

## Effects of 60 Minutes Cardiopulmonary Resuscitation on Blood Lactic Acid Concentration, Heart Rate, and Rating of Perceived Exertion in Rescuers

Seung-Eun Han\*, Hee-Jeong Ahn\*, Gyu-Sik Shim\*, Sung-Hwan Bang\*\*, Hyo-Suk Song\*\*\*

\*Professor, Dept. of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University, Cheonan, Korea

\*Professor, Dept. of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University, Cheonan, Korea

\*Professor, Dept. of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University, Cheonan, Korea

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

\*\*\*Professor, Dept. of Emergency Medical Service, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon, Korea

### [Abstract]

In this study, when cardiopulmonary resuscitation continued for a long time, the rescuer's blood lactic acid concentration, heart rate, and rating of perceived exertion were measured to identify the change in the rescuer's fatigue. Data collection was conducted from July 5 to July 9, 2021, with a total of 24 students, 12 students department of special warfare medical non-commissioned officer, and 12 students department of emergency medical technology at D University, undergoing a two-person alternative chest compression resuscitation for 60 minutes. As a result of the study, the rescuer's blood lactic acid concentration, heart rate, rating of perceived exertion, and chest compression speed were significantly changed according to the duration of CPR ( $p<.001$ ,  $p<.001$ ,  $p<.001$ ,  $p<.001$ ). blood lactic acid concentrations at every measurement cycle (30 minutes, 40 minutes, 50 minutes, 60 minutes) showed a significant positive correlation with heart rate ( $r=.696$ ,  $p<.001$ ,  $r=.672$ ,  $p<.001$ ,  $r=.709$ ,  $p<.001$ ,  $r=.782$ ,  $p<.001$ ), there was also a significant positive correlation with the rating of perceived exertion ( $r=.476$ ,  $p<.05$ ,  $r=.426$ ,  $p<.05$ ,  $r=.470$ ,  $p<.05$ ,  $r=.470$ ,  $p<.05$ ). Therefore, monitoring the fatigue of rescuers using heart rate and rating of perceived exertion will be useful for maintaining high-quality chest compression in situations where cardiopulmonary resuscitation is required for a long time.

▶ **Key words:** 60 minutes, Cardiopulmonary Resuscitation, Blood Lactic acid, Heart Rate, Rating of perceived exertion, Fatigue

• First Author: Seung-Eun Han, Corresponding Author: Gyu-Sik Shim

\*Seung-Eun Han (emthan@kornu.ac.kr), Dept. of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University

\*Hee-Jeong Ahn (ahj\_p@kornu.ac.kr), Dept. of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University

\*Gyu-Sik Shim (sks9619@kornu.ac.kr), Dept. of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University

\*\*Sung-Hwan Bang (paramedic8@hanmail.net), Dept. of Special Warfare Medical Non-Commissioned Officer, Daejeon Health Institute of Technology

\*\*\*Hyo-Suk Song (blueeye1112@hit.ac.kr), Dept. of Emergency Medical Service, Daejeon Health Institute of Technology

• Received: 2022. 07. 13, Revised: 2022. 08. 01, Accepted: 2022. 08. 08.

## [요 약]

본 연구에서는 장시간 심폐소생술 지속 시 구조자의 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도를 측정함으로써 구조자의 피로도 변화를 파악하고자 하였다. 자료수집은 2021년도 7월 5일부터 7월 9일까지 D 대학교 특전의무부사관과 학생 12명, 응급구조학과 학생 12명 총 24명을 대상으로 60분 동안 2인 교대 가슴 압박 소생술을 수행하였다. 연구 결과 심폐소생술 지속시간에 따른 구조자의 혈중 젖산 농도, 심박동수, 주관적 피로도인 운동 자각도, 가슴 압박 속도는 유의미한 변화가 있었다( $p < .001$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ ,  $p < .001$ ). 매 측정 주기(30분, 40분, 50분, 60분) 시 혈중 젖산 농도는 심박동수와 유의한 정적 상관관계가 나타났으며( $r = .696$ ,  $p < .001$ ,  $r = .672$ ,  $p < .001$ ,  $r = .709$ ,  $p < .001$ ,  $r = .782$ ,  $p < .001$ ), 운동자각도와도 유의한 정적 상관관계가 나타났다( $r = .476$ ,  $p < .05$ ,  $r = .426$ ,  $p < .05$ ,  $r = .470$ ,  $p < .05$ ,  $r = .470$ ,  $p < .05$ ). 따라서 장시간 심폐소생술이 요구되는 상황에서 심박동수와 운동자각도를 활용한 구조자의 피로도 모니터링은 고품질의 가슴 압박을 유지하는데 유용할 것이다.

▶ **주제어:** 60분, 심폐소생술, 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도, 피로도

## I. Introduction

2020년 한국 심폐소생술 가이드라인[1]에서는 고품질의 심폐소생술(High quality CPR)을 강조하고 있다. 고품질의 심폐소생술을 위해서는 고품질의 가슴 압박, 과도한 폐환기의 금지, 신속한 제세동 등이 필수적이다. 고품질의 가슴 압박은 성인의 경우 깊이 약 5 cm, 속도 분당 100~120회로 시행해야 하며 가슴 압박 후 충분한 이완, 가슴 압박 중단시간의 최소화가 이루어져야 한다. 가슴 압박 중단시간의 최소화는 환자의 생존을 향상과 높은 상관관계가 있고[2], 전문기도가 삽관되어있는 경우 가슴 압박의 중단 없이 심폐소생술을 실시할 수 있다. 가슴 압박 심폐소생술은 2분 동안 휴식 없이 가슴 압박을 수행함으로써 30:2로 수행하는 표준 심폐소생술에 비해 구조자의 피로가 더욱 증가한다.

심폐소생술에 따른 구조자의 피로를 예방하고 질 저하를 막기 위해서 2명 이상의 구조자가 2분 혹은 5주기 간격으로 가슴 압박을 교대하도록 권고하고 있다[3]. 그러나, COVID-19와 같이 전염병 노출 가능성이 있을 때에는 구조자의 안전을 위해 최소 인력으로 가슴 압박 소생술을 수행하게 된다. 또한, 병원 전 이송을 책임지는 119구급대의 인력 편성 기준은 3인 탑승을 기준으로 하고 있으나 현재까지 일부 지역의 경우 2인 탑승으로 구급대가 운영되고 있어[4] 심폐소생술 지침의 권고가 지켜지지 않는 경우가 많이 발생하고 국내 응급의료 취약지의 경우 닥터헬기로 23분, 구급차로 148분이 소요되는 등 환자 이송에 30분을 초과하는 장시간 이송이 발생하여[5,6] 제한된 인원으로 장시간 심폐소생술을 수행하게 되면 구조자의 피로는 더

욱 증가한다.

피로도는 가슴 압박 정확도에 영향을 줄 수 있기 때문에 구조자의 피로도 모니터링은 필요하다. 피로도를 모니터링하는 도구로는 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도를 주로 사용하고 있다[7-12]. 혈중 젖산은 근육세포 대사 시 나타나는 부산물으로써[13], 전신의 근육 피로도를 예측하는 지표로 사용되고 있다[14]. 심박동수는 세포의 산소요구량 증가 유무에 따라 변화한다[15]. 운동자각도[16]는 구조자가 자각하는 심리적·신체적 주관적 피로 정도를 파악함으로써 운동 강도를 예측한다[17].

장시간 심폐소생술은 구조자의 피로 누적으로 가슴 압박 정확도에 영향을 줄 수 있어 구조자의 피로도 모니터링을 위한 연구가 필요하다. 30분 동안 심폐소생술을 수행한 연구에서 질 저하 없이 가슴 압박이 제공된 보고가 있었으나[8] 30분 이상 심폐소생술을 지속했을 때 가슴 압박 정확도에 관한 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 24명의 대상자가 60분 동안 2인 교대 가슴 압박 소생술을 실시하였고, 심폐소생술 지속 시 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도를 측정함으로써 구조자의 피로도 변화를 파악하여 심정지 환자의 예후 향상을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. Methods

### 1. Study subjects

본 연구의 대상자는 D 대학교 특전의무부사관과 학생 12명, 응급구조학과 학생 12명인 총 24명으로 미국심장협회의 BLS(Basic Life Support) provider 과정 이수자 또는 2급 응급구조사 자격증 소지자로 모집기준을 설정하였다<Table 1>. 실험 시작 일주일 전 2분간 가슴 압박 정확도 95% 이상을 참여 기준으로 제한하고 기준에 부합한 전원을 실험에 참여시켰다. 대상자는 연구의 취지, 목적, 방법에 서면 동의하였으며, 사전 설명을 통해 연구 도중 신체에 이상 증상을 호소하거나 중단을 희망하는 경우 중단할 수 있음을 고지하였다.

Table 1. General characteristics of the subjects (N=24)

Variable		N(%), Mean±SD
Sex	male	12(50.0)
	female	12(50.0)
Age		21.12±1.19
BMI		23.51±3.65

BMI: Body Mass Index

### 2. Collecting Data

본 연구는 2021년도 7월 5일부터 7월 9일까지 진행하였으며, 연구 시작 전 대상자의 키, 몸무게를 수집하여 BMI(Body Mass Index: 체질량지수)를 산출하였다. 심폐소생술은 전문기도유지가 되었다는 가정으로 가슴 압박만을 수행하였으며, 가슴 압박 교대는 10초 이내에 이루어졌다. 대상자의 피로도는 2인 심폐소생술 시작 전, 30분, 40분, 50분, 60분 시점에 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도를 측정하였다. 가슴 압박 정확도는 시작부터 30분까지, 이후 40분까지, 이후 50분까지, 이후 60분까지 누적된 데이터를 수집하였다.

### 3. Data Collection Tools

#### 3.1 Blood lactatic acid concentration

대상자의 혈중 젖산 농도 측정 도구는 휴대용 장비로 ROCHE 사의 Accutrend plus를 사용하였다. 가슴 압박이 끝난 직후 대상자의 손가락 끝을 채혈하여 스트립에 점적하고 혈중 젖산 농도를 확인하였다.

#### 3.2 Heart rate(HR)

대상자의 심박동수는 가슴 압박이 끝난 직후 손가락에 적용하여 측정하였으며, 측정 도구는 (주)태양 메디텍의 MD300C26을 사용하였다.

#### 3.3 Saturation of percutaneous oxygen(SpO2)

대상자의 산소포화도는 가슴 압박이 끝난 직후 손가락에 적용하여 측정하였으며, 측정 도구는 (주)태양 메디텍의 MD300C26을 사용하였다.

#### 3.4 Rating of Perceived Exertion(RPE)

대상자의 주관적 피로도의 도구로 Borg(1982)[16]가 개발한 RPE(Rating Perceived Exertion: 운동자각도)를 사용하였다. RPE는 6점부터 20점까지 15단계로 구성되었으며, 6점은 '전혀 힘들지 않음', 7~8점은 '극도로 쉬움', 9~10점은 '매우 쉬움', 11~12점은 '적당히 쉬움', 13~14점은 '약간 힘들', 15~16점은 '힘들', 17~18점은 '매우 힘들', 19점은 '극도로 힘들', 20점은 '최대노력'을 뜻한다. 매 측정 시 대상자는 표를 보고 점수를 선택하고 연구자는 즉시 기록하였다.

#### 3.5 Chest Compression Accuracy

가슴 압박 정확도는 2020 한국 심폐소생술 지침에서 권고하고 있는 고품질 심폐소생술의 기준으로 가슴 압박 깊이, 속도, 충분한 이완, 정확한 압박 위치 중 가슴 압박 깊이(50~60 mm)와 가슴 압박 속도(100~120회/분)를 본 연구의 정확도 지표로 사용하였다. 측정 도구는 Laerdal사의 Resusci<sup>®</sup> Anne CPR-D/ skill reporter를 사용하였다.

### 4. Data Analysis

측정한 자료는 IBM SPSS statistics 25로 분석하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였으며, 심폐소생술 지속시간에 따른 정확도 및 피로도 지표들은 반복 측정 분산분석(repeated measured ANOVA)으로 분석하였다. 심폐소생술 지속시간에 따른 정확도 및 피로도 지표 간의 상관관계를 파악하기 위해 피어슨의 상관관계 분석(Pearson's correlation analysis)을 실시하였다. 통계적으로 유의 수준은  $p < .05$ 로 설정하였다.

## III. Results

### 1. Fatigue depending on the duration of chest compression

가슴 압박 지속시간에 따른 피로도는 <Table 2>와 같다. 혈중 젖산 농도는 안정 시 1.42 mmol/L에서 30분 후 4.85 mmol/L까지 증가하였으며, 40분 후 4.29 mmol/L,

50분 후 3.90 mmol/L로 감소하다가 60분 후 4.05 mmol/L으로 나타났다.

심박동수는 안정 시 분당 평균 86회였으나 30분 후 분당 평균 144회까지 상승하였다. 40분 후 분당 평균 143회, 50분 후 분당 평균 141회로 감소하다가 60분 후 분당 평균 142회로 나타났다.

산소포화도 수치는 안정 시 평균 97.96%이었으며, 30분 후 평균 97.42%, 40분 후 평균 97.50%, 50분 후 평균 97.50%, 60분 후 평균 97.67%로 모든 측정 주기에서 평균 97%를 유지하였다.

운동자각도는 안정 시 평균 7.29점에서 30분 후 평균 13.21점, 40분 후 평균 13.79점, 50분 후 평균 14.33점, 60분 후 평균 14.33점으로 상승 추세를 보였다.

가슴 압박 지속시간에 따른 피로도의 주 효과를 검증하기 위해 반복 측정 분산분석을 실시한 결과는 <Table 3>과 같다. 가슴 압박 지속시간에 따라 SpO<sub>2</sub>는 유의한 차이가 없었으나, 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도는 가슴 압박 지속시간에 따라 유의한 것으로 나타났다 ( $p < .001$ ).

Table 2. Fatigue depending on the duration of chest compression N=24, M±SD

Time	Lactate	HR	SpO <sub>2</sub>	RPE
pre	1.42±0.88	86.13±13.57	97.96±1.04	7.29±1.94
30min	4.85±2.48	144.71±21.88	97.42±1.10	13.21±1.96
40min	4.29±2.15	143.21±21.82	97.50±0.88	13.79±2.17
50min	3.90±1.58	141.88±27.01	97.50±0.78	14.33±1.95
60min	4.05±2.07	142.04±25.45	97.67±1.00	14.33±2.14

HR: Heart rate, RPE: Rating of perceived exertion, SpO<sub>2</sub>: Saturation of percutaneous oxygen

Table 3. Result of repeated measure ANOVA of Fatigue during chest compression

Variable		Type III SS	Df	Mean square	F	p
Lactate	Times(A)	168.260	2.408	69.886	24.592	<.001
	error	157.364	55.375	2.842		
HR	Times(A)	62139.867	2.317	26819.471	94.076	<.001
	error	15192.133	53.290	285.083		
SpO <sub>2</sub>	Times(A)	4.467	4.000	1.117	1.412	0.236
	error	72.733	92.000	0.791		
RPE	Times(A)	863.450	2.164	398.971	99.621	<.001
	error	199.350	49.776	4.005		

HR: Heart rate, RPE: Rating of perceived exertion, SpO<sub>2</sub>: Saturation of percutaneous oxygen, Lactate: Blood Lactic concentrate

## 2. Accuracy of chest compression depending on the duration of chest compression

가슴 압박 지속시간에 따른 정확도는 <Table 4>와 같다. 가슴 압박 시작 30분 후 가슴 압박 깊이는 평균 54.68 mm, 40분 후 평균 54.31 mm, 50분 후 평균 54.46 mm, 60분 후 평균 54.58 mm로 측정 주기 모두 평균 54.50 mm를 유지하는 것으로 나타났다.

가슴 압박 속도는 가슴 압박 시작 30분 후 분당 평균 113회, 40분 후 분당 평균 116회, 50분 후 분당 평균 117회, 60분 후 분당 평균 118회로 증가하였다.

가슴 압박 지속시간에 따른 정확도의 주 효과를 검증하기 위해 반복 측정 분산분석을 실시한 결과는 <Table 5>와 같다. 가슴 압박 지속시간에 따라 가슴 압박 속도는 점차 증가하며 유의한 결과를 보였으나( $p < .001$ ), 가슴 압박 깊이는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 4. Accuracy of chest compression depending on the duration of chest compression N=24, M±SD

Time	CC Depth	CC Rate
30min	54.68±4.46	113.93±4.69
40min	54.31±4.19	116.85±5.54
50min	54.46±3.90	117.88±5.65
60min	54.58±4.01	118.54±6.39
Total	54.50±3.87	116.80±5.37

CC: Chest compression

Table 5. The result of repeated measure ANOVA of chest compression accuracy according to the duration of chest compression

Variable		Type III SS	Df	Mean square	F	p
CC Depth	Times(A)	1.827	1.649	1.108	0.213	.766
	error	197.152	37.923	5.199		
CC Rate	Times(A)	298.216	1.674	178.111	29.874	<.001
	error	229.596	38.510	5.962		

CC: Chest compression

## 3. The correlation between fatigue and chest compression accuracy

30분, 40분, 50분, 60분에 해당하는 구조자의 피로도와 가슴 압박 정확도의 상관관계를 확인하기 위해 피어슨의 상관관계 분석(Pearson's correlation analysis)을 실시하였다<Table 6>.

가슴 압박 심폐소생술 30분, 40분, 50분, 60분 매 측정 주기에서 혈중 젖산 농도는 심박동수( $r = .696$ ,  $p < .001$ ,

Table 6. The correlation between fatigue and chest compression accuracy

Time	variable	30min Lactate	30min HR	30min SpO2	30min RPE	30min CC Depth	30min CC Rate
30min	Lactate	1					
	HR	.696*** (p=.000)	1				
	SpO2	.034 (p=.873)	.022 (p=.920)	1			
	RPE	.476* (p=.019)	.424* (p=.039)	.140 (p=.515)	1		
	CC Depth	-.015 (p=.945)	-.067 (p=.755)	-.474* (p=.019)	-.285 (p=.178)	1	
	CC Rate	.126 (p=.557)	.022 (p=.918)	.405* (p=.050)	.403 (p=.051)	-.242 (p=.256)	1
Time	variable	40min Lactate	40min HR	40min SpO2	40min RPE	40min CC Depth	40min CC Rate
40min	Lactate	1					
	HR	.672*** (p=.000)	1				
	SpO2	.083 (p=.698)	-.057 (p=.790)	1			
	RPE	.426* (p=.038)	.490* (p=.015)	.125 (p=.561)	1		
	CC Depth	-.236 (p=.267)	-.188 (p=.378)	-.073 (p=.733)	-.532** (p=.008)	1	
	CC Rate	.126 (p=.557)	.022 (p=.918)	.405* (p=.050)	.403 (p=.051)	-.242 (p=.256)	1
Time	variable	50min Lactate	50min HR	50min SpO2	50min RPE	50min CC Depth	50min CC Rate
50min	Lactate	1					
	HR	.709*** (p=.000)	1				
	SpO2	.055 (p=.799)	.088 (p=.684)	1			
	RPE	.470* (p=.021)	.689*** (p=.000)	.143 (p=.505)	1		
	CC Depth	-.314 (p=.135)	-.108 (p=.615)	-.007 (p=.974)	-.396 (p=.056)	1	
	CC Rate	.233 (p=.273)	.033 (p=.878)	-.025 (p=.909)	.079 (p=.714)	-.056 (p=.795)	1
Time	variable	60min Lactate	60min HR	60min SpO2	60min RPE	60min CC Depth	60min CC Rate
60min	Lactate	1					
	HR	.782*** (p=.000)	1				
	SpO2	.317 (p=.132)	.350 (p=.094)	1			
	RPE	.470* (p=.020)	.615** (p=.001)	.397 (p=.055)	1		
	CC Depth	-.118 (p=.582)	-.123 (p=.568)	-.057 (p=.790)	-.348 (p=.096)	1	
	CC Rate	.068 (p=.750)	-.087 (p=.688)	.151 (p=.481)	-.058 (p=.787)	.159 (p=.459)	1

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

HR: Heart rate, RPE: Rating perceived exertion, CC: Chest compression, SpO2: Saturation of percutaneous oxygen

r=.672, p<.001, r=.709, p<.001, r=.782, p<.001), RPE(r=.476, p<.05, r=.426, p<.05, r=.470, p<.05, r=.470, p<.05)와 유의한 정(+)적 상관관계를 보였고, 가슴 압박 심폐소생술 30분 후에 산소포화도는 가슴 압박 깊이

(r=-.474, p<.05), 가슴 압박 속도(r=.405, p<.05)와 유의한 정적 상관관계를 보였다.

가슴 압박 심폐소생술 40분 후에 RPE는 가슴 압박 깊이(r=-.532, p<.01)와 유의한 정적 상관관계를 보였으며,

50분 후와 60분 후에서 심박동수는 RPE( $r=.689$ ,  $p<.001$ ,  $r=.615$ ,  $p<.01$ )와 유의한 정적 상관관계를 보였다.

#### IV. Discussion

상기 결과를 바탕으로 다음과 같이 고찰하고자 한다.

혈중 젖산 농도는 가슴압박 소생술 시작 30분 후 가장 높은 수치로 측정되었고 이후 50분 후 감소하였으며 60분 후에 약간 상승하는 추이를 보였다. 젖산은 운동 시 생성되는 피로물질로 알려졌으나, 약 75% 정도는 산화되어 에너지원으로 사용된다[18]. 또한, 젖산은 에너지원으로서 전환이 빠르며, 젖산의 생성과 전환으로 인한 소비 속도가 비슷하면 혈중 젖산 농도가 일정하게 유지된다[18]. 본 연구에서 30분 후 측정된 혈중 젖산 농도가 안정시에 비해 급격히 증가한 것은 젖산의 소비보다 생성 속도가 빨랐고, 이후 혈중 젖산 농도의 감소는 젖산의 소비 속도가 이전에 비해 빨라져서 나타난 것으로 판단된다.

심폐소생술 지속시간에 따른 심박동수는 60분까지 평균 140회/분을 유지하는 결과로 나타났다. 선행연구에서 10분 동안 심폐소생술 지속 시 평균 109회/분이었고[9], 30분 동안 심폐소생술 시 평균 134회/분이었다[10]. 10분, 30분간의 선행연구에 이어 60분 후 본 연구에서 심박동수가 점차적인 증가를 보인 것은 심박동수는 에너지 소비량과 높은 상관관계가 있으며[19], 운동강도에 비례하여 나타난다[20]는 것을 의미한다. 따라서 심박동수를 피로도의 모니터 지표로 활용할 수 있을 것이다.

심폐소생술 지속시간에 따른 주관적 피로도는 평균 13.91(약간 힘들)로 나타났다. 이는 소방관이 방화복과 공기호흡기를 착용하고 5층의 요구조자를 구출하기 위해 뛰어 올라갔을 때 느끼는 피로도와 동일한 강도이다[21]. 30분 동안 심폐소생술 교대자 수에 따른 주관적 피로도를 분석한 연구[10]에서 2인 교대의 경우 주관적 피로도가 '약간 힘들'으로 본 연구와 유사하였으며, 3인 교대, 4인 교대 등 교대자 수가 많을수록 주관적 피로도 점수가 유의하게 낮았다. 또한, 동일한 강도의 운동 시 지속적으로 훈련한 사람일수록 혈중 젖산 농도의 상승 정도는 낮고[18], 운동자각도 점수도 낮았다[22]. 따라서 훈련을 통해 개인의 기초체력을 높이거나 교대자 수를 늘려 피로도를 감소시키기 위한 노력을 해야 한다.

심폐소생술 지속시간에 따른 가슴 압박의 깊이는 평균 54 mm, 가슴 압박의 속도는 평균 116회/분으로 2020 한국 심폐소생술 지침에서 권고하는 정상 범주(50~60 mm,

100~120회/분)에 해당하였다. 숙련된 의료진을 대상으로 30분간 심폐소생술을 수행한 연구에서는 가슴 압박 깊이와 속도가 정상 범주를 벗어나지 않아 본 연구와 같은 결과를 보였다[11]. 그러나 본 연구 결과와 다르게 일반인을 대상으로 20분간 심폐소생술을 시행한 연구에서 시간 경과에 따라 가슴 압박 깊이는 감소한 결과가 있어[12] 숙련도에 따라 정확도의 편차가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 숙련도에 따른 개인 편차를 줄이기 위해서는 반복적인 연습 등 지속적인 관리가 필요하다.

혈중 젖산 농도와 심박동수 및 운동자각도는 매 측정 시 상관관계가 있었다. 선행연구에서도 본 연구와 같이 고강도 운동 후 측정된 혈중 젖산 농도와 운동자각도는 상관관계가 있었고[23], 운동강도가 높아질수록 혈중 젖산 농도와 심박동수는 점진적인 증가를 나타낸 것으로 보아[24] 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도는 구조자의 피로도 예측에 유용한 지표라 판단된다.

하지만 현장에서 혈중 젖산 농도를 측정하는 것은 현재 불가능하기에 경제적이고 즉시 측정이 가능한 심박동수와 장비 없이 측정 가능한 운동자각도를 현장에서의 피로도 측정 지표로 사용할 것을 권장한다. 구조자의 신체적 환경적 변수가 존재하기 때문에 각각의 지표를 단독으로 사용하는 것 보다 두 지표를 병행하여 사용하면 구조자의 피로도 판단 시 오차를 최소화하고 보다 정확한 피로도 모니터링을 할 수 있을 것이다.

본 연구는 60분까지 장시간 심폐소생술이 지속되는 상황을 가정하여 수행되었으며 20분, 30분간 지속된 기존연구[7,10,11,12]에 비해 지표간 상관성을 분석한 것에 의의가 있다.

이상의 결과를 종합할 때 장시간 심폐소생술시 심박동수와 운동자각도를 활용한 구조자의 피로도 모니터링은 고품질의 심폐소생술을 유지하는데 유용할 것으로 판단된다.

#### V. Conclusions

본 연구에서는 장시간 심폐소생술 지속 시 구조자의 혈중 젖산 농도, 심박동수, 운동자각도를 측정함으로써 구조자의 피로도 변화를 파악하고자 24명을 대상으로 60분 동안 2인 교대 가슴 압박 소생술을 수행하였다.

연구 결과 심폐소생술 지속시간에 따른 구조자의 혈중 젖산 농도, 심박동수, 주관적 피로도인 운동자각도, 가슴 압박 속도는 유의미한 변화가 있었다( $p<.001$ ,  $p<.001$ ,  $p<.001$ ,  $p<.001$ ), 매 측정 주기(30분, 40분, 50분, 60분)

시 혈중 젖산 농도는 심박동수와 유의한 정적 상관관계가 나타났으며( $r=.696, p<.001, r=.672, p<.001, r=.709, p<.001, r=.782, p<.001$ ), 운동자각도와도 유의한 정적 상관관계가 나타났다( $r=.476, p<.05, r=.426, p<.05, r=.470, p<.05, r=.470, p<.05$ ). 가슴 압박 소생술 지속시간에 따른 구조자의 산소포화도 및 가슴 압박 깊이는 유의미한 변화가 없었다.

따라서 장시간 심폐소생술이 요구되는 상황에서 심박동수와 운동자각도를 활용한 구조자의 피로도 모니터링은 고품질의 가슴압박을 유지하는데 유용할 것이다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This Research was supported by the Korea Nazarene University Research Grants 2022.

## REFERENCES

- [1] SOHwang, KCCha, SPChung, YMKim, JDPark, HSKim, MJLee, SHNa, GCCho, ARKim, HJYoon, SHKweon, "2020 Korean Cardiopulmonary Resuscitation Guidelines", Korea Centers for Disease Control and Prevention, Vol. 14, No. 7, pp. 358-369, 2021.
- [2] D.P.Edelson, B.S.Abella, J.Kramer-Johansen, L.Wik, H.Myklebust, A.M.Barry, R.M.Merchant, L.V.Hoek, A.Steen, B.Becker, "Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest", Resuscitation, Vol. 71, No. 2, pp. 137-145, November 2006. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2006.04.008
- [3] KHYi, SOPark, KRLee, SCKim, HSJeong, DYHong, KJBaek, "Comparison of the alternating rescuer method between every minute and two minutes during continuous chest compression in cardiopulmonary resuscitation according to the 2010 guidelines", Journal of the Korean Society of Emergency Medicine, Vol. 23, No. 4, pp. 455-459, August 2012.
- [4] National Fire Agency, "Statistical Yearbook of 119 Emergency Services in 2021", 2021.
- [5] GMNa, DSYoun, SROh, WIKim, JSBang, DYMoon, "A Study on the Improvement of Resurrection Rate for Patients with Cardiac Arrest in Prehospital Stage", [https://www.nfa.go.kr/nfsa/releaseinfo/formation/archive/thesis/?boardId=bbs\\_000000000000032&mode=view&cntId=48722&category=&pageIdx=%20%20%20%206](https://www.nfa.go.kr/nfsa/releaseinfo/formation/archive/thesis/?boardId=bbs_000000000000032&mode=view&cntId=48722&category=&pageIdx=%20%20%20%206)
- [6] OHKim, "Helicopter EMS can be elevate the Standards for medical transport in Korea." Journal of The Korean Society of Emergency Medicine, Vol. 2016, No. 2, pp. 436-437, October 2016.
- [7] HJAhn, "The effects on rescuer fatigue of wearing personal protective equipment(Level D) while performing cardiopulmonary resuscitation", Doctoral dissertation of Wonkwang University, August 2021.
- [8] MKLee, JOYang, JHJung, KJLee, YSCho, "The effects on fatigue and accuracy of cardiopulmonary resuscitation of the verbal-order method based on different time intervals (3, 4 minutes)." 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
- [9] GSHan, JWKim, BJCho, "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.
- [10] HJAhn, GSShim, SHBang, HSSong, SEHan, "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
- [11] JSLee, SWChung, IBKim, SYPark, JMYeo, JWKo, "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.
- [12] MSJang, YJTak, "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
- [13] KWLim, HJSuh, KWLee, "Review : The changes of lactate metabolism during exercise - monocarboxylate transporters and its implication", PAN (Physical activity and nutrition), Vol. 5, No. 2, pp. 1-12, September 2001.
- [14] DHPark, KHKim, "The Use of Individual Anaerobic Threshold (IAT) for the Measurement of Blood Lipid and Lipoprotein As A Criterion of Exercise Intensity", The korean society of sports science, Vol. 40, No. 4, pp. 929-942, December 2001.
- [15] THKim, "Effects of Vitamin C & E Supplementation on Plasma MDA, GPx, GR Concentration and Heart Rate during the Prolonged Exercise", Korean journal of physical education, Vol. 41, No. 5, pp. 959-969, November 2002.
- [16] G. A. V. Borg, "Psychophysical bases of perceived exertion", Medicine & science in sports & exercise, Vol. 14, No. 5, pp. 377-381, June 1982. DOI: 10.1249/00005768-198205000-00012
- [17] HSRho, SKChoi, "Availability of the method for prescribing exercise intensity using rating of perceived exertion", The korean society of sports science, Vol. 8, No. 2, pp. 497-504, August 1999.
- [18] YKSong, Justin Y. Jeon, SHSuh. "Understanding of lactate", Korean Journal of Sport Science, Vol. 28, No. 1, pp. 1-10, March

2017.

- [19] JYPark, STPark, TWJun, WSEom, DGLee, IRPark, HJKang, "Prediction of energy expenditure during exercise through heart rate in young adult", *Exercise Science*, Vol. 13, No. 3, pp. 311-322, August 2004.
- [20] SGSun, JWHan, MHKim, YSJi, "The Relationship of Enjoyment Scale and Rate of Perceived Exertion and Exercise Heart Rate in Establishing the Exercise Intensity", *Journal of sport and leisure studies*, Vol. 12, pp. 745-757, November 1999.
- [21] J. Bugajska, K. Zuzewicz, M. Szmauz-Dybko, M. Konarska, "Cardiovascular stress, energy expenditure and subjective perceived ratings of fire fighters during typical fire suppression and rescue tasks", *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Vol. 13, No. 3, pp. 323-331, January 2007. DOI: 10.1080/10803548.2007.11076730
- [22] DYKim, SSRoh, BJKim, "Validity of RPE as the standard of exercise intensity", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol. 45, No.2, pp. 557-568, March 2006.
- [23] YHSeo, "Effect of Lactate Change According to the Type of Active Rest in High-intensity Short-time Exercise on Exercise Continuity by RPE", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol. 30, No. 4, pp. 773-779, August 2021. DOI: 10.35159/kjss.2021.8.30.4.773
- [24] HRKim, JCByeon, "Heart rate, blood pressure, RPE and blood lactate response during concentric and eccentric muscle contractions by traditional resistance exercise in trained and untrained men", *Journal of coaching development*, Vol. 12, No. 2, pp. 111-122, June 2010.

## Authors



Seung-Eun Han received the M.S. degrees in Emergency Medical Technology from Kongju National University, Korea, in 2018. M.S. Han joined the faculty of the Department of Emergency Medical Technology at Korea

Nazarene University, Cheon-an, Korea, in 2021. She is currently a Professor in the Department of Emergency Medical Technology, Korea Nazarene University. She 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.



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.



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.