

# 가슴압박소생술이 구조자의 허리근육의 근긴장도, 경직, 피로에 미치는 영향

왕중산<sup>1</sup> · 신상열<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>호원대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>호원대학교 응급구조학과

## Influences of hands-only cardiopulmonary resuscitation on lumbar muscle tone, stiffness, and fatigue in emergency medical technicians

Joong-San Wang<sup>1</sup> · Sang-Yol Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Howon University

<sup>2</sup>Department of Emergency Medical Service, Howon University

### =Abstract =

**Purpose:** This study sought to determine how the act of performing cardiopulmonary resuscitation (CPR) affects the rescuer's muscle tone, stiffness, and fatigue in the lumbar region.

**Methods:** The research subjects were 30 healthy men in their twenties in possession of a Basic Life Support (BLS) provider certificate. In this study, the CPR rescuer's muscle tone and stiffness in the upper and lower lumbar regions were measured in the resting position, starting position, and position after 10 min. Their level of fatigue was measured before and after performing CPR.

**Results:** Muscle tone and stiffness in the upper and lower lumbar regions of the research subjects significantly increased throughout the CPR process and lasted up to 10 min after the process ( $p < .001$ ). The subjects' fatigue also significantly increased post-CPR ( $p < .001$ ).

**Conclusion:** This study suggests that performing CPR creates muscular and physiological stress, fatigue, and ultimately, lower back pain.

**Keywords:** Cardiopulmonary resuscitation, Fatigue, Muscle tone, Stiffness

Received October 6, 2020    Revised December 14, 2020    Accepted December 18, 2020

\*Correspondence to Sang-Yol Shin

Department of Emergency Medical Service, Howon University, 64 Howondae 3gil, Impi myeon, Gunsan, Jeonbuk, 54058, Korea

Tel: +82-63-450-7493    Fax: +82-63-450-7499    E-mail: since2000@howon.ac.kr

†본 논문은 2020년도 호원대학교 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

응급구조사는 직무와 관련된 신체적 부담이 높은 직업군으로 직무와 관련되어 47.2%가 허리와 엉덩이 부위에 가장 많은 근골격계증상(musculoskeletal symptom)과 통증을 호소하고 있다[1]. 응급현장에서 응급구조사의 몸통움직임은 장시간 구부린자세와 비틀린자세를 취하게 되고[2], 이와 같은 신체정렬은 허리부위에 역학적 부담을 가중시키는 위험요인이 된다. 최근 국내·외 보건 의료 직업군에서 근육뼈대계 증상 및 질환의 경우 보편적으로 요통의 빈도가 높은 것으로 제시되고 있다[3-5]. 응급구조사 역시 허리부위의 높은 근골격계 증상 빈도와 통증[1]은 보건의료 직업군에서 나타나는 공통된 현상으로 해석할 수 있지만, 긴급한 응급상황을 대처하며 역학적으로 조절되지 못한 자세 및 동작 등으로 허리통증의 위험이 증가될 수 있음을 고려해야 한다.

심폐소생술(cardiopulmonary resuscitation, CPR)은 환자의 생명과 직결된 응급처치로 구조자의 즉각적이고 숙련된 CPR 수행이 요구된다. 따라서 효과적인 CPR을 위한 구조자의 자세, 손 기술, 키에 대한 인체공학적 연구[6,7]와 구조자의 CPR의 질적 수준, 숙련도를 향상시킬 수 있는 연구를 중심으로 보고되고 있다[8,9]. 하지만 선행 연구들은 CPR 수행이 허리 부위에 미치는 신체적 부담을 정량적으로 분석하여 응급구조사의 근골격계 증상 및 허리통증 예방을 위한 CPR 수행자 중심의 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

특정근육에 반복적인 근수축으로 유발된 근육통(muscle soreness)은 즉각적으로 근긴장도(muscle tone)와 경직(stiffness)을 증가시키는 위험요인으로 작용한다[10]. 근긴장도와 경직은 근이완(muscle relaxation)과 근수축(muscle

contraction) 및 중추신경계의 날신경(efferent nerve) 조절에 따라서 달라진다. 몸통근육은 신체의 중심부위로 중력에 대항하여 자세유지[11] 및 기능적 신체움직임을 위한 선행적 조절전략[12]을 담당한다. CPR을 실시하며 가슴압박기와 가슴이완기 동안 척추세움근(erector spinae)은 몸통안정화근육 중 뭇갈래근(multifidus muscle) 다음으로 근활성(muscle activity)이 높은 근육이다[13].

이처럼 응급구조사의 과로로 인한 피로는 허리 통증과 연관성이 있는 위험요인이다[14]. CPR 수행과 구조자의 피로도와 관련된 연구들은 CPR 수행 후 신체적 피로도가 증가하고[15], 손 기술에 따라서 standard CPR 보다 compression only CPR이 피로도가 높은 것으로 보고되고 있다[8]. 응급구조사의 직무요소인 CPR의 경우 제한된 신체동작을 반복적으로 수행하게 되어 허리부위의 근긴장도 및 경직과 피로도가 증가할 것으로 생각한다. 하지만 CPR이 허리근육에 미치는 근긴장도와 경직의 정량적 변화를 검토한 실험연구는 현재 보고되지 않았다. 응급환자의 생명을 위한 CPR의 정확성과 더불어 CPR 제공자의 근골격계 관리 또한 매우 중요한 요소이다.

따라서 본 연구는 CPR 대상자 중심의 선행연구들과의 차별화를 위하여 CPR 제공자의 허리근육에 대한 근긴장도와 경직의 정량적 변화 및 피로도 변화를 연구하였다.

### 2. 연구의 목적

이 연구는 이완 자세, CPR 초기자세, CPR 수행 10분 후에 각 측정 시기별 허리근육의 근긴장도, 경직, 피로도의 변화를 정량적으로 분석하여 응급구조사의 허리통증 관리와 CPR 수행에 따른 허리근육의 근생리학적 변화에 대한 기초자료를 새롭게 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

이 연구는 전라북도 소재 H대학 응급구조학과 학생 중 심폐소생술 전공교육 학점을 취득한 남학생 30명을 연구대상자로 모집하였다. 연구대상자는 현재 근골격계 및 신경계질환이 없는 자, BLS-Provider 자격증 소지자로 선정하였다. 근력운동으로 유발된 근피로는 근긴장도와 경직을 증가시키므로[10], 연구대상자의 선정 시 최근 3일 이내 운동 활동을 실시하지 않을 것에 동의를 구하였다. 만약 최근 6개월 이내 허리통증 등 근골격계 질환이 있거나 허리에 외과적 수술 경험이 있는 자는 연구 참여를 제한하였다. 모든 연구대상자는 연구자에게 연구 목적과 방법을 충분히 설명 듣고 자발적으로 연구 참여에 동의한 자들이다. 이 연구는 H대학 생명윤리위원회(IRB No: HWU-202006-001-01)를 통해 진행되었다.

### 2. 자료수집 및 연구도구

#### 1) 가슴압박소생술(compression only CPR)

가슴압박소생술의 장비는 심폐소생술 인체모형 마네킨(Resusci Anne Q CPR, Laerdal, Norway)과 평가 프로그램(SimPad, Laerdal, Norway)을 사용하였다. 두 장비는 소프트웨어 프로그램으로 연결되어 연구대상자가 가슴압박소생술 적용 시 압박 깊이, 압박 속도, 가슴압박 정확도, 가슴이완 정확도가 산출되는 장비이다. 우리의 연구에서 compression only CPR을 위한 연구대상자의 hand technique는 현재 미국심장협회(American Heart Association; AHA) 가이드라인에서 권장하고 있는 가슴압박소생술(Hands-only CPR technique: Standard Technique)을 사용하였다[16]. 2019년 소방청 119 구급활동 통계자료에 의하면 응급현장에서 병원까지 이송 소요시간은 10분 이

내가 56%이다[17]. 따라서 이 연구의 가슴압박 시간은 구급대원의 최대 CPR 시간을 고려하여 10분으로 설정하였다. 가슴압박소생술 적용과 관련된 모든 측정은 1급 응급구조사 자격증과 BLS-Provider 강사 자격증을 소지한 1인이 진행하였다.

#### 2) 근긴장도와 경직(Muscle tone and stiffness)

가슴압박소생술 시행에 따른 연구대상자의 허리 근긴장도와 경직 측정은 Myoton<sup>®</sup>PRO(MyotonAS, Estonia)을 사용하였다. 이 측정장비는 근긴장도와 경직에 대한 신뢰도가 검증된 우수한 장비이고[18] 윗허리부위(허리뼈 1번의 가시돌기 수준의 척추세움근)와 아래허리부위(허리뼈 3번의 가시돌기 수준의 척추세움근)의 우세쪽(dominant side) 근육을 측정하였다. 모든 측정은 총 3단계로 나누어 실시하였다. 1단계(이완 자세)는 연구대상자의 안정시 근긴장도와 경직을 측정하기 위해 엎드린 자세(prone position)에서 각 측정근육의 근육배(muscle belly)가 가장 높은 지점에 표식점(skin marker)을 표식 후 측정하였다. 2단계(CPR 시작 자세)는 연구대상자가 심폐소생술 인체모형 마네킨에 Standard Technique로 자세를 취한 상태에서 각 측정근육의 근육배(muscle belly)가 가장 높은 지점에 표식점(skin marker)을 표식 후 측정하였다. 3단계(CPR 10분 후 종료자세)는 10분간 심폐소생술 종료후 2단계와 동일한 자세에서 2단계에서 설정한 표식점을 재측정하였다. 각 단계별 측정 시 측정장비는 측정 근육면에 수직되도록 위치시킨 상태에서 2회씩 측정하였으며, 평균값을 결과에 활용하였다. 각각의 근육별 정확한 측진과 표식을 위해 물리치료사 면허를 소지하고, 정형도수물리치료 자격증을 소지한 1인이 진행하였다.

#### 3) 피로도

연구대상자의 피로도 측정은 Yoon과 Baek[19]이 사용한 주관적 피로도 측정도구를 사용하였다.

이 측정도구는 총 7개 문항(머리가 무겁다, 몸이 나른하다, 눈이 피로하다, 힘이 없다, 동작이 잘 안 된다, 눕고 싶다, 하품이 난다)을 5점 척도(“매우 그렇다” 5점부터 “그렇지 않다” 1점까지)로 총점은 5점부터 35점까지 측정되며, 측정점수가 높을수록 주관적 피로도가 높은 것을 의미한다[19].

### 3. 분석방법

본 연구의 통계 분석은 통계처리 프로그램 (SPSS 23.0/PC, USA)을 사용하여 유의수준  $\alpha = .05$ 로 설정하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 Kolmogorov-Smirnov 검정을 사용하여 정규분포를 검정하였다. 측정단계별 근긴장도와 경직의 변화는 Friedman 검정을 실시하였고, 주관적 피로도의 변화는 Wilcoxon signed rank test를 실시하여 분석하였다.

박 속도  $107.87 \pm 4.54$ rate/min, 가슴압박 정확도  $92.97 \pm 6.09\%$ , 가슴이완 정확도  $82.20 \pm 14.88\%$ 로 나타났다(Table 1).

### 2. 허리근육의 근긴장도와 경직의 변화

연구대상자의 위허리와 아래허리부위 근육에 근긴장도와 경직은 측정시기(이완자세, CPR 시작 자세, CPR 10분 후 종료자세)에 따라서 유의하게 증가하는 경향을 보였다( $p < .001$ ) (Table 2).

### 3. 피로도의 변화

연구대상자는 10분간 CPR을 수행 후 피로도 문항 중 ‘힘이 없다’, ‘동작이 잘 안 된다’, ‘눕고 싶다’가 유의하게 증가되었다( $p < .001$ ). 총 피로도 역시 유의하게 증가되어( $p < .001$ ) CPR 수행이 전 반적으로 신체적 피로를 증가시켰다(Table 3).

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성으로 연령  $23.67 \pm 1.37$ 세, 키  $173.47 \pm 5.63$ cm, 몸무게  $75.43 \pm 14.57$ kg 이었다. CPR 관련 압박 깊이  $55.20 \pm 2.40$ mm, 압

## Ⅳ. 고 찰

이 연구는 CPR 수행이 구조자의 허리근육 근긴장도와 경직 및 주관적 피로도에 미치는 영향을 검증하여 응급구조사의 CPR 관련 근골격계 부담 요인 및 신체관리를 위한 기초자료 제시를 목적으

Table 1. General characteristic of the subjects

(N=30)

Variable	Mean $\pm$ SD	
Age(Yr)	23.67 $\pm$ 1.37	
Height(cm)	173.47 $\pm$ 5.63	
Weight(kg)	75.43 $\pm$ 14.57	
	Depth(mm)	55.20 $\pm$ 2.40
	Speed(rate/min)	107.87 $\pm$ 4.54
* CPR	Chest compression accuracy(%)	92.97 $\pm$ 6.09
	Chest relaxation accuracy(%)	82.20 $\pm$ 14.88

\* CPR: Cardiopulmonary resuscitation

Table 2. Change in muscle tone and stiffness on lumbar region (N=30)

Variable	Resting position	Cardiopulmonary resuscitation		$\chi^2$	<i>p</i>	
		Start position	After 10min			
Upper lumbar region	Muscle tone(Hz)	16,11±1,43	18,76±3,07	19,28±3,20	27,800	.000**
	Stiffness(N/m)	308,55±52,93	439,92±125,86	485,57±152,91	34,400	.000**
Lower lumbar region	Muscle tone(Hz)	14,55±1,40	17,66±3,31	18,05±3,60	41,059	.000**
	Stiffness(N/m)	259,50±55,98	416,73±168,20	488,28±203,64	34,400	.000**

Mean±SD, \**p*<.05, \*\**p*<.001

Table 3. Change in fatigue (N=30)

Variable	Before CPR	After CPR	Z	<i>p</i>
Head feels heavy	1,60±0,86	1,77±0,97	-1,058	.290
Feel drowsy	1,87±1,04	2,23±1,14	-1,667	.096
Eyes are strained	1,93±1,26	2,00±1,14	-.431	.666
Have no energy	1,60±0,93	2,90±1,40	-3,655	.000**
Cannot move well	1,40±0,89	2,87±1,28	-3,863	.000**
Want to lie down	1,87±1,20	3,10±1,49	-3,624	.000**
Feel like yawning	1,70±1,12	1,57±0,86	-.691	.490
Total fatigue	11,97±5,71	16,43±6,11	-3,913	.000**

Mean±SD, \**p*<.05, \*\**p*<.001

로 실시되었다.

CPR은 구조자의 반복적인 신체움직임이 요구되고, 특히 근생리학적으로 몸통굽힘과 펴근육의 교대수축이 일어난다. 이때 가슴압박기 보다 가슴이완기에서 몸통 펴에 관여하는 척추세움근의 근활성도가 높아져[13] 몸통근육의 비대칭적 신체부담이 증가될 수 있을 것이다. 이 연구에서 구조자가 엎드려 누운 안정상태에서 실시한 초기측정, CPR 시작자세, 10분간 CPR 후 종료자세로 진행할수록 윗허리와 아래 허리부위 근육의 근긴장도와 경직이 유의하게 증가를 확인할 수 있었다(*p*<.001). CPR 시작자세는 시상면을 기준으로 시술자가 중력에 대하여 몸통을 세우고 양팔이 구

조대상자의 가슴에 수직되도록 몸통이 앞으로 구부러진 자세를 취한다. 이때 몸통근육은 사지근육(extremity muscle)의 움직임을 위한 안정성 근육으로 선행적 근작용이 일어난다[12]. 선행적인 몸통근육의 내적고정은 사지근육들은 역학적 부하증가에 대항하고, 원활한 신체동작 수행 및 손상예방의 중요한 역할을 수행할 수 있도록 한다. 또한, 허리부위 근육들은 10분간 CPR 수행을 위해 근수축과 이완을 반복하며 율동적 몸통움직임의 내적고정 역할과 가슴압박 이완 시 허리 펴 역할을 동시에 담당하여 근긴장도와 경직의 부담이 증가된 것으로 해석할 수 있다.

짧은 시간 반복적으로 수행된 근활동은 근긴장

도와 근경직은 급격하게 상승시켜 근피로 발생에 따른 근수축력 감소 경향을 보인다[10]. 이 연구에서 가슴압박 정확도와 비교하여 가슴이완 정확도가 상대적으로 낮았고, 연구대상자의 가슴이완 정확도가 정규분포하지 않는 점은 10분의 CPR 수행이 과도한 허리부위 근육에 근긴장도와 경직을 증가시켰기 때문일 것이다.

근전도 검사(electromyography)를 활용하여 CPR 실시 기간별 몸통근육의 근활성도 변화를 연구한 선행연구[13]의 경우 10초부터 3분대까지 압박기와 이완기 동안 몸통근육의 근활성도에 유의한 차이는 없었지만, 평균값에서 초기 10초보다 3분 후 뭇갈래근(multifidus muscle), 배곧은근(rectus abdominis), 배바깥빗근(external oblique abdominis muscle), 배안쪽빗근(internal oblique-transverse abdominis muscle)의 근활성도가 낮아지는 현상을 제시하였다. CPR 관련 허리근육의 근활성도, 근긴장도, 경직의 변화를 함께 해석해 본다면 지속적 근수축에 따른 전기적 신호의 감소와 누적된 근피로로 근활성도와 근수축력 감소 현상이 나타날 수 있지만, 근긴장도는 골격근육(skeletal muscle)들의 내적저항으로 신체움직임의 최대수의저항(maximum voluntary resistance)인 근력과 달리 관점으로 해석해야 한다[20]. 따라서 이 연구에서 10분 동안 반복적이고 일정한 CPR 수행을 위한 허리근육의 내적안정 강화를 포함한 동적 움직임이 근긴장도와 경직을 급격하게 증가시킨 것으로 판단된다. 응급구조사에서 허리부위는 근육뼈대계증상 비율이 가장 높은 부위인 특징[1]을 고려할 때 CPR 수행이 자신의 허리통증과 관련이 있다고 생각될 경우 적절한 자가 관리가 필요할 것이다. 사체를 대상으로 척추굽힘의 역학적 특성을 분석한 선행연구[21]에서 5분 동안 반복된 굽힘동작 후 최대굽힘모멘트(peak bending moment)가 17% 감소되며, 부하의 속도와 반복된 굽힘 동작이 허리부위 조직손상의 위험

요인이 될 수 있음을 확인하였다. 허리통증 환자는 자신을 보호하기 위한 방어기전으로 공포-회피 반응(fear-avoidance beliefs)이 나타나며 허리통증 기능장애가 심할수록 공포-회피 반응은 증가한다[22]. 경피신경전기자극치료(transcutaneous electrical nerve stimulation)는 과도하게 증가된 근긴장도와 경직 완화를 촉진할 수 있다[10]. 근막통증증후군(myofascial pain syndrome)의 경우 마사지 적용(Rolfing and swedish massage)은 비정상적으로 증가된 근긴장도와 경직 완화에 매우 효과적인 중재로 활용할 수 있으며[23], 스트레칭 역시 근긴장도 감소[24]에 효과가 있기 때문에 평소 허리질환 및 요통이 있는 응급구조사의 경우 물리치료를 받는 것을 추천한다. 이 연구에서 응급구조활동과 관련된 CPR 수행의 신체적 부담과 관련된 허리부위의 근생리학적 변화를 새롭게 제시한 점은 이후 유사 관련 연구들에 기초자료로 활용이 가능할 것이다.

또한, 이 연구는 CPR 수행 후 피로도의 변화를 확인하였다. 선행연구들에서 10분의 CPR 동안 점진적으로 제공자가 느끼는 주관적 피로도가 증가하는 경향을 보인다고 제시하고 있다[25,26]. 이 연구에서도 10분 동안 CPR 수행 후 수행자가 느끼는 전반적 피로도가 유의하게 향상되어( $p < .001$ ) 선행연구와 일치하는 양상을 확인할 수 있었다. CPR 수행 후 신체부위 중 허리의 주관적 피로가 가장 많이 증가한다[27]. 이 연구에서 CPR 수행 후 위허리부위와 아래허리부위의 근경직이 유의하게 증가된 결과는 선행연구[27]에서 허리의 주관적 피로가 증가된 결과에 대해 임상적 근거를 강화하는 결과이다. 일반적으로 근활성(muscle activation)을 위한 해부생리학적 작용으로 신경, 이온, 혈관, 에너지 시스템이 동반되어야 하지만, 이 요인들의 변화는 근육의 힘 생성을 저해하고 피로를 유발한다[28]. CPR 수행 시 제공자는 CPR 1분 시점에서 피로도 증가로 인해 가슴압박

강도의 저하가 나타난다[29]. 이 연구에서 CPR 수행 10분 후 압박 깊이, 가슴이완 정확도가 통계적으로 정규분포하지 않은 결과는( $p < .05$ ) 유사 선행연구[29]에서 CPR 제공자의 피로도가 가슴압박 강도를 저하한 결과를 통해 통계분석 결과를 해석할 수 있다. 이 연구에서 연구자들은 CPR로 증가된 피로도는 개인별 차이가 있음을 충분히 고려하고, 선행연구들에서 검증한 피로도를 보다 체계적으로 분석하기 위해 연구대상자의 통제변수를 강화하여 건강한 20대 남성으로 설정하였지만, 지속적인 CPR 수행이 가슴압박의 질적 수준 저하에 중요한 변수가 될 수 있다는 결과는 선행연구와 차이가 없었다.

이 연구의 연구설계는 응급구조사가 아닌 BLS 자격증을 소지한 건강 20대 남성을 대상으로 연구를 진행하였기 때문에 만성적인 허리통증이 있는 응급구조사에 확대해석이 어려우며, 통제된 환경에서 마네킨을 이용하여 연구가 진행되었기 때문에 실제 현장에서 긴급하고 통제되지 않은 다양한 환경을 고려하지 못한 제한을 가진다. 또한, CPR 시 제공자가 한 명이라는 설정 하에 실험을 진행하였기 때문에 제공자가 다수인 경우에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

하지만 우리의 연구를 바탕으로 근골격계질환으로 만성 허리통증을 호소하는 응급구조사의 추가연구 시 직무특성에 따른 허리통증 관련 근생리적 변화, 타 보건의료 직종과 비교연구에 중요한 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

## V. 결 론

지금까지 CPR 수행이 허리부위 근긴장도와 경직 및 피로도에 미치는 영향을 확인하였다. 이 연구에서 CPR 수행을 위한 자세 및 CPR 10분 수행 후 시간 경과에 따라서 위허리부위와 아래허리부

위의 근긴장도와 경직이 증가되고, CPR 10분 수행 후 주관적 피로도가 증가되는 것을 확인하였다. 따라서 이 연구를 통해 CPR 수행이 허리근육의 근생리학적 신체부담 및 피로 요인이 될 수 있음을 새롭게 제시하며, 과도하게 증가된 허리부위 근긴장도와 경직 및 피로의 개선 및 관리를 위한 지속적인 연구가 필요하다.

## ORCID ID

Joong-San Wang : 자료수집, 문헌고찰, 통계분석

0000-0002-8606-3883

Sang-Yol Shin : 자료수집, 문헌고찰, 논문작성

0000-0001-7688-7881

## References

1. Shin SY, Jung JY. Musculoskeletal diseases' of the 119 rescue party's. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 2013;14(12):6461-8.  
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.12.6461>
2. Prairie J, Corbeil P. Paramedics on the job: dynamic trunk motion assessment at the workplace. Appl Ergon 2014;45(4):895-903.  
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.11.006>
3. Wang JS, An HJ. Analysis of correlation co-efficient between musculoskeletal symptoms and job stress of physical therapists in twenties: focusing on therapeutic exercise task. Journal of the Korea Contents Association 2015;15(7):314-21.  
<https://doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.07.314>

4. Chiwaridzo M, Makotore V, Dambi JM, Munambah N, and Mhlanga M. Work-related musculoskeletal disorders among registered general nurses: a case of a large central hospital in Harare, Zimbabwe. *BMC Res Notes* 2018;11(1):315. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3412-8>
5. Hossain MD, Aftab A, Al Imam MH, Mahmud I, Chowdhury IA, Kabir RI, Sarker M. Prevalence of work related musculoskeletal disorders (WMSDs) and ergonomic risk assessment among readymade garment workers of Bangladesh: a cross sectional study. *PLoS One* 2018;13(7):e0200122. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200122>
6. Jung JW. Comparisons of fatigue and quality of chest compression according to hand technique of rescuer in cardiopulmonary resuscitation. Unpublished master's thesis, Korea National University of Transportation 2017, Jeungpyeong-gun, Korea.
7. Park DS. Effects of Knee height of CPR rescuer on the quality of chest compression. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 2012;13(4):1699-705. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.4.1699>
8. Shin JH, Hwang SY, Lee HJ, Park CJ, Kim YJ et al. Comparison of CPR quality and rescuer fatigue between standard 30:2 CPR and chest compression-only CPR: a randomized crossover manikin trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2014;22(1):59. <https://doi.org/10.1186/s13049-014-0059-x>
9. Yannopoulos D, Aufderheide TP, Abella BS, Duval S, Frascione RJ, Goodloe JM et al. Quality of CPR: an important effect modifier in cardiac arrest clinical outcomes and intervention effectiveness trials. *Resuscitation* 2015;94:106-13. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.06.004>
10. Wang JS. Therapeutic effects of massage and electrotherapy on muscle tone, stiffness and muscle contraction following gastrocnemius muscle fatigue. *J Phys Ther Sci* 2017;29(1):144-7. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.144>
11. Yao Y, Zhao S, An Z, Wang S, Li H, Lu L et al. The associations of work style and physical exercise with the risk of work-related musculoskeletal disorders in nurses. *Int J Occup Med Environ Health* 2019;32(1):15-24. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01331>
12. Peeters LHC, de Groot IJM, Geurts ACH. Trunk involvement in performing upper extremity activities while seated in neurological patients with a flaccid trunk: a review. *Gait Posture* 2018;62:46-55. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.02.028>
13. Hong EJ. Biomechanics analysis of EMT's trunk during CPR at abdominal drawing-in. Unpublished doctoral dissertation, Daegu University 2014, Daegu, Korea.
14. Imani A, Borna J, Alami A, Khosravan S, Hasankhani H, Zende MB. Prevalence of low back pain and its related factors among pre-hospital emergency personnel in Iran. *J Emerg Pract Trauma* 2019;5(1):8-13. <https://doi.org/10.15171/jept.2018.01>
15. Haque IU, Udassi JP, Udassi S, Theriaque DW, Shuster JJ, Zaritsky AL. Chest compression quality and rescuer fatigue with increased compression to ventilation ratio during single rescuer pediatric CPR. *Resuscitation* 2008;79(1):82-9. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2008.04.026>
16. Heard DG, Andresen KH, Guthmiller KM, Lucas R, Heard KJ, Blewer AL et al. Hands-only car-



- diopulmonary resuscitation education: a comparison of on-screen with compression feedback, classroom, and video education. *Ann Emerg Med* 2019;73(6):599-609. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.09.026>
17. National fire agency. Statistical analysis of emergency activities in 2019. <https://www.nfa.go.kr/nfa/releaseinformation/statisticalinformation/>, 2019.
  18. Chuang L, Wu C, Lin K. Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93(3):532-40. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.09.014>
  19. Yoon BG, Baek ML. A comparative study on accuracy and fatigue in hands-only CPR and traditional CPR by voice instruction. *Korean J Emerg Med Ser* 2012;16(2):31-41. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2012.16.2.031>
  20. Carroll KM, Bazyler CD, Bernards JR, Taber CB, Stuart CA, DeWeese BH et al. Skeletal muscle fiber adaptations following resistance training using repetition maximums or relative intensity. *Sports* 2019;7(7):169. <https://doi.org/10.3390/sports7070169>
  21. Newell N, Little JP, Christou A, Adams CJ, Masouros SD. Biomechanics of the human intervertebral disc: A review of testing techniques and results. *J Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 2017;69:420-34. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.01.037>
  22. Kim JT, Kim SY, Oh DW. The relationship between fear-avoidance beliefs and functional status in patients with low back pain: a cross-sectional study. *Phys Ther Korea* 2009;16(1):52-60.
  23. Lee K, Choi JH. Comparison of treatment effects between rolfing and swedish massage for cervical myofascial pain syndrome. *J Int Acad Phys Ther Res* 2017;8(3):1224-8. <https://doi.org/10.20540/JIAPTR.2017.8.3.1224>
  24. Ko MG, Song CH, Lee BH. The effect of computer game and stretching on muscle tone and concentration. *J Korea Enter Indus Assoc (JKOEN)* 2019;13(1):225-33. <https://doi.org/10.21184/jkeia.2019.1.13.1.225>
  25. Jang MS, Tak YJ. The variation of elapsed time on fatigue and quality of single rescuer cardiopulmonary resuscitation. *Korean J Emerg Med Ser* 2013;17(1):9-19. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2013.17.1.009>
  26. Park YJ, Jung JW, Kim BW. Comparisons of the quality of chest compression and fatigue levels of the rescuer for different hand techniques used in cardiopulmonary resuscitation. *Korean J Emerg Med Ser* 2019;23(3):67-81. <https://doi.org/10.14408/KJEMS.2019.23.3.067>
  27. Choi UJ. Physiologic changes on the rescuer and efficiency of CPR in the increased chest compression. *Korean J Emerg Med Ser* 2008;12(3):43-53.
  28. Wan J, Qin Z, Wang P, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. *Exp Mol Med* 2017;49(10):e384. <https://doi.org/10.1038/emm.2017.194>
  29. Yi KH, Park SO, Lee KR, Kim SH, Jeong HS et al. Comparison of the alternating rescuer method between every minute and two minutes during continuous chest compression in cardiopulmonary resuscitation according to the 2010 guidelines. *J Korean Soc Emerg Med* 2012;23(4):455-9.