

Effect of Mask Wearing and Type on Cardiopulmonary Resuscitation Accuracy, Fatigue and Physiological Changes

Sung-Hwan Bang*, Hyo-Suk Song**, Gyu-Sik Shim***, Hee-Jeong Ahn***

*Professor, Dept. of Special Warfare Medical Non-Commissioned Officer, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon, Korea

**Professor, Dept. of paramedicine, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon, Korea

***Professor, Dept. of paramedicine, Korea Nazarene University, Cheonan, Korea

***Professor, Dept. of paramedicine, Korea Nazarene University, Cheonan, Korea

[Abstract]

The purpose of this study was the accuracy of cardiac compression, fatigue, and physiological changes of the rescuer for different mask type in cardiopulmonary resuscitation(CPR). Data collection was from 9 to 12 May 2022, the participants were a total of 24 paramedic students with a BLS provider at D University. The students participated in an experiment in which 12 students each wore a surgical mask (Dental mask) and a fine particle 94% blocking mask (KF94 mask) and performed CPR for 2 minutes over a total of 7 times. As a result of the study, in the analysis of the quality of the rescuer's chest compression according to the type of mask, there was a significant difference in the compression speed ($F=24.91$, $p<.001$) and bad compression hand position ($F=14.54$, $p=.024$) in the group wearing the KF94, Fatigue showed significant differences in both the Dental mask group ($F=51.16$, $p<.001$) and the KF94 mask group ($F=63.49$, $p<.001$). Among the physiological changes, heart rate showed a significant difference between the Dental mask group ($F=34.79$, $p<.001$) and the KF94 mask group ($F=35.55$, $p<.001$), and the respiratory rate showed a significant difference between the Dental mask group ($F=25.02$, $p=.001$) and the KF94 mask group($F=23.02$, $p=.002$). Therefore, in order to improve the quality of efficient chest compression and reduce the fatigue and physiological changes of rescuers, it will be necessary for rescuers to wear suitable personal protective equipment.

▶ **Key words:** Cardiopulmonary resuscitation, Personal protective equipment, Chest compression accuracy, Fatigue, Physiological change

-
- First Author: Sung-Hwan Bang, Corresponding Author: Hyo-Suk Song
 - *Sung-Hwan Bang (paramedic8@hanmail.net), Dept. of Special Warfare Medical Non-Commissioned Officer, Daejeon Health Institute of Technology
 - **Hyo-Suk Song (blueeye1112@hanmail.net), Dept. of paramedicine, Daejeon Health Institute of Technology
 - ***Gyu-Sik Shim (sks9619@kornu.ac.kr), Dept. of paramedicine, Korea Nazarene University
 - ***Hee-Jeong Ahn (ahj_p@kornu.ac.kr), Dept. of paramedicine, Korea Nazarene University
 - Received: 2023. 06. 22, Revised: 2023. 07. 21, Accepted: 2023. 07. 21.

[요 약]

본 연구는 심폐소생술 시 착용하는 마스크의 유형에 따라 심장압박의 정확도, 피로도 및 생리학적 변화를 파악하고자 한다. 연구는 2022년 5월 9일부터 12일까지 D대학교 응급구조과 재학생 중 BLS provider를 소지하고 있는 학생 총 24명을 대상으로 선정하여 수술 마스크(Dental mask), 미세입자 94%차단마스크(KF94 mask)를 각각 12명씩 착용하고 총 7회에 걸쳐 2분간 심폐소생술을 실시하였다. 연구 결과, 마스크 유형에 따른 구조자의 가슴압박의 질 분석에는 KF94를 착용한 그룹에서 압박속도($F=24.91$, $p<.001$),와 손의 위치불량($F=14.54$, $p=.024$)에서 유의한 차이를 보였고, 피로도를 분석한 결과에서는 Dental mask그룹($F=51.16$, $p<.001$)과 KF94그룹($F=63.49$, $p<.001$) 모두에서 유의한 차이를 보였다. 생리학적 변화를 분석한 결과에서 심박동수를 살펴보면, Dental mask그룹($F=34.79$, $p<.001$)과 KF94그룹($F=35.55$, $p<.001$) 모두에서 유의한 차이를 보였고, 호흡수 측정결과에서도 Dental mask그룹($F=25.02$, $p=.001$)과 KF94그룹($F=23.03$, $p=.002$) 모두에서 유의한 차이를 보였다. 따라서 현장활동의 가장 중요한 심폐소생술시에는 효율적인 가슴압박의 정확도와 구조자의 피로도 및 생리학적 변화의 감소를 위해서는 구조자의 유형에 따른 개인보호장비를 착용하는 것이 필요할 것이다.

▶ **주제어:** 심폐소생술, 개인보호장비, 심장압박 정확도, 피로도, 생리학적 변화

I. Introduction

1. The Necessity of Research

COVID-19, 메르스, 사스 등 호흡기 매개 감염병의 주기적인 발병으로 개인보호장비(personal protective equipment, PPE)에 대한 대국민 인식도는 매우 높아져 있다. 최근 질병관리청에서 실내 마스크 의무 착용을 해제 했지만 마스크는 일상에서 뗄 수 없는 일상생활 용품이 되어있다. 구급대원은 불특정 다수를 수없이 접촉하는 대상군으로 감염병 의심 환자에게 출동 할 때는 현장 활동 표준 지침[1]에 근거하여 Level D에 해당하는 PPE[2]를 착용해야 하고 그 외 환자에게는 기본 PPE의 하나인 마스크를 의무적으로 착용해야 한다. 마스크의 착용은 호흡기 매개 질환으로부터 구급대원과 환자를 보호하는 역할을 하지만 현장 활동 시 많은 신체적 움직임으로 인해 급격한 호흡량의 변화가 발생 되었을 때 호흡에 방해 요인으로 작용한다[3]. 특히 심정지 환자에게 출동 시에는 연속된 신체활동으로 인해 원활한 호흡량의 유지가 필수 이나[4] 마스크 필터의 성능에 따라 흡입되는 산소의 양에 차이가 발생하여 구급대원의 피로도를 향상 시킬 수 있다. 또한 착용 시 불편감은 구조자의 답답함을 형성하여 심리적 피로도를 높이는 요인이 되기도 한다[5]. 현장 활동에 효율적인 마스크의 착용은 구급대원의 현장 활동 능력을 향상시키고 구급대원의 피로도를 줄일 수 있다. 일부 선행연구에서는 Level D에 해당하는 전신 PPE의 착용과 구조자의 피로도 관계를 분석한 연구[6]가 있으나

마스크의 유형에 따른 피로도와 생리학적 변화를 분석한 연구는 찾아볼 수 없다. 따라서 마스크의 유형에 따라 심장 압박의 정확도, 제공자의 피로도 및 생리학적 변화에 미치는 영향을 확인하여 현장 활동에 적합한 마스크를 제안하고자 한다.

2. Purpose of Research

본 연구의 목적은 심정지 환자에게 시행하는 심폐소생술 시 안전보호구에 해당하는 마스크 유형에 따라 심장 압박의 정확도, 제공자의 피로도 및 생리학적 변화에 미치는 영향을 확인하기 위함이며 구체적인 연구의 목적은 다음과 같다.

- 마스크 유형에 따른 가슴압박의 정확도를 파악한다.
- 마스크 유형에 따른 가슴압박 제공자의 피로도를 파악한다.
- 마스크 유형에 따른 가슴압박 제공자의 생리학적 변화를 파악한다.

II. Research Method

1. Research Design

본 연구는 교육용 심폐소생술 마네킹을 이용하여 마스크 유형 착용 방법에 따라 심폐소생술을 시행한 후 가슴

압박의 정확도, 피로도 및 생리학적 차이를 비교 분석하기 위한 유사 실험설계 연구이다.

2. Participants and Data Collecting

본 연구의 대상자는 D대학의 Basic Life Support (BLS) Provider를 소지하고 있는 응급구조(학)과 재학생을 대상으로, 2022년 5월 9일부터 12일까지 진행하였고, 대상자는 자발적으로 참여하는 학생들 중 마스크를 착용하지 않은 상태에서 사전평가를 통해 심장압박 정확도가 95%이상으로 확인된 학생 최종 24명을 선정하고, 실험에 참여하였다. 실험 시에는 24개의 번호표를 만들어 학생들에게 뽑게하여 짝수 숫자를 뽑으면 Dental mask, 홀수 숫자를 뽑으면 KF-94 mask를 착용하게 하였다.

3. Research Tools

3.1 Chest Compression Accuracy

가슴압박의 정확도 측정은 교육용 실습마네킹(Resusci Anne QCPR, Laerdal, Stavanger, Norway)으로 사용하였으며, Fig. 1과 같은 모형으로 심장 압박률 깊이, 압박 속도, 각 가슴압박에 대한 정확도 및 손 위치 불량 등의 주요한 기술을 모니터링 할 수 있는 교육용 마네킹으로 측정하였다.



Fig. 1. Resusci Anne QCPR, Laerdal, Stavanger, Norway

3.2 Subjective Fatigue

대상자의 가슴압박에 따른 주관적 피로도 측정은 NRS(Numeric Rating Scale)를 사용하였으며, 왼쪽 끝에 0점이 '피로감 전혀 느끼지 못함'부터 오른쪽 끝에 10점 '견디기 힘든 정도의 피로감'에 따라 대상자가 느끼는 피로도를 측정하였다.

3.3 Physiological Changes

대상자의 생리학적 변화는 심박수, 호흡수 및 산소포화도 측정을 통해 분석하였으며, 심박수와 산소포화도 측정 도구는 MD300C26(주:태양메디텍)을 이용하여 측정하였다.

4. Data Analysis

수집된 자료는 SPSS WIN 26.0 program을 이용하여 분석하였으며, 두 그룹의 일반적 특성에 대한 동질성 검증은 χ^2 -test로, 마스크 유형에 따른 가슴압박의 정확도, 피로도 및 생리학적 변화의 차이를 검증하기 위해 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 실시하였고, 2분마다 측정 차이가 통계적으로 유의하면 Tukey 방법을 사용하여 사후검정을 분석하였다.

5. Research Ethical Considerations

본 연구는 D대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후(IRB No.1041490-20210527-HR-004), 대상자들의 윤리적 보호를 위해 연구목적과 방법을 충분히 설명한 후 자발적인 참여에 의해 사전평가를 하고, 평가에서 통과된 대상자들이 연구실험에 참여하였다. 또한 실험 연구 참여를 원하지 않을 때는 언제든지 철회할 수 있고, 중단하거나 거부하더라도 불이익이 없음을 설명하였다. 실험연구가 끝난 후에는 소정의 답례품을 제공하였다.

III. Results

1. Homogeneity of general characteristics

본 연구의 대상자의 성별은 여자 13명(54.2%), 남자 11명(45.8%)으로 평균 연령은 19.66세였다. 비만도는 비만이 11명(45.8%), 저체중이 9명(37.5%), 정상과 과체중이 각각 2명(8.3%)순으로 나타났으며, 가슴압박의 정확도의 자신감에 대해서는 '자신있음' 21명(87.5%), '자신없음' 3명(12.5%)이었다. 이상의 일반적 특성에 있어서 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없어 동질함을 확인하였다[Table 1].

2. Differences in Chest Compression Quality According to Mask Type

마스크 유형에 따른 가슴압박 정확도의 결과는 다음과 같다[Table 2]. Dental mask와 KF 94 mask를 각각 착용한 두 그룹에서 2분마다 교대로 7주기 가슴압박을 실시하였을 때 가슴압박 깊이의 차이는 유의한 결과를 보이지 않았고, 압박속도에서는 KF94 mask를 착용한 그룹이 심장 압박 1주기 시 109.16 ± 5.06 를 보이다가 7주기에는 105.16 ± 4.70 으로 유의한 차이를 보였다($F=24.91$, $p<.001$). 가슴압박 위치불량에서는 KF94 mask를 착용한 그룹에서 심장압박 횟수가 증가할수록 위치불량의 정도가

Table 1. Homogeneity of General Characteristics

(N=24)

Characteristic	Categories	Total (n=24)	Dental mask (n=12)	KF94 mask (n=12)	X ²	p
		n(%) or Mean±SD+	n(%)			
Age(Year)		19.66±.65				
Gender	Male	11(45.8)	5(41.7)	6(50.0)	3.08	.079
	Female	13(54.2)	7(58.3)	6(50.0)		
Body mass index (BMI)	<18.5	9(37.5)	5(20.8)	4(16.7)	5.20	.277
	18.5~22.9	2(8.3)	0(0)	2(8.3)		
	23~24.9	2(8.3)	2(8.3)	0(0)		
	≥ 25	11(45.8)	5(20.8)	6(25.0)		
		23.75±2.54				
Confidence in chest compression accuracy	Confidence	21(87.5)	10(83.3)	11(91.7)	0.21	.640
	Not confident	3(12.5)	2(16.7)	1(8.3)		

Table 2. Comparison Quality of Chest Compression Between the Two Groups

(N=24)

Variables	Groups	1st ^a	2nd ^b	3rd ^c	4th ^d	5th ^e	6th ^f	7th ^g	F (p) Tukey
Compression depth (mm)	DM (N=12)	58.16±2.16	58.75±1.13	57.75±1.05	58.50±1.78	55.83±8.59	60.50±9.18	58.41±1.44	3.38 (.759)
	KF94 (N=12)	58.00±1.95	58.66±1.61	58.58±1.08	58.50±1.67	58.16±2.24	58.08±1.92	57.75±2.26	6.84 (.335)
Average rate (n/min)	DM (N=12)	106.33±5.54	104.16±2.85	102.58±1.92	103.91±4.64	104.91±4.75	103.75±5.42	103.83±5.68	11.75 (.068)
	KF94 (N=12)	109.16±5.06	106.50±6.11	104.16±3.85	103.75±4.22	103.66±3.70	106.00±5.34	105.16±4.70	24.91 (<.001) a>b>c/ a>d/ a>e/ a>f/ a>g
Abnormal placement(n)	DM (N=12)	50.08±77.94	26.16±59.13	33.08±54.07	14.33±41.50	34.16±54.13	11.66±30.00	37.66±46.16	6.01 (.422)
	KF94 (N=12)	47.08±89.05	35.25±63.18	37.33±63.80	42.75±64.59	69.25±81.09	59.25±90.45	75.75±94.08	14.54 (.024) a>b,d

DM=dental mask; KF94=fine particle 94% blocking mask

증가하면서 유의한 차이를 보였다(F=14.54, p<.024).

3. Fatigue Difference According to Mask Type

마스크 유형에 따른 피로도 차이의 결과는 다음과 같다[Table 3]. Dental mask를 착용하고 심장압박을 실시한 그룹에서 횡수가 증가할수록 피로도가 유의하게 증가하였고(F=51.16, p<.001), KF94 mask를 착용한 그룹에서도 심장압박 횡수가 증가할수록 피로도가 유의하게 증가하였다(F=63.49, p<.001).

4. Differences in V/S According to Mask Type

마스크 유형에 따른 활력징후(V/S) 차이의 결과는 다음과 같다[Table 4]. Dental mask를 착용한 그룹에서

심장압박 횡수가 증가할수록 맥박수(F=34.79, p<.001)와 호흡수(F=25.02, p=.001)가 유의하게 증가하였고, KF94 mask를 착용한 그룹에서도 심장압박 횡수가 증가할수록 맥박수(F=35.55, p<.001)와 호흡수(F=23.03, p=.002)가 유의하게 증가하였다.

IV. Discussion

이상의 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의 하고자 한다. 첫째, KF94 마스크와 Dental mask를 착용한 상태에서 2분씩 7주기 동안 반복적으로 이루어진 가슴압박에서 가슴압박 깊이는 유의미한 차이가 없었다. 그러나 가슴압

Table 3. Comparison of Fatigue Between the Two Groups

(N=24)

Variables	Groups	pre ^a	1st ^b	2nd ^c	3rd ^d	4th ^e	5th ^f	6th ^g	7th ^h	F (p)
Fatigue	DM (N=12)	2.33±1.43	3.75±1.95	4.25±1.81	4.58±2.06	5.00±1.65	5.50±1.62	5.75±1.65	5.75±2.17	51.16 (<.001) a>b>c>d>e >f>g>h
	KF94 (N=12)	3.00±1.34	3.50±1.62	4.16±1.33	4.58±1.50	4.91±1.31	5.33±1.49	5.83±1.46	6.33±1.55	63.49 (<.001) a>b>c>d>e >f>g>h

DM=dental mask; KF94=fine particle 94% blocking mask

Table 4. Comparison of Physiological Change Between the Two Groups

(N=24)

Variables	Groups	pre ^a	1st ^b	2nd ^c	3rd ^d	4th ^e	5th ^f	6th ^g	7th ^h	F (p)
HR	DM (N=12)	81.25±10.03	12000±1686	121.33±17.08	129.41±15.29	131.41±25.68	133.33±19.91	132.08±27.12	126.91±24.60	34.79 (<.001) b,c,d,e,f,g,h>a/ d,e,f,g,h>b/ f,g>c/ f>b,c
	KF94 (N=12)	85.00±11.09	117.75±26.21	122.91±30.57	135.75±25.32	134.00±27.32	137.58±23.48	136.50±22.99	132.16±29.18	35.55 (<.001) b,c,d,e,h>a/ f,g>a,b/ d,f,g>b
RR	DM (N=12)	17.83±4.21	27.91±3.77	27.16±3.83	27.00±3.86	29.16±5.93	29.83±6.95	30.41±6.45	28.33±6.68	25.02 (.001) b,d,e,f,h>a/ c,f>a/ e,f>b
	KF94 (N=12)	18.66±3.52	26.75±5.37	26.16±7.30	29.00±6.79	29.66±6.65	30.00±6.76	29.16±7.69	31.00±11.83	23.03 (.002) b,c,d,e,f,g,h>a
SPO ²	DM (N=12)	97.58±1.88	96.08±3.55	97.08±1.56	97.33±2.38	95.41±4.07	96.16±2.85	96.41±3.67	95.16±4.50	6.23 (.513)
	KF94 (N=12)	97.16±2.51	96.58±2.60	96.33±1.96	94.83±2.85	95.00±3.83	94.83±3.15	95.00±1.95	95.91±2.19	11.86 (.105)

DM=dental mask; KF94=fine particle 94% blocking mask; HR=heart rate; RR=respiration rate; SPO²=saturation of percutaneous oxygen

박 속도와 압박위치 불량 횟수에서는 KF94 마스크 착용 군에서 유의미한 차이가 확인되었다.

가슴압박 속도는 KF94 착용 군에서 1주기 평균 109회/분의 압박속도에서 마지막 주기에는 103회/분의 속도로 유의하게 감소하는 흐름을 보였고 Dental mask 착용 군에서는 평균 106회/분에서 약 103회/분으로 유의하지는 않지만 가슴압박 속도가 저하된 것으로 나타났다.

이러한 결과는 비 마스크 대상자들에게 연속된 가슴압박을 수행 시켰을 때 주기가 반복 될수록 가슴압박 속도가 증가 되었던 연구들[6-8]과 상반되는 결과이다. 선행 연구들에서 가슴압박 주기가 반복될수록 가슴압박 속도가 빨라진 것은 알아지는 가슴압박 깊이를 보상하기 위한

심리적 조급함이 반영된 것으로 해석되었다[6]. 그러나 본 연구의 대상자가 훈련된 응급구조학과 학생 이었음에도 불구하고 KF94 착용만으로도 가슴압박 속도가 저하된 것은 마스크의 여과 효과가 오히려 호흡 불편을 형성하는 장애 요인[9]으로 작용하여 심리적 답답함과 급격한 체력 저하[10]를 유발 시켰기 때문으로 판단된다.

둘째, 압박위치 불량 횟수는 KF94 마스크 착용 군에서 주기가 반복될수록 유의미하게 증가하는 양상을 보였다. 선행연구에서 KF94 등급과 유사한 N95 마스크 착용이 Dental mask 착용에 비해 분당 환기율은 25.85%, 이산화탄소 배출율은 17.7% 감소 시켰다는 연구 결과[11]가 있다. 본 연구에서 KF94 착용 군의 압박위치 불량횟수가

1주기 평균 47회에서 7주기 평균 75회로 급격히 증가된 것은 후반기로 갈수록 누적된 환기량 저하가 가슴압박 집 중력을 현저히 낮춘 결과로 판단된다[12].

셋째, Dental mask과 KF94를 착용한 그룹 모두에서 반복된 가슴 압박에 따른 맥박수와 호흡수는 유의하게 증가 하였으나 산소포화도는 유의하지 않은 범위 내에서 감소하는 결과를 보였다. 마스크의 유형에 관계없이 유의하게 호흡수와 심박동수가 증가한 것은 연속된 심폐소생술에서 PPE착용 유무와 관계없이 활력징후가 증가한 선행연구 [13-15]와 같은 결과이나 산소포화도는 KF94 착용 군에서 3주기 이후 평균 94-95%의 경미한 저산소증을 보이고 있어 격렬한 신체 활동 시 KF94의 착용보다는 Dental mask의 착용으로 적절한 산소 포화도를 유지하는[16,17] 것이 구조자의 안전에 도움이 될 것으로 판단된다.

넷째, 마스크 유형에 따른 주관적 피로도 차이는 Dental mask과 KF94 착용 군 모두에서 압박 횟수가 증가할수록 피로도가 유의하게 증가하였다. 주관적 피로도 점수는 두 그룹 모두 1주기 구간에서 가장 크게 증가하였으나 Dental mask는 5주기 이후 점수 차이가 크지 않았던 반면 KF94 착용 군에서는 매 주기마다 0.5이상의 점수 차이로 7주기까지 지속적으로 증가하여 피로가 누적되고 있음을 확인할 수 있었다. 유사 선행 연구에서 주관적 피로도는 교대 인원의 수가 적을수록[18], 가슴압박 지속시간이 길수록[19] 그리고 Level D 보호복을 착용했을 때 피로도가 더 빨리, 더 높게 상승했다[6].

장시간 심폐소생술과 같은 격렬한 신체움직임 중 마스크 착용은 호기 시 방출되는 습기로 인해 마스크 필터의 여과율이 저하되고[20] 가중된 환기량의 저하를 유발해 호흡 불편감과 답답함을 형성할 수 있다[21]. 따라서 Dental mask를 착용하거나 주기적으로 마스크를 교체하여 호흡 편의를 증가시킨다면 급격한 주관적 피로도의 상승은 지연시킬 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 결과 KF94 마스크착용은 Dental mask 착용에 비해 가슴압박 속도, 압박위치와 주관적 피로도에 부정적인 영향을 미쳐 감염병 의심 환자가 아니라면 Dental mask착용이 구급대원의 현장 업무 능력 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.

V. Conclusions and Suggestions

본 연구는 심폐소생술 시 착용하는 마스크의 유형에 따라 심장압박의 정확도, 피로도 및 생리학적 변화의 차

이를 파악하고자 수행되었다.

연구는 2022년 5월 9일부터 12일까지 D대학교 응급구조과 재학생 중 BLS provider를 소지하고 있는 학생 총 24명을 대상으로 선정하여 수술 마스크(Dental mask, DM), 미세입자 94%차단마스크(KF94 mask)를 각각 12명씩 착용하고 총 7회에 걸쳐 2분간 심폐소생술을 실시하였다. 연구 결과, 마스크 유형에 따른 구조자의 가슴압박의 정확도 분석에는 KF94를 착용한 그룹에서 압박속도와 가슴압박 위치불량에서 유의한 차이를 보였고 피로도를 분석한 결과에서는 DM그룹과 KF94그룹 모두에서 유의한 차이를 보였다. 생리학적 변화에서는 심박동수와 호흡수 모두에서 유의한 차이를 보였다. 본 연구는 구급대원의 현장 업무를 가정한 시뮬레이션 연구이므로 연구결과를 일반화 하기는 어려우나 마스크의 종류가 인체의 생리학적 변화를 유발하고 심폐소생술의 정확도에 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인한 것에 의미를 부여 할 수 있다

따라서 감염병 의심 환자가 아닌 경우 DM착용은 구급대원의 현장 활동 능력을 향상시키고 구급대원의 피로도를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported in part by the Daejeon Health Institute of Technology. Research Grant.

REFERENCES

- [1] National Fire Agency, "Statistical Yearbook of 119 Emergency Services in 2023", 2023.
- [2] S. J. Kim, S. W. Lee, E. J. Lee, A. J. Lee, W. Y. Jang, S. H. Cha, S. H. Sung and H. S. Choi, "Comparing Hospital Disaster Preparedness/Response System in Korea and Those in other Countries", Research Institute for Healthcare Policy, pp. 270-315, 2019.
- [3] Y. M. No, Y. J. Nam, H. R. Lee, T. H. Kim, C. H. Kim and S. D. Shin, "Fundamental Research for the Development of Personal Protective Equipment for Emergency Medical Technicians", The Korean Journal of Emergency Medical Service, Vol. 22, No. 1, pp. 83-97, April 2018. DOI: 10.14408/KJEMS.2018.22.1.083.
- [4] D. M. Shin, S. Y. Kim, S. D. Shin, C. H. Kim, T. H. Kim, K. Y. Kim, J. H. Kim and E. J. Hong, "Effect of Wearing Personal Protective Equipment on Cardiopulmonary

- Resuscitation: Focusing on 119 Emergency Medical Technicians”, *The Korean Journal of Emergency Medical Services*, Vol. 19, No. 3, pp. 19-32, December 2015. DOI: 10.14408/KJEMS.2015.19.3.019.
- [5] L. Szarpak, Z. Truszczyński, R. Gałązkowski and L. Czyżewski, “Comparison of Two Chest Compression Techniques When using CBRN-PPE: A Randomized Crossover Manikin Trial”, *The American Journal of Emergency Medicine*, Vol. 34, No. 5, pp. 913-915, February 2016. DOI: 10.1016/j.ajem.2016.02.029.
- [6] H. J. Ahn, G. S. Shim, S. H. Bang, H. S. Song and S. E. Han, “Measuring rescuer's fatigue by evaluating varying sized groups of rescuers performing chest compressions on a manikin study for suspected COVID-19 patients”, *The Korean Journal of Emergency Medical Services*, Vol. 25, No. 3, pp. 81-92, December 2021. DOI: 10.14408/KJEMS.2021.25.3.081
- [7] G. S. Han, J. W. Kim and B. J. Cho, “The Effect of Heart Rate, Blood Lactate Concentration by Changes of 30:2 Compression-ventilation Ratio in the Rescuer”, *Korean Society of Sport and Leisure Studies*, Vol. 40, No. 2, pp. 595-602, May 2010. DOI: 10.51979/KSSLS.2010.05.40.595
- [8] J. Y. Park, S. T. Park, T. W. Jun, W. S. Eom, D. G. Lee, I. R. Park and H. J. Kang, “Prediction of energy expenditure during exercise through heart rate in young adult”, *Exercise Sci*, Vol. 13, No. 3, pp. 311-322, August 2004.
- [9] S. H. Hong, Y. S. Yang and S. K. Han, “Effect of Level D Personal Protective Equipment on Chest Compression for Pre-hospital Arrest Patients with Suspected or Confirmed COVID-19: A Randomized Crossover Simulation Trial”, *Korean Journal of Emergency Medical Service*, Vol. 25, No. 1, pp. 23-36, April 2021. DOI: 10.14408/KJEMS.2021.25.1.023.
- [10] J. L. Martin-Conty, et al. “Physiological Response of Quality Cardiopulmonary Resuscitation, Crossover Trial on Mannequin in Extreme Temperature Conditions”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 17, No. 16, pp. 5835 August 2020. DOI: 10.3390/ijerph17165835.
- [11] P. S. Y. Tong, et al. “Respiratory consequences of N95-type Mask usage in pregnant healthcare workers-a controlled clinical study”, *Antimicrobial Resistance & Infection Control*. Vol. 4, No. 1, pp. 1-10, November 2015. DOI: 10.1186/s13756-015-0086-z.
- [12] J. S. Lee, S. W. Chung, I. B. Kim, S. Y. Park, J. M. Yeo and J. W. Ko, “Quality and rescuer's fatigue with repeated chest compression: A simulation study for in-hospital 2 persons CPR”. *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 21, No. 3, pp. 299-306, June 2010.
- [13] Y. J. Park, J. W. Jung and B. W. Kim, “Comparisons of the Quality of Chest Compression and Fatigue Levels of the Rescuer for Different Hand Techniques used in Cardiopulmonary Resuscitation”, *The Korean Journal of Emergency Medical Services*, Vol. 23, No. 3, pp. 67-81, December 2019. DOI: 10.14408/KJEMS.2019.23.3.067.
- [14] M. K. Lee, J. O. Yang, J. H. Jung, K. J. Lee and Y. S. Cho, “The Effects on Fatigue and Accuracy of Cardiopulmonary Resuscitation of the Verbal-order Method Based on Different Time Intervals (3, 4min)”, *Journal of the Korean Data and Information Science Society*, Vol. 27, No. 2, pp. 409-417, March 2016. DOI: 10.7465/jkdi.2016.27.2.409.
- [15] G. L. Jeon, Y. C. Cho, H. J. Ahn, W. J. Jeong, Y. H. You, J. S. Park and K. H. Joo, “The Impact of Rescuer's Posture on Quality of Chest Compressions in Hospital Cardiopulmonary Resuscitation: A Randomized Crossover Mannequin Study”, *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 31, No. 6, pp. 527-533, December 2020.
- [16] M. S. Jang and Y. J. Tak, “The variation of elapsed time on fatigue and quality of single rescuer cardiopulmonary resuscitation”, *Korean J Emerg Med Ser*, Vol. 17, No. 1, pp. 9-19, April 2013. DOI: 10.14408/KJEMS.2013.17.1.009
- [17] F. Martín-Rodríguez, “Metabolic Fatigue in Resuscitators using Personal Protection Equipment Against Biological Hazard”, *Investigacion y Educacion en Enfermeria*, Vol. 37, No. 2, pp. e04 June 2019. DOI: 10.17533/udea.ice.v37n2e04.
- [18] S. E. Han, H. J. Ahn, G. S. Shim, S. H. Bang and H. S. Song, “Effects of 60 Minutes Cardiopulmonary Resuscitation on Blood Lactic Acid Concentration, Heart Rate, and Rating of Perceived Exertion in Rescuers”, *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 27, No. 8, pp. 195-202, August 2022. DOI: 10.9708/jksci.2022.27.08.195
- [19] C. H. Chang, et al. “The Feasibility of Emergency Medical Technicians Performing Intermittent High-quality Cardiopulmonary Resuscitation”, *International Journal of Medical Sciences*, Vol. 18, No. 12, pp. 2615-2623, April 2021. DOI: 10.7150/ijms.59757.
- [20] H. Ueki, et al. “Effectiveness of face masks in preventing airborne transmission of SARS-CoV-2”, *MSphere*, Vol. 5, No. 5, pp. e00637-20, October 2020. DOI: 10.1128/msphere.00637-20
- [21] I. J. Rao, J. J. Vallon and M. L. Brandeau, “Effectiveness of Face Masks in Reducing the Spread of COVID-19: A Model-Based Analysis”, *Medical Decision Making*, Vol. 41, No. 8, pp. 988-1003, April 2021, DOI: 10.1177/0272989X2111019029

Authors



Sung-Hwan Bang received the Ph. D. degrees in Department Emergency Medical Technology from Kangwon National University, Korea, in 2020. Dr. Bang is currently an Associate Professor in the

Department of Special Warfare Medical Non-Commissioned Daejeon Health Institute of Technology. He has a long career as a firefighter 119 paramedic.



Hyo-Suk Song received the Ph.D. degrees in department nursing from Soonchunhyang University, Korea, 2012. Dr. Song is currently an Assistant Professor in the Department of Emergency Medical Service,

Daejeon Health Institute of Technology.



Gyu-Sik Shim received the B.S., M.S. degrees in Emergency Medical Technology from Kongju National University, Korea, in 2007, 2010 respectively. And Ph.D. degrees in Health Science from Wonkwang

University, Korea, in 2014. Dr. Shim joined the faculty of the Department of Emergency Medical Technology at Korea Nazarene University, Cheon-an, Korea, in 2013. He is currently a Professor in the Department of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University. He is interested in Emergency Medical Technology.



Hee-Jeong Ahn received the B.S., M.S. degrees in Emergency Medical Technology from Kongju National University, Korea, in 2006, 2010 respectively. And Ph.D. degrees in Health Science from Wonkwang

University, Korea, in 2021. Dr. Ahn joined the faculty of the Department of Emergency Medical Technology at Korea Nazarene University, Cheon-an, Korea, in 2019. She is currently a Professor in the Department of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University. She is interested in Emergency Medical Technology.