

개인보호장비 착용이 심폐소생술에 미치는 영향 : 119 구급대원을 중심으로[†]

신동민¹ · 김승용² · 신상도³ · 김주현⁴ · 김태한³ · 김경용⁵ · 김정희⁶ · 홍은정^{6*}

¹국립한국교통대학교 응급구조학과, ²국립한국교통대학교 경영정보학과,
³서울대학교 의과대학 응급의학교실, ⁴인제대학교 의과대학 서울백병원 응급의학과,
⁵국립강원대학교 대학원 응급의료재활학과, ⁶국립한국교통대학교 산학협력단

Effect of wearing personal protective equipment on cardiopulmonary resuscitation

: Focusing on 119 emergency medical technicians[†]

Dong-Min Shin¹ · Seung-Yong Kim² · Sang-Do Shin³ · Chu-Hyun Kim⁴ ·
 Tae-Han Kim³ · Kyoung-Yong Kim⁵ · Jeong-Hee Kim⁶ · Eun-Jeong Hong^{6*}

¹Department of Paramedic Science, Korea National University of Transportation,
²Department of Management Information System, Korea National University of Transportation,
³Department of Emergency Medicine, Seoul National University College of Medicine,
⁴Department of Emergency Medicine, Inje University College of Medicine,
⁵Department of Emergency Medical Rehabilitation,
 Kangwon National University Graduate School,
⁶Department of Industry-Academic Cooperation Foundation,
 Korea National University of Transportation

Received October 19, 2015 Revised December 4, 2015 Accepted December 21, 2015

*Correspondence to Eun-Jeong Hong

Department of Industry-Academic Cooperation Foundation, Korea National University of Transportation, 61,
 Daehak-ro, Jeupyeong-gun, Cheongbuk, 27469, Republic of Korea

Tel: +82-43-820-5211 Fax: +82-43-820-5212 E-mail: hongtosil@hanmail.net

[†]이 논문은 국민안전처 소방안전 및 119구조구급기술연구개발사업("NEMA-차세대-2014-54") 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

=Abstract =

Purpose: This study examined the effect of wearing personal protective equipment (PPE) on cardiopulmonary resuscitation (CPR), positive airway pressure, and the posture of emergency medical technicians (EMTs) when conducting CPR.

Methods: Twenty 119 EMTs performed 30:2 CPR on a manikin for 4 min. Imaging data were digitized with Kwon3D XP (version 4.0). Data were collected by analyzing the motion when starting in one cycle, such as pressing to the maximum and in the final position (relaxed), and were analyzed with SPSS 18.0.

Results: The angle of the elbow joints was significantly reduced ($p < .05$). The trunk angle was statistically significantly ($p < .01$, $p < .001$) increased. The angular velocities of the shoulder joint and left elbow joint were reduced ($p > .05$). The angular velocity of the trunk was significantly reduced in the starting and maximum compression postures. The hand-escape time was increased. The average compression depth was increased but not significantly ($p > .05$). The positive airway pressure was reduced ($p > .05$).

Conclusion: The angle of the elbow joints and the angular velocity of the trunk were reduced, and the angle of the trunk was increased. The success of CPR and positive airway pressure was reduced.

Keywords: Personal protective equipment, Cardiopulmonary resuscitation, Emergency medical technician, Postural analysis

I. 서 론

1. 연구의 필요성

최근 전 세계는 산업화, 정보화가 빠르게 진행되면서 재난의 빈도와 심도가 증가하고 있다. 인적재난 뿐만 아니라 이상기후에 의한 환경의 변화 등으로 자연재난이 증가하고 있고, 신종플루, 구제역 등에 의한 사회적 재난도 증가하고 있다[1].

특히 화생방 및 핵물질에 의해 야기되는 CBRN (Chemical, biological, radiological and nuclear) 특수 재난의 경우 일반 재난과 달리 재난에 의해 발생한 환자에 대한 인명구조 및 응급처치 이외에도 화생방 및 핵 물질의 확산 및 2차 오염을 방지하기 위해 재난 현장을 오염도에 따라 구역화하고 오염물질의 탐지, 채취, 수거, 제독 및 오염 환자 격리와 같은 추가적인 현장 처치 과정이 반드시 이루어져야 하는 특성을 갖고 있다[2]. 또한 다른 재난과 비교하

여 사회·문화적으로 미치는 심리적인 영향이 다르며, 예측이 불가능하고 친숙하지도 않기 때문에 사회문화적으로 대규모 공포, 공황 등을 야기할 수 있다[3].

이론적으로 각종 재난의 피해를 줄이기 위해서는 발생가능한 모든 재난의 가능성을 고려한 사전 대비책을 수립하여 예방하고 준비하는 것이 가장 효율적이지만, 재난의 불확실성, 상호작용성 및 복잡성을 고려하였을 때 모든 재난을 정확히 예측하여 사전 대비책을 세우는 것은 불가능하다[4]. 결국 사전 예방과 대비에도 불구하고 재난 상황이 발생하였을 경우 재난에 의한 인명 및 재산 피해를 최소화하고 재난의 확산을 방지하기 위해 가장 중요한 것은 중증도 분류, 응급처치 및 이송의 응급의료서비스를 포함한 현장에서의 재난 대응 단계를 적절하고 신속하게 수행하는 것이며[5,6], CBRN 특수재난 대응을 위해서는 일반 자연재난 상황과 달리 현장 재난 대응 체계 각 구성 요소들

의 핵심기능이 작동 가능하도록 특별히 고안된 고유한 CBRN 대응 관련 제반 기술 및 장비 사용이 반드시 고려되어야 한다[2].

개인보호장비(Personal protective equipment, PPE)는 소방복(Turnout coat), 바지, 부츠, 장갑, 호흡기구(Breathing apparatus) 및 헬멧 등으로 구성되며, 화염이나 고열 뿐만 아니라 위험한 액체, 신체 및 전기적 위험성에서 보호하는 기능을 한다[7].

한편 최근 연구에서는 개인보호장비를 착용하였을 때 동작이 제한되고 소방관들의 작업 수행을 방해하는 등의 부작용이 있다고 하였다[7-9]. 한 연구에서는 개인보호장비가 무게와 부피 증가로 인해 움직임 제한과 신체적 부담을 증가시킨다고 하였으며[10], Park 등의 연구[11]에서는 신체의 균형 감소와 움직임 제한이 근골격계 손상을 일으키는 가장 유의한 원인이 된다고 하였다. 그럼에도 불구하고 이전 연구에서는 화학적-생물학적-방사선학적 사건 발생 시 구급대원 및 의료진을 효과적으로 보호하기 위해 개인보호장비를 반드시 착용해야 한다고 주장하고 있다[12,13].

Visentin 등[14]에 의하면 캐나다 토론토의 응급구조사 463명을 대상으로 한 설문조사에서 설문 응답한 230명 중 168명(72.9%)이 개인보호장비가 없어서, 필요성을 판단하지 못해서, 시야가 나빠져서 등의 이유로 개인보호장비를 사용하지 않고 있는 것으로 보고하였다.

우리나라의 경우 CBRN 총괄연차실적계획서 8-1호 v2에 따르면 서울 시립대 소방방재학과와 수업에 참관하는 현직 구급대원 및 구급 관련 직종에 종사하는 참여자 66명에게 개인보호복 착용과 관련한 설문 조사 결과 전반적인 개인보호복에 대한 인지는 91% 이상으로 높은 것으로 측정되었으나, 보호복 단계에 따른 보호기능에 대한 인지는 30% 정도로 낮게 측정되었다. 본인이 활동하는 구급차 내 개인보호복 보유 여부 및 보유 시에 보

호복의 보호 수준은 C레벨이 50%였으며 총 21명의 설문자가 개인보호복을 착용한 경험이 있다고 답변하였으나 이 중 18명은 모의훈련 중 경험이었다. 총 52명(71.2%)이 개인보호복 착용 시에 구급활동 시 신체 움직임이 저하될 것으로 생각한다고 응답하였으며 불편이 예상되는 신체 부위에 대한 응답으로 C레벨의 경우 손, 머리, 어깨, 팔 손이었다. 개인보호장비 착용 시 구급업무를 가장 저해하는 요인에 대한 복수 응답으로 공기호흡기 착용(42명)이, 개인보호장비 착용 시 신체 불편을 초래하는 요소로는 보호복의 크기(28명)라고 답하였다[14]. 이러한 결과를 바탕으로 볼 때 구급대원들은 개인보호장비에 대해 알고는 있지만 실제 현장에서는 여러 가지 부정적인 원인으로 착용을 꺼려하거나 착용하지 않는 것을 알 수 있다.

이에 본 연구는 구급대원들이 착용하게 되는 개인보호장비가 신체의 각 관절의 움직임에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였으며, 향후 개인보호장비 연구 및 개발에 도움이 되고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 실험에는 충북 지역 소속 구급대원으로 근골격계 질환이나 심혈관 및 신경학적 질환 등이 없는 20명이 참여하여 국립 한국교통대학교 시물레이션 센터에서 진행하였다. 모든 구급대원들은 사전에 실험 내용을 충분히 설명을 들은 후 서면으로 동의를 받아 실시하였다. 구급대원의 보호복 착용과 미착용 순서는 뽑는 번호에 따라 흡수 번호가 나오면 먼저 개인보호장비를 착용하지 않고 술기를 시행한 후 신체 회복을 위하여 1시간 이상의 충분한 휴식을 취한 후 개인보호장비를 착용한 후 다시 술기를 시행하였다. 짝수번호가 나오면 이와 반대로 시행하였다.

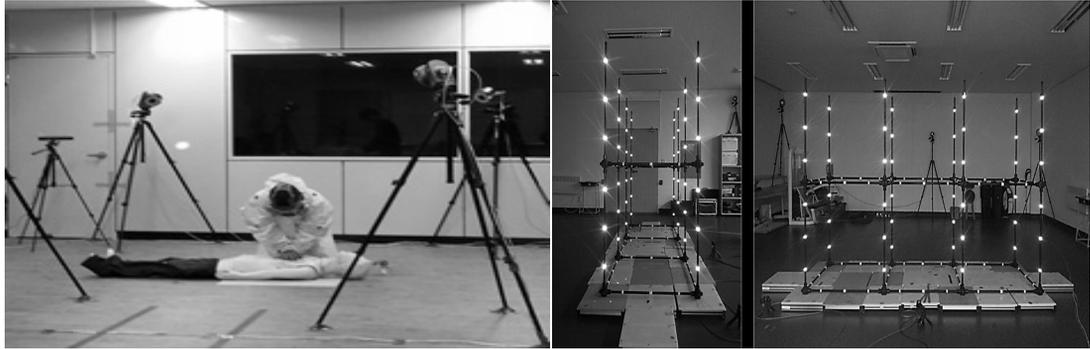


Fig. 1. Camera and control box.

2. 연구도구

1) 영상촬영

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

한편, 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. 또한 영상 분석을 위해 10mm 반사마커를 가슴압박 동작 시 필요한 분절점에 부착하였으며, 영상 시스템의 시간적 동조를 위해서 Qualysis사 A/D보드의 외부트리거(Trigger)를 이용하였다. 이를 통해 영상분석시스템에 전기 신호를 입력할 수 있으며 이 전기 신호

를 통해 각각의 시스템에서 획득한 자료 및 촬영된 데이터들은 Visol사의 Kwon3D XP Software Package(Version 4.0)을 이용하여 2차원 영상에 대한 디지털이징(Digitizing)을 거쳐 3차원 데이터를 얻으며, 알고리즘들을 통한 프로세싱을 거쳐 부착된 반사 마커에 대한 원자료를 수집, 처리하여 가슴압박 1회에 따른(시작 자세, 최대 압박 자세, 이완 자세) 각 관절과 체간의 관절 각도를 분석하였다(Fig. 1).

2) 개인보호장비

본 실험에서 구급대원은 OSHA PPE level C에 해당하는 개인보호장비(Tychem C, 방독면 #6800, 3M)을 착용하였다.

3) 심폐소생술

연구자의 시작 신호와 함께 실험이 시작되며 바닥에 설치된 마네킨(Resusci Anne Q CPR[®], Laerdal, Stavanger, Norway)에 30번의 가슴압박 및 2번의 호흡 보조로 이루어진 30:2의 1인 심폐소생술을 시행하였다. 이전 연구들[15,16]에서는 30:2 심폐소생술을 5분간 시행하였으나 본 연구에서는 실내 환경과 개인보호장비 착용을 고려하여 4분 동안 시행하였다.

심폐소생술 중간 단계에서 맥박 확인은 시행하지 않았으며 호흡 보조는 개인보호장비 착용 시에 호흡기 보호 장비 착용으로 환자와의 구강대구강 호흡을 시행할 수 없음을 고려하여 각 실험간 형

평성을 유지하기 위하여 양측군에서 모두 백벨브 마스크를 이용한 양압 환기를 시행하였다.

30:2 심폐소생술을 한 주기로 하였을 때 가슴압박의 자세 분석을 위해서는 피로감이 느껴지는 시간대인 2분대의 심폐소생술 주기 중 1회의 가슴압박(압박을 시작하는 자세, 최대 압박이 주어진 자세, 이완 자세)를 분석하였고[17], 가슴압박 결과와 양압환기는 4분 동안의 모든 주기를 분석하였다.

3. 분석방법

심폐소생술 시 개인보호장비 착용 여부에 따른 가슴압박 결과와 양압환기 지표의 변화 및 구급대원의 자세 분석 결과를 알아보기 위하여 SPSS 18.0을 이용하여 얻어진 결과는 평균과 표준편차로 기술하였다. 각 측정항목들의 정규성 검증은 자료의 크기가 소규모이기 때문에 Shapiro-Wilk의 정규성 검증을 실시하였고 그 결과 실험 자료의 정규성이 입증되어 paired t-test로 분석하였고, 통계학적 유의수준 α 는 .05로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 20명의 남성 구급대원으로 구급대원의 경력은 97.55 ± 51.81 개월, 평균 나이는 33.35 ± 4.57 세, 몸무게는 63.55 ± 11.41 kg으로 나타났다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N=20)

Variables	Mean \pm SD
Age (years)	33.35 \pm 4.57
Career (months)	97.55 \pm 51.81
Weight (kg)	63.55 \pm 11.41

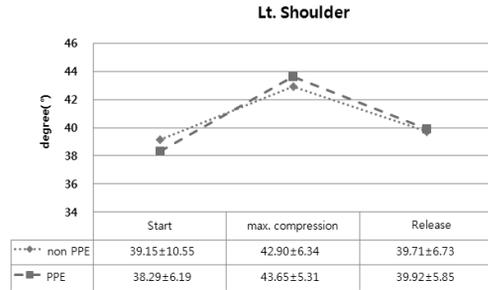
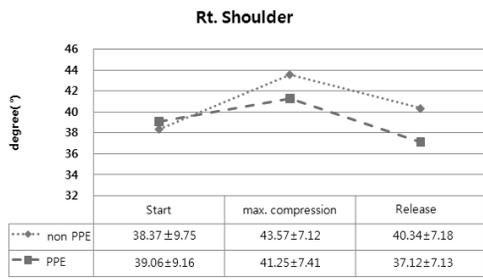
2. 관절의 변화

1) 어깨관절의 변화

개인보호장비 착용 전 심폐소생술 시 시작자세, 가장 깊이 압박 한 자세, 이완 자세에서 오른쪽 어깨관절의 각도는 각각 $38.37 \pm 9.75^\circ$, $43.57 \pm 7.12^\circ$, $40.34 \pm 7.18^\circ$ 였고, 착용 후 $39.06 \pm 9.16^\circ$, $41.25 \pm 7.41^\circ$, $37.12 \pm 7.13^\circ$ 로 개인보호장비 착용 전·후 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$) (Fig. 2). 왼쪽 어깨관절의 경우에는 개인보호복 착용 전 각 자세에서의 각도는 $39.15 \pm 10.55^\circ$, $42.90 \pm 6.34^\circ$, $39.71 \pm 6.73^\circ$ 였으며, 착용 후 $38.29 \pm 6.19^\circ$, $43.65 \pm 5.31^\circ$, $39.92 \pm 5.85^\circ$ 로 나타났으나 통계학적으로 유의하지 않아 개인보호복 착용 시에 양쪽 어깨관절의 각도는 큰 차이가 나지 않는 것으로 나타났다($p > .05$) (Fig. 2). 또한 각속도 변화의 경우 오른쪽 어깨관절은 시작, 압박 자세, 이완 자세에서 착용 전에는 44.73 ± 288.17 , 4.03 ± 64.35 , -42.37 ± 157.44 deg/sec이었고, 착용 후에는 -74.87 ± 193.31 , -1.90 ± 20.64 , -24.46 ± 45.68 deg/sec이었으며, 왼쪽 어깨관절은 착용 전에는 26.96 ± 439.77 , 5.53 ± 22.11 , 2.31 ± 21.92 deg/sec였고, 착용 후에는 66.56 ± 173.04 , 3.23 ± 7.77 , -9.63 ± 52.87 deg/sec로 나타났으나 양쪽 어깨관절 모두 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$) (Table 2) (Table 3) (Fig. 3).

2) 팔굽관절의 변화

심폐소생술 시 시작자세, 가장 깊이 압박 한 자세, 이완 자세에서 개인보호장비를 착용 전 오른쪽 팔굽관절의 경우 $154.39 \pm 11.39^\circ$, $154.60 \pm 8.57^\circ$, $154.79 \pm 9.34^\circ$ 였고, 착용 후에는 $145.39 \pm 15.34^\circ$, $143.42 \pm 15.53^\circ$, $145.27 \pm 14.81^\circ$ 로 통계적으로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다($p < .05$) (Fig. 4). 왼쪽 팔굽관절은 착용 전 $158.92 \pm 17.87^\circ$, $160.92 \pm 8.53^\circ$, $163 \pm 7.87^\circ$ 였고, 착용 후에는 $158.42 \pm 9.26^\circ$, $154.97 \pm 7.93^\circ$, $157.25 \pm 7.29^\circ$ 로 나타났으며, 최대 압박 자세와 이완 자세는 통계적으



(a) Angle of right shoulder according to wearing PPE*

(b) Angle of left shoulder according to wearing PPE*

*PPE: Personal protective equipment

Fig. 2. Difference between non PPE and PPE in both shoulder joint angle.

Table 2. Difference of each joint angle (unit: °) (N=20)

Joint	Period	Non-PPE* Mean ± SD	PPE* Mean ± SD	t	p
Right shoulder	Start	38.37 ± 9.75	39.06 ± 9.16	-0.197	.846
	Max [†] . compress	43.57 ± 7.12	41.25 ± 7.41	0.997	.332
	Release	40.34 ± 7.18	37.12 ± 7.13	1.601	.127
Left shoulder	Start	39.15 ± 10.55	38.29 ± 6.19	0.352	.729
	Max [†] . compress	42.90 ± 6.34	43.65 ± 5.31	-0.450	.658
	Release	39.71 ± 6.73	39.92 ± 5.85	-0.125	.902
Right elbow	Start	154.39 ± 11.39	145.39 ± 15.34	2.444	.026
	Max [†] . compress	154.60 ± 8.57	143.42 ± 15.53	2.581	.019
	Release	154.79 ± 9.34	145.27 ± 14.81	2.691	.015
Left elbow	Start	158.92 ± 17.87	158.42 ± 9.26	0.104	.919
	Max [†] . compress	160.92 ± 8.53	154.97 ± 7.93	2.158	.045
	Release	163.00 ± 7.87	157.25 ± 7.29	2.545	.020
Trunk	Start	47.67 ± 3.65	54.45 ± 6.13	-4.500	.000
	Max [†] . compress	39.26 ± 4.42	45.29 ± 5.62	-3.384	.003
	Release	47.33 ± 4.64	54.23 ± 5.89	-3.927	.001

*PPE: Personal protective equipment, †Max: Maximum

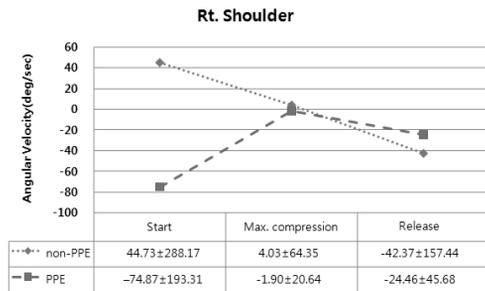
로 유의하게 감소하였다($p < .05$) (Fig. 4). 팔굽관절의 각속도 변화는 오른쪽의 경우 시작, 압박 자세, 이완 자세에서 착용 전에는 -27.16 ± 413.36 , 4.98 ± 89.98 , -183.45 ± 415.23 deg/sec 이었고, 착용 후에는 -15.53 ± 326.51 , 1.46 ± 29.67 , -16.67 ± 116.21 deg/sec 이었으며, 왼쪽 팔굽관절은 착용 전

에 214.79 ± 573.24 , -5.76 ± 26.65 , 22.37 ± 34.54 deg/sec 였고, 착용 후에는 19.55 ± 349.84 , -11.82 ± 23.82 , 21.68 ± 111.13 deg/sec 로 나타났다. 양쪽 팔굽관절 모두 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$) (Table 2) (Table 3) (Fig. 5).

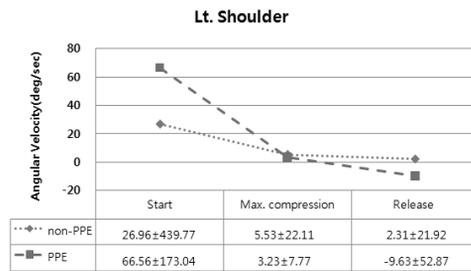
Table 3. Difference of each joint angular velocity (unit: deg/sec) (N=20)

Joint	Period	Non-PPE* Mean±SD	PPE* Mean±SD	t	p
Right shoulder	Start	44.73 ±288.17	-74.87 ±193.31	1.255	.226
	Max [†] . compress	4.03 ± 64.35	-1.90 ± 20.64	0.393	.699
	Release	-42.37 ±157.44	-24.46 ± 45.68	-0.484	.635
Left shoulder	Start	26.96 ±439.77	66.56 ±173.04	-0.366	.718
	Max [†] . compress	5.53 ± 22.11	3.23 ± 7.77	0.419	.680
	Release	2.31 ± 21.92	-9.63 ± 52.87	0.972	.344
Right elbow	Start	-27.16 ±413.36	-15.53 ±326.51	-0.109	.915
	Max [†] . compress	4.98 ± 89.98	1.46 ± 29.67	0.166	.870
	Release	-183.45 ±415.23	-16.67 ± 116.21	-1.629	.121
Left elbow	Start	214.79 ±573.24	19.55 ±349.84	1.269	.221
	Max [†] . compress	-5.76 ± 26.65	-11.82 ± 23.82	1.082	.294
	Release	22.37 ± 34.54	21.68 ± 111.13	0.023	.982
Trunk	Start	-26.44 ± 98.51	-34.54 ± 93.27	0.285	.779
	Max [†] . compress	4.35 ± 18.86	2.42 ± 11.01	0.478	.639
	Release	7.57 ± 19.00	23.26 ± 12.43	-2.458	.024

*PPE: Personal protective equipment, †Max: Maximum



(a) Angular velocity of right shoulder according to wearing PPE*



(b) Angular velocity of left shoulder according to wearing PPE*

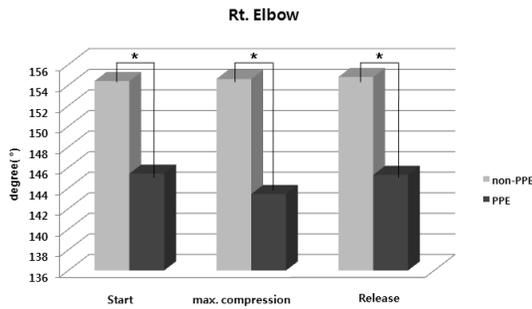
*PPE: Personal protective equipment

Fig. 3. Difference between non PPE and PPE in both shoulder joint angular velocity.

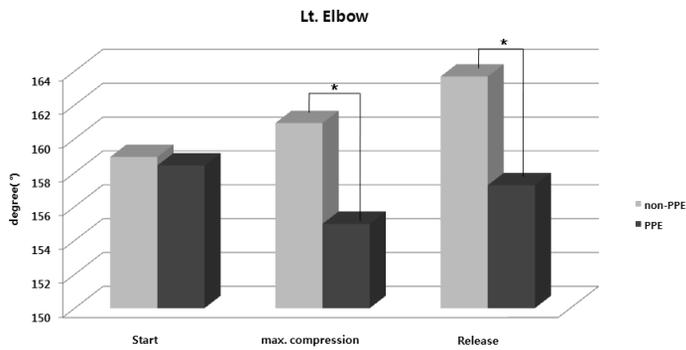
3) 체간의 변화

심폐소생술 시 시작자세, 가장 깊이 압박 한 자세, 이완 자세에서 체간의 각도는 개인보호장비를 착용 전 47.67±3.65°, 39.26±4.42°, 47.33±4.64° 였고, 착용 후에는 54.45±6.13°, 45.29±5.62°, 54.23±5.89° 로 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p < .01$, $p < .001$). 체간의 각속도

변화는 심폐소생술 시작, 압박 자세, 이완 자세에서 착용 전에는 -26.44±98.51, 4.35±18.86, 7.57±19.00 deg/sec이었고, 착용 후에는 -34.54±93.27, 2.42±11.01, 23.26±12.43 deg/sec로 나타났고 이완 자세에서는 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .05$)〈Table 2〉〈Table 3〉〈Fig. 6〉.



(a) Angle of right elbow according to wearing PPE*

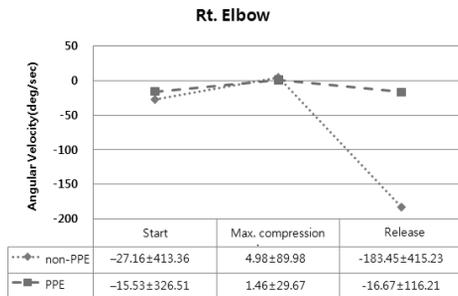


(b) Angle of left elbow according to wearing PPE†

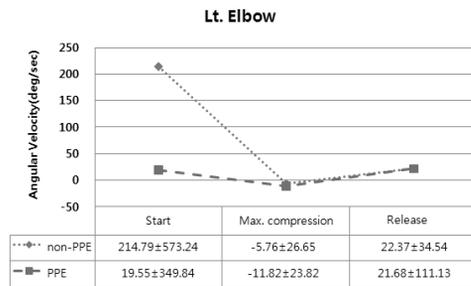
* $p < .05$

† PPE: Personal protective equipment

Fig. 4. Difference between non PPE and PPE in both elbow joint angle.



(a) Angular velocity of right elbow according to wearing PPE*



(b) Angular velocity of left elbow according to wearing PPE*

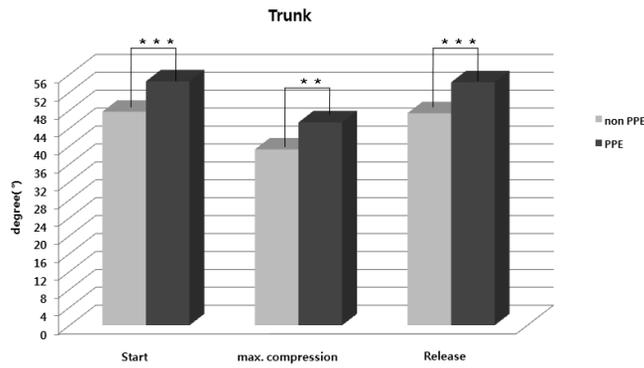
* PPE: Personal protective equipment

Fig. 5. Difference between non PPE and PPE in both shoulder joint angular velocity.

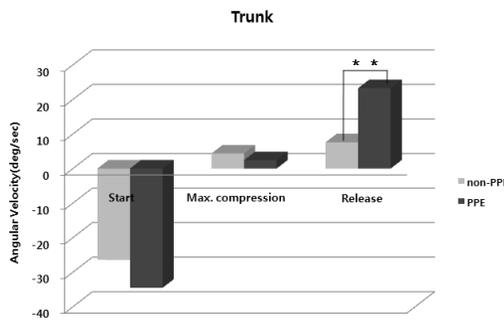
3. 가슴압박 지표 변화

4분 동안의 흡산된 총 손 이탈 시간은 개인보호 장비 미착용 시 107.20 ± 12.12 초, 착용 후에는

113.36 ± 14.32 초로 증가하였으나 통계학적으로 유의하지 않았고($p > .05$), 한 주기 당 평균 손 이탈 시간도 11.13 ± 2.54 초, 12.55 ± 2.62 초로 유의하게



(a) Angle of trunk according to wearing PPE*



(b) Angular velocity of trunk according to wearing PPE*

*PPE: Personal protective equipment

** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 6. Difference between non PPE and PPE in trunk angle and angular velocity.

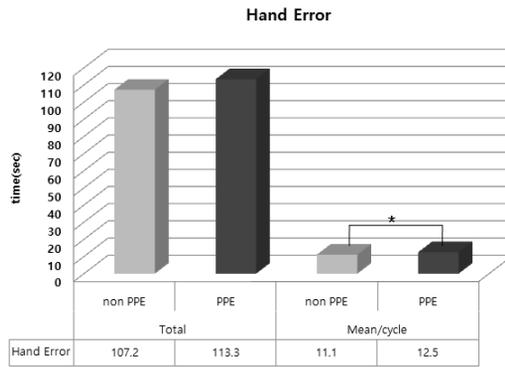
증가하였다($p < .05$) (Fig. 7). 평균 가슴압박 깊이는 비 착용 시 $50.17 \pm 6.11\text{mm}$, 착용 시 $50.46 \pm 5.98\text{mm}$ 로 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$). 또한 평균 가슴압박 속도는 착용 전 117.83 ± 14.21 회/분, 착용 후에는 111.92 ± 13.96 회/분으로 감소하였으나 유의하지 않았다($p > .05$) (Fig. 7).

4. 양압 환기 지표 변화

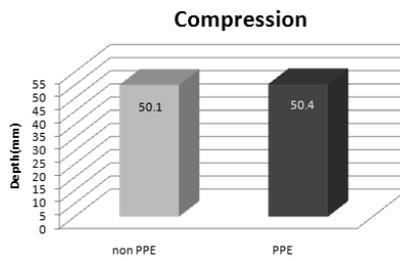
양압환기별 평균 환기량은 비착용 시 $308.51 \pm 130.22\text{cc}$, 착용 시 $294.53 \pm 121.34\text{cc}$ 에 비하여 높았으며, 환기율 역시 비착용 시에 37.01%, 착용 시 35.24%보다 높았으나 통계학적으로 유의하지 않았다($p > .05$) (Fig. 8).

IV. 고찰

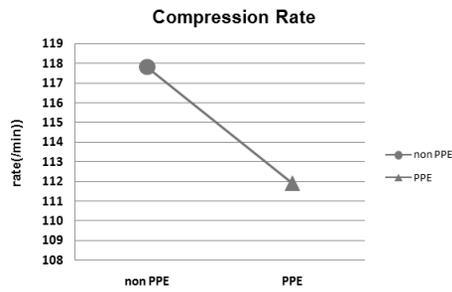
본 연구 결과 구급대원들의 자세 변화는 어깨관절의 경우 개인보호장비 착용 전·후에 각도가 조금 감소하는 것으로 보이나 큰 차이가 나타나지는 않았고, 각 속도의 경우도 착용한 후가 착용 전보다 느려지는 것을 알 수 있었다. 한 연구에서는 개인보호장비를 입었을 때 관절의 각도 감소와 임무의 수행능력이 감소하여[18] 본 연구와 유사한 결과를 나타내고 있다. 팔굽관절은 심폐소생술시작 자세일 때 오른쪽 팔굽관절보다 왼쪽 팔굽관절이 더 펴져 있었다. 이는 대부분의 구급대원이 압박을 주는 쪽이 왼쪽 상지였기 때문인 것으로 생각된다. 개인 보호복 착용 전·후 양쪽 팔굽관절 모



(a) Hand error (escape) time in total and per cycle



(b) Mean of compression depth



(c) Compression rate per minute
* $p < .05$

Fig. 7. Variation of CPR index.

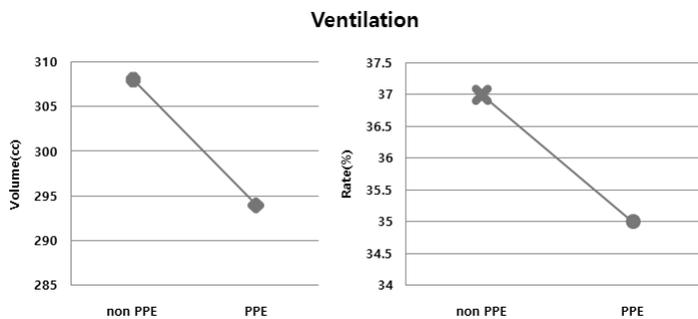


Fig. 8. Variation of ventilation index.

두 관절 각도가 감소하여 개인보호장비 착용으로 인해 심폐소생술 주기 동안 팔굽관절이 구부러지는 것으로 보인다. 각속도는 오른쪽 팔굽관절의 경우는 빨라졌고, 왼쪽은 각속도가 느려지는 것으로 나타났다. 이는 오른쪽 팔굽관절을 줄어든 관절 범위 안에서 속도를 이용하여 압박에 도움을 주고자 하는 동작인 것으로 생각되며 왼쪽의 각속도 감소로 인해 왼쪽 상지의 근력은 더 쓰일 것으로 보인다. 이는 기존 연구에서도 가슴압박이 지속될 경우 팔굽관절을 굽혔다 펴는 근육인 위팔세갈래근이 가슴압박을 하는 시기에 근활성도가 증가하여 어깨보다 팔굽관절의 사용이 증가하는 것으로 나타나[19,20] 이를 뒷받침하고 있다. 또한 평균 가슴압박 속도가 통계적으로 유의하지 않지만 착용 전에 분당 117회였으나 착용 후 111회의 결과를 보였는데 이는 압박을 주로 담당하는 왼쪽 상체의 각속도 감소로 인한 것으로 보인다. 체간은 개인보호장비 착용한 후가 착용 전보다 증가하는 것으로 나타났다. 이는 체간이 충분히 굽혀지지 않고 몸이 세워지고 있는 것으로 나타났다. 각속도는 착용 후 시작과 압박 자세에서는 느려지고 이완 자세에서는 빨라졌다. 이는 보호복 착용 후에 상체가 마네킹에서 더 떨어져 있는 상태에서 느린 속도로 술기를 시행할 것으로 보인다. Dorman[21]의 연구에서도 보호복 착용 후 계단을 오르거나 기어갈 때 관절가동범위에 영향을 미친 것으로 나타났다. 본 연구에서도 이와 비슷한 결과를 보인 이유는 개인보호장비가 상·하체 일체형으로 보호복의 재질 또한 탄력적이지 않아 몸을 구부려야 하는 체간에 유연성을 줄 수 없기 때문으로 생각된다. 이러한 자세는 심폐소생술을 실시할 때 지속적인 불편함을 줄 수 있고 심폐소생술의 효과에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되며 이러한 움직임의 감소는 근육의 손상을 증가시킬 것이라고 하였다[22].

가슴압박 지표로 볼 때 4분 동안의 총 손 이탈

시간은 개인보호장비 미착용 시 107.00 ± 12.12 초보다, 착용 후는 113.36 ± 14.32 초로 증가하였고, 한 주기 당 평균 손 이탈 시간도 11.13 ± 2.54 초에서 12.55 ± 2.62 초로 증가하여 가슴압박이 중단되는 시간이 늘어났다. 이러한 결과는 손에 보호 장갑을 착용하여 손의 고유감각의 변화로 인해 적절한 조절이 이루어지지 않았을 것으로 보인다. 짧은 가슴압박 중단시간에도 관상동맥 관류압은 급격히 감소하여 환자의 소생에 악영향을 미치기 때문에[23] 응급처치시의 손의 움직임을 자유롭게 할 수 있는 장갑 착용이 중요할 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 평균 가슴압박 깊이는 미착용 시 50.17 ± 6.11 mm보다 착용 시 50.46 ± 5.98 mm로 유의하지 않았으나 약간 증가하여 개인보호장비 착용 전·후 모두 Field 등[23]의 권고 기준인 최소 5cm를 만족하였다. 이는 낮은 보호 장비로 유발된 심폐소생술 속도의 느려짐을 보상하기 위해 구급대원이 그 상황에서 더 의식적으로 압박하였을 가능성도 배제할 수 없을 것으로 생각된다. 따라서 개인보호장비를 착용한 훈련과 교육이 습관화된다면 가슴압박의 깊이를 적절히 유지하면서 가슴압박을 할 수 있을 것으로 사료된다.

양압 환기 지표의 변화에서는 평균 환기량이 미착용 시 308.51 ± 130.22 cc보다 착용 시 294.53 ± 121.34 cc로 감소하였고, 미국심장협회의 권고사항인 500~600ml에 부합하지 못하였다. 환기율 역시 미착용 시에 37.01%에서 착용 시 35.24%로 유의하지 않지만 감소하였다. 이는 상·하체 일체형으로 되어있는 개인보호장비가 구급대원의 움직임을 효율적으로 하지 못하게 하고 보호 장갑에 의해 백밸브 마스크의 조작에도 영향을 미친 것으로 생각되며 연구자들의 관찰 등으로 인한 심리적인 요인도 작용하였을 것으로 보인다. 인공호흡이 호흡정지에 의한 심정지 환자의 심폐소생술에서 중요한 역할을 한다고 하였는데[23] 이와 같은 결과는 환자에게 적절한 환기 공급에 영향을 미칠 것

으로 보인다.

본 연구는 실제 상황을 가정하였으나 실험실 상에서의 결과이기 때문에 실제 상황이었다면 더 큰 영향을 미칠 것으로 사료되며 이러한 경우 긴급한 상황에서 환자는 적절한 응급처치를 받지 못할 가능성이 나타날 것이다.

V. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 구급대원이 심폐소생술을 시행할 경우 개인보호장비의 착용 여부에 따라 심폐소생술의 효과와 양압환기의 변화 및 구급대원의 자세 변화에 대해 알아보려고 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 개인보호장비 착용 후 어깨관절 각도가 조금 감소하는 것으로 보이나 큰 차이가 나타나지는 않았다($p > .05$).
2. 개인보호장비 착용 후 양쪽 팔굽관절 모두 관절 각도가 감소하였으며($p < .05$), 체간은 착용 전보다 증가하였다($p < .01$, $p < .001$).
3. 개인보호장비 착용 후 어깨관절의 각속도는 착용 전보다 느려졌고($p > .05$), 오른쪽 팔굽관절은 빨라졌다($p > .05$). 왼쪽 팔굽관절은 각속도가 느려지는 것으로 나타났다.
4. 체간의 각속도는 착용 후 시작과 압박 자세에서는 느려지고 이완 자세에서는 빨라졌다($p < .01$).
5. 평균 가슴압박 속도는 착용 전 분당 117회였으나 착용 후 111회였다($p > .05$).
6. 개인보호장비 착용 후 총 손 이탈 시간은 113.36 ± 14.32 초($p > .05$), 한 주기 당 평균 손 이탈 시간은 12.55 ± 2.62 초로 증가하였다(p

$< .05$). 평균 가슴압박 깊이는 착용 시 50.46 ± 5.98 mm로 약간 증가하였다($p > .05$).

7. 양압 환기 지표의 변화에서는 환기량이 착용 시 294.53 ± 121.34 cc로 감소하였고, 환기율도 착용 시 35.24%로 감소하였다($p > .05$).

가슴압박은 구급대원의 허리 부분을 최대한 굽히고 팔꿈 관절부분을 편 상태에서 체중을 이용할 때 효과적인 압박이 이루어진다. 그러나 이상의 결과로 볼 때 구급대원이 개인보호장비를 착용하였을 경우 체간의 가동범위가 넓어지고 압박을 해야 하는 동작에서는 각속도가 느려지고 있으며 이를 보상하기 위한 동작의 하나로 팔굽관절을 굽히고 있는 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과로 가슴압박깊이는 정상에 가까우나 압박 시 손의 이탈 시간이 증가하였고, 양압 환기 지표가 감소된 것은 일체형 개인보호장비로 인해 백밸브 마스크 사용이 적절하게 이루어지지 않았음을 알 수 있다.

즉 일체형 개인보호장비 착용은 구급대원의 움직임 방해하고 있고 보상동작을 사용하게 되어 효율적인 응급처치의 어려움이 나타날 가능성이 많으며, 이차적으로 이러한 상황이 지속될 경우 구급대원의 신체에도 피로감과 손상을 줄 수 있다.

2. 제언

최근 우리나라에 큰 영향을 미친 메르스의 의료인 감염 사태에서도 보인 바와 같이 현장에서 의료인조차도 적합하지 않은 개인보호장비의 사용이나 올바르게 못한 개인보호장비 인식은 이러한 CBRN 상황에서 매우 위험하다는 것을 알 수 있었다. 앞으로 환경과 사회의 빠른 발전과 변화로 인해 더 다양한 CBRN 재난 상황이 발생할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 재난 상황에서 국가와 개인의 보호를 위하여 현실에 맞는 개인보호장비를 연구 개발하여 현장 일선에 있는 구급대원들이 사용할 수 있어야 한다.

구급대원이 정확하고 빠른 응급처치를 시행할

수 있도록 하기 위해서는 구급대원의 체형이나 성별에 맞는 보호복이나 이에 더해 관절의 활동 범위를 보장할 수 있는 보호복 소재의 탄력성, 유연성 등을 줄 수 있는 것을 선택해야 하며, 이러한 개인보호장비를 착용하여 실제 상황 등에 관련된 시뮬레이션을 연습하여 실제 상황이 발생했을 때 빠른 대처를 할 수 있도록 해야 한다. 이는 응급 상황에서의 환자에게 효율적인 처치를 할 수 있고, 구급대원도 편안한 활동을 통해 피로와 근골격계의 손상을 예방할 수 있을 것이다.

본 연구에 참여한 구급대원들의 수가 적어 연구 결과를 일반화하기는 어려우나 향후 개인보호장비 연구 등에 미비하나마 기초 자료로 사용되 고자 한다.

References

1. Ha KC. A study on vulnerability assessment of compound disasters. Unpublished master's thesis, Seoul University 2012, Seoul, Korea.
2. Chung JM, Seol DH, Park JB, Seo KS, Lee JH, Kim HD et al. Analysis of transportation of victims of the subway fire in Daegu. *J Korean Soc Emerg Med* 2003; 14(5):514-21.
3. Kim MH, Min SH. Disaster and mental health-psychiatric intervention. *Mental Health Policy Forum* 2011;5:3-21.
4. Beresford DJ. CBRN case study. Cooperation 7. United Kingdom: Center for Strategy & Evaluation Services, Jan 2011. 1-25.
5. Haynes BE, Freeman C, Rubin JL, Koehler GA, Enriquez SM, Smiley DR. Medical response to catastrophic events: California's planning and the Loma Prieta earthquake. *Ann Emerg Med* 1991;21(4):368-74.
6. Mahoney LE, Reutershan TP. Catastrophic disasters and the design of disaster medical care systems. *Ann Emerg Med* 1987;16(9): 1085-91.
7. Punakallio A. Balance abilities of workers in physically demanding jobs: With special reference to firefighters of different ages. *J Sports Sci Med* 2005;4:1-47.
8. Chiou SS, Turner N, Zwiener J, Weaver DL, Haskell WE. Effect of boot weight and shoe flexibility on gait and physiological responses of firefighters in stepping over obstacles. *Hum Factors* 2012;54(3):373-86.
9. Sobeih TM, Davis KG, Succop PA, Jetter WA, Bhattacharya A. Postural balance changes in on-duty firefighters: Effect of gear and long work shifts. *J Occup Environ Med* 2006;48(1):68-75.
10. Smith DL. Firefighter fatalities and injuries: The role of heat stress and PPE. Firefighter Life Safety Research Center, Illinois Fire Service Institute, University of Illinois. 2008. 4-17.
11. Park K, Hur P, Rosengren KS, Horn GP, Hsiao-Weckslar ET. Effect of load carriage on gait due to firefighting air bottle configuration. *Ergonomics* 2010;53(7):882-91.
12. Tan GA, Fitzgerald MC. Chemical-biological-radiological (CBR) response: A template for hospital emergency departments. *Med J Aust* 2002;177(4):196-9.
13. Sansom GW. Emergency department personal protective equipment requirements following out-of-hospital chemical biological or radiological events in Australasia. *Emerg*

- Med Australasia 2007;19(2):86–95.
14. Visentin LM, Bondy SJ, Schwartz B, Morrison LJ. Use of personal protective equipment during infectious disease outbreak and non-outbreak conditions: A survey of emergency medical technicians. *CJEM* 2009;11(1):44–56.
 15. 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.
 16. 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.
 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. Coca A, Roberge R, Shepherd A, Powell JB, Stull JO, Williams WJ. Ergonomic comparison of a chem/bio prototype fire fighter ensemble and a standard ensemble. *Eur J Appl Physiol* 2008;104(2):351–9.
 19. Hong EJ. Biomechanical analysis of trunk of EMT's during abdominal drawing-in CPR. Unpublished doctoral dissertation, Daegu university 2014, Daegu, Korea.
 20. Foo NP, Chang JH, Lin HJ, Guo HR. Rescuer fatigue and cardiopulmonary resuscitation position: A randomized controlled crossover trial. *Resuscitation* 2010;81(5):579–84.
 21. Dorman LE. The effects of protective clothing and its properties on energy consumption during different activities. Unpublished doctoral dissertation, Loughborough University 2007, Leicestershire, UK.
 22. Coca A, Williams WJ, Roberge R, Powell JB. Effects of fire fighter protective ensembles on mobility and performance. *Appl Ergon* 2010;41(4):636–41.
 23. Field JM, Hazinski MF, Sayre MR, Chameides L, Schexnayder SM, Hemphill R et al. Part 1: Executive summary 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2010;122(3):S640–56.