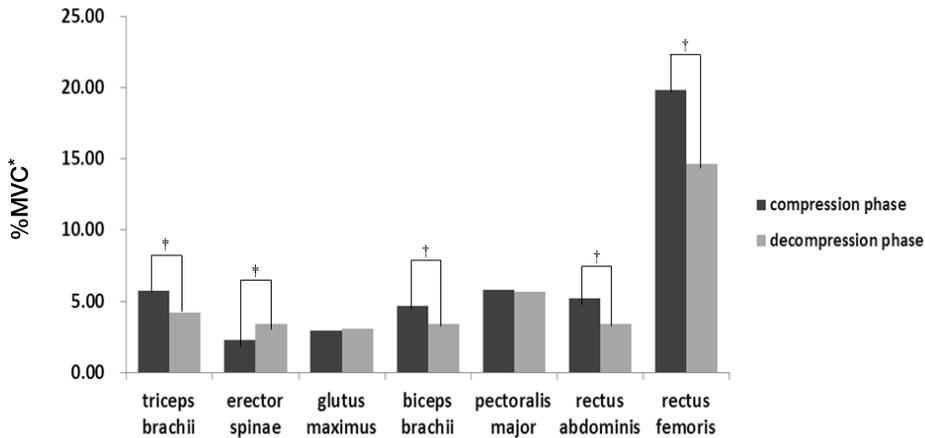


Fig. 2. %MVC\* of each muscle at compression phase.

\*MVC: Maximum voluntary contraction

† p < .05, ‡ p < .01

Table 4. Angle of joint in each event (unit: °)

Event		Shoulder	t	p	Trunk
E1*	R <sup>§</sup>	56.43 ± 9.03	0.320	.753	35.45 ± 13.05
	L <sup>  </sup>	56.07 ± 10.43			
E2 <sup>†</sup>	R	61.47 ± 10.42	-0.469	.645	25.38 ± 12.35
	L	62.01 ± 11.93			
E3 <sup>‡</sup>	R	57.22 ± 9.68	-0.107	.916	35.09 ± 13.20
	L	57.34 ± 11.51			

\*E1: Event 1, †E2: Event 2, ‡E3: Event 3, §R: Right, ||L: Left

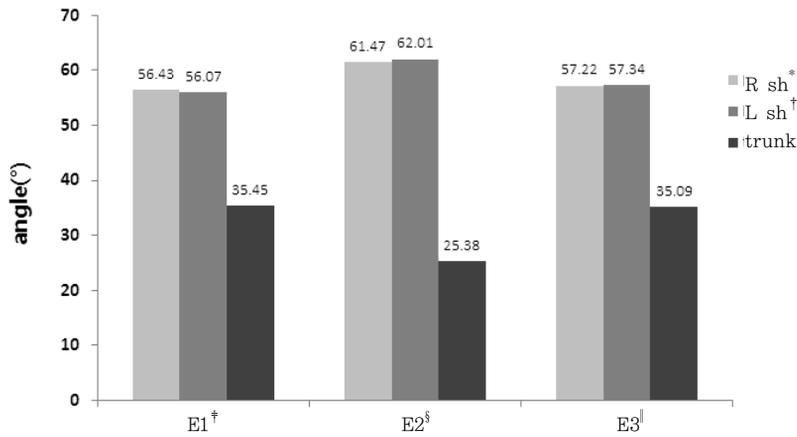


Fig. 3. Angle of joint in each event.

\*R sh: Right shoulder joint, †L sh: Left shoulder joint, †E1: Event 1, §E2: Event 2, ||E3: Event 3

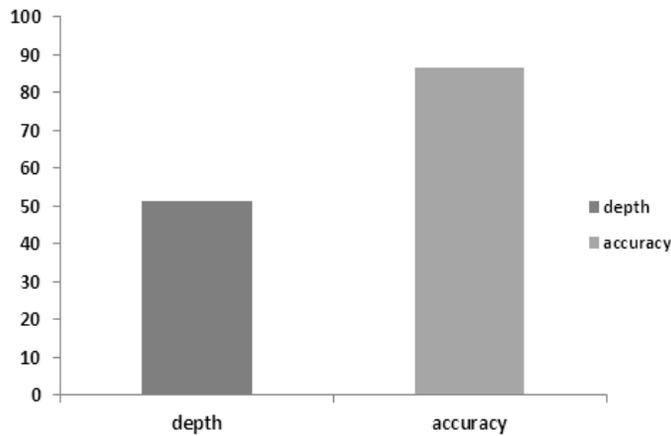


Fig. 4. Depth and accuracy of hands-only CPR.

절의 각도가 세 시점 모두에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

체간의 각도는 손바닥을 마네킹의 가슴 부분에 올려놓은 순간인 시점 1에서  $35.45 \pm 13.05^\circ$ , 마네킹의 가슴 부분을 최대 압박하는 순간인 시점 2에서  $25.38 \pm 12.35^\circ$ , 마네킹의 가슴 부분에서 압박을 해제(이완)하는 순간 시점 3에서  $35.09 \pm 13.20^\circ$ 로 나타났다.

#### 4. 가슴압박소생술의 깊이와 정확도

2분간 실시한 가슴압박소생술의 평균깊이는  $51.23 \pm 3.21\text{mm}$ 이고, 가슴압박정확도는  $86.41 \pm 22.05\%$ 로 나타났다(Fig. 4).

### IV. 고 찰

Bejia 등[24]의 연구에서 작업관련성 근골격계

질환의 하나인 요통은 간호사나 구급차 내에서 근무하는 사람들에게서 많이 나타난다고 하였으며, 심폐소생술을 한 이후에 구급대원들이 요통으로 고통 받고 있다고 하였다. 가슴압박을 하는 동안에 허리에 미치는 기계적인 부하가 요통을 일으키는 중요한 요인이 된다고 하였다[25]. 가슴압박시 힘을 전달하는 동안 구급대원의 반복적인 활동은 자세에 대한 에너지 요구가 증가하며, 근육의 피로를 유발하고[9], 근육의 소진(Exhaustion)을 앞당기게 되어[10] 결국, 구조자의 피로가 누적되면 정확도는 감소하게 된다[6].

스트레스가 강한 동작을 반복적으로 시행하게 되는 구급대원들은 근골격계 질환의 호소율이 많으나 이를 과학적으로 분석한 연구가 부족하고, 이에 대한 예방법에 대한 연구도 미흡하여 본 연구에서는 구급대원 18명을 대상으로 가슴압박소생술을 실시하였을 경우 근활성도, 어깨와 체간의 각도, 가슴압박 깊이와 정확도를 분석하고자 하였다.

가슴압박 소생술시 각 시점에서 어깨와 체간의 각도를 살펴보면 마네킹의 가슴부분에 손바닥을 올려놓은 순간인 시점 1과 압박을 해제하는 순간인 시점 3에서 각각  $35.45 \pm 13.05^\circ$ ,  $35.09 \pm 13.20^\circ$  으로 나타났고, 마네킹의 가슴을 최대한 압박하는 순간인 시점 2에서는  $25.38 \pm 12.35^\circ$  의 각도로 마네킹 쪽으로 체간이 더 숙여지는 것을 알 수 있었다. 이는 몸의 앞쪽에서는 더 체간을 당기기 위해 근육의 활성이 나타날 것이고, 몸의 안정을 잡아주기 위해서 등쪽의 근육들도 활성화 될 것으로 생각된다. 양쪽 어깨의 경우 오른쪽과 왼쪽 어깨관절의 각 시점별 각도가 통계학적으로 유의하지 않게 나타나 큰 차이를 보이지 않았다.

2분간 사용된 근육의 근활성도를 분석한 결과 위팔세갈래근, 위팔두갈래근, 배곧은근과 넓다리곧은근은 이완기보다 압박기에 근활성도가 높게 나타나 압박 시 주로 이용되었고, 큰가슴근도 유의한 차이를 보이지 않았지만 압박기에서 근활성

도가 유의하게 높아 체간을 앞으로 숙이게 하고 힘을 전달하는데 사용이 되고 있음을 알 수 있었다. 대부분의 근육이 10% 미만의 근활성도를 보였으나 넓다리곧은근은 압박기에서 19%가 넘는 근활성도를 나타내 허리를 굽히는 동작에 많은 수축을 하는 것으로 보인다. 허리뿔근은 이완기에서 근활성도가 높아 체간을 들어 올리는 데 이용되고 있는 것으로 나타났고, 유의한 차이는 나타나지 않았지만 큰볼기근도 이완기에 더 높은 근활성도를 보였다. Tsou 등[14]의 연구에서 5분 동안의 30:2 심폐소생술을 하는 동안의 가슴압박 구간에 대한 5개의 근육의 근전도 연구 결과 가슴압박 국면(Push-down phase)에서 큰가슴근, 배곧은근, 넓은등근이 가장 높은 근활성도를 나타내었고, 이완기(Release phase)에서는 허리뿔근과 큰볼기근의 근활성도가 높게 나와 본 연구 결과와 유사하였다. 배곧은근은 체간의 굽힘근으로 작용하였고, 허리뿔근과 상호수축하여 허리와 골반을 안정화킨다고 하였고, 큰가슴근, 배곧은근 등이 협력하여 가슴우리와 견갑대(Shoulder girdle)를 안정시켜 상지가 압박하는 힘을 전달하는 것으로 보인다. Hong[26]의 연구에서도 큰가슴근, 배곧은근, 넓다리곧은근은 압박기, 즉 체간이 굽힘되는 구간에서 근활성도가 증가하는 결과를 보였고, 허리뿔근, 못갈래근 등의 허리 부분의 근육들이 이완기에서 근활성도가 증가하였으며, 큰볼기근이 체간을 펴는 근육들과 함께 작용하여 요골반 안정화에 영향을 미치는 것이라고 하였다. Tsou 등[25]의 연구에서 구급대원들에게 자주 발생하는 근골격계 질환은 요통이라고 하였고, Jones과 Lee[27]의 연구에서도 구급차 내에서 일하는 구급대원의 96%가 심폐소생술시 또는 시행 후 허리 불편감을 느꼈고 이 중 62%가 허리손상과 심폐소생술의 동작이 연관되어 있을 것이라고 하여 본 연구의 결과가 이를 뒷받침한다고 볼 수 있다.

그러나 Foo 등[28]의 연구에서 시간의 흐름에

따라 구급대원이 압박하려 할 때 팔의 힘을 더 사용하려 한다고 하였다. Parekh[12]의 연구에서 심폐소생술을 시작한 시점과 끝난 시점에서 큰가슴근 등의 근활성도가 유의하게 감소하였고, Hong[26]의 연구에서도 큰가슴근, 배곧은근, 넓다리곧은근 등의 큰 근육에서 근활성도가 감소하였고, 위팔세갈래근의 경우는 시간이 지날수록 근활성도가 증가하였다. 이에 따라 시간이 지날수록 압박하는 방향으로의 체간 굽힘이 약해진다는 것을 알 수 있고, 이를 보상하기 위해 구급대원은 팔의 힘을 더 주어 압박력을 유지하기 위한 동작을 보이는 것으로 사료된다. Parekh[12]의 연구에서도 시간이 지나면서 관절의 꺾을 나타내는 양의 토크(Positive torque)가 손목과 팔꿈치에서 유의하게 감소하는 것으로 나타나 시간이 지날수록 가슴 압박 초기 때보다 팔꿈치관절의 꺾이 감소되고 굽힘이 일어난다고 사료되며 가슴압박이 장시간동안 지속된다면 팔과 어깨부위까지 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 압박기에 위팔두갈래근의 경우 근활성도가 이완기때보다 증가한 것으로 볼 때 어깨나 팔꿈치 굽힘에 관여하고 있음을 알 수 있었고, 팔을 수직으로 펴야하는 시점에서 이러한 동작은 시간이 지나면 더 피로하게 되고 자세의 변화를 주고 구급대원의 어깨나 허리 등에 부담이 가중되어 효율적인 압박을 주지 못할 것으로 사료된다. 그러나 본 연구는 시간차에 대한 연구를 하지 않아 차후 이러한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구 대상자의 수가 18명이어서 일반화하기에는 한계가 있으며, 둘째, 실제 상황이 아닌 실험실이었다는 점과 가슴압박소생술 대상자가 환자가 아닌 마네킹이었다는 것을 들 수 있다. 따라서 향후에는 더 많은 구급대원을 대상으로 한 연구가 실시되어야 할 것이며, 구급대원의 다양한 직무를 분석한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론 및 제언

본 연구의 결과들을 종합해보면 2분간의 가슴 압박동안 위팔세갈래근, 위팔두갈래근, 허리뿔근, 배곧은근, 넓다리곧은근의 근활성도가 유의하게 증가하여 심폐소생술 시 주로 어깨와 허리의 근육이 사용된다는 것을 알 수 있었다. 따라서 평상시 구급대원들의 어깨 및 허리 근육에 대한 강화 및 지구력 훈련이나 운동 등을 권장하면 장시간의 구급활동 시 체간 및 어깨의 안정을 주어 어깨 및 팔의 힘 조절을 효과적으로 하여 근피로를 줄여줄 수 있고 이로 인해 근골격계의 손상도 감소시켜 환자들에게 효율적인 술기를 제공할 수 있을 것으로 보인다.

## References

1. Chaffin DF, Andrssson GB Jr, Martin BJ. Occupational biomechanics. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons Inc, 1999. 9.
2. National Emergency Management Agency. Statistical yearbook. Available at: [http://www.nema.go.kr/nema cms\\_iba/show\\_nema/board/board9s/list.jsp?tab\\_no=2&c\\_relation=39&check\\_the\\_num=142&check\\_the\\_code=5&check\\_up\\_num=165](http://www.nema.go.kr/nema cms_iba/show_nema/board/board9s/list.jsp?tab_no=2&c_relation=39&check_the_num=142&check_the_code=5&check_up_num=165), 2008.
3. Joo JM. A study on job stress and musculoskeletal symptoms of 119 rescuers. Unpublished master's thesis, Aju University 2011, Suwon, Korea.
4. Kim DS, Moon MK, Kim KS. A survey of musculoskeletal symptoms & risk factors for the 119 emergency medical services (EMS) activities. J Ergon Soc Korea 2010;

- 29(2):211-6.
5. Jones AY, Lee RY. Rescuer's position and energy consumption, spinal kinetics and effectiveness of simulated cardiac compression, *Am J Crit Care* 2008;17(5):417-25.
  6. Ochoa FJ, Ramalle-Gómara E, Lisa V, Saralegui I. The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions, *Resuscitation* 1998;37(3):149-52.
  7. McCarthy P. Take the pain out of CPR training. *RN* 1995;58(6):17-20.
  8. Chi CH, Tsou JY, Su FC. Effects of rescuer position on the kinematics of cardiopulmonary resuscitation(CPR) and the force of delivered compressions. *Resuscitation* 2008;76(1):69-75.
  9. Dolan P, Adams MA. Repetitive lifting task fatigue the back muscle and increase the bending moment acting on the lumbar spine. *J Biomech* 1998;31(8):713-21.
  10. Solomonow M, Zhou BH, Baratta RV, Lu Y, Harris M. Biomechanics of increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: Part 1. Loss of reflexive muscular stabilization. *Spine* 1999;24(23):2426-34.
  11. Greingor JL. Quality of cardiac massage with ratio compression-ventilation 5/1 and 15/2. *Resuscitation* 2002;55(3):263-7.
  12. Parekh JN. Effect of age and cardiopulmonary resuscitation(CPR) techniques on characteristics of muscle fatigue in females trained in CPR administration. Unpublished master's thesis, University of Texas 2007, Austin, USA.
  13. Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt CL, Keenan AM. Effect of rescuer fatigue on performance of continuous external chest compression over 3 min. *Resuscitation* 2002; 55(2):151-5.
  14. Tsou JY, Su FC, Tsao PC, Hong MY, Cheng SC, Chang HW, et al. Electromyography activity of selected trunk muscles during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med* 2014;32(3):216-20.
  15. De Luca CJ. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve* 1993;16(2):210-6.
  16. Oddsson LI, De Luca CJ. Activation imbalances in lumbar spine muscles in the presence of chronic low back pain. *J Appl Physiol* 2003;94(4):1410-20.
  17. Nishiyama C, Iwami T, Kawamura T, Ando M, Yonemoto N, Hiraide A, et al. Quality of chest compression during continuous CPR; compression between chest compression-only CPR and conventional CPR. *Resuscitation* 2010;81(9):1152-5.
  18. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Holtz Introduction to surface electromyography*. 1st ed. Maryland, Aspen: Jones & Bartlett Publishers, 1998. 231.
  19. Raez MB, Hussain MS, Mohd-Yasin. Techniques of EMG signal analysis: Detection, preprocessing, classification and application. *Bio Proced Online* 2006;8(1):11-35.
  20. Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007;37(12):754-62.
  21. Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, Sacco IC. Muscle activation during four pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;

- 91(1):86–92.
22. McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization: Motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Arc Phys Med Rehabil* 2009;90(1):118–26.
23. Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, Kankaanpää M. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(8):1089–98.
24. Bejia I, Younes M, Jamila HB, Khalfallah T, Ben Salem K, Touzi M, et al. Prevalence and factors associated to low back pain among hospital staff. *Joint Bone Spine* 2005;72(3):254–9.
25. Tsou JY, Chi CH, Hsu RM, Wu HF, Su FC. Mechanical loading of the low back during cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2009;80(10):1181–6.
26. Hong EJ. Biomechanical analysis of trunk of EMT's during abdominal drawing-in CPR. Unpublished Doctor dissertation, Daegu university 2014, Daegu, Korea.
27. Jones AY, Lee RY. Cardiopulmonary resuscitation and back injury in ambulance officers. *Int Arch Occup Environ Health* 2005;78(4):332–6.
28. Foo NP, Chang JH, Lin HJ, Guo HR. Rescuer fatigue and cardiopulmonary resuscitation positions: A randomized controlled crossover trial. *Resuscitation* 2010; 81(5):579–84.