

시간 경과에 따른 1인 심폐소생술의 질과 피로도의 변화[†]

장문순¹ · 탁양주^{2*}

¹선린대학교 응급구조과, ²한국교통대학교 응급구조학과

The variation of elapsed time on fatigue and quality of single rescuer cardiopulmonary resuscitation[†]

Mun-Sun Jang¹ · Yang-Ju Tak^{2*}

¹Department of Emergency Medical Technology, Sunlin College

²Department of Paramedic Science, Korea National University of Transportation

=Abstract =

Purpose : The purpose of this study was to investigate the variation of elapsed time in the cardiopulmonary resuscitation (CPR) quality and the fatigue in continuous CPR by single rescuer. This study will provide basic data about the time for the alternation of the CPR providers.

Methods : The volunteer students having healthcare provider certification were recruited from the department of emergency medical service. The students performed 30:2 CPR for 20 minutes, and the data were recorded and analyzed. Metrics were based on the 2010 American Heart Association (AHA) Guidelines, and the CPR continued without any feedback.

Results : Among the indicators of CPR, the accuracy and the depth of chest compressions decreased after about 5.3 minutes, and the rate increased approximately after 6.8 minutes. Changes in clinical indicators appeared, and fatigue increased after about 3 minutes. According to the increase in fatigue level, the changes in the CPR indicators and clinical indicators showed up, and these results proved to be statistically significant. However, there were no associations among the time, fatigue, and gender.

접수일 : 2013년 2월 28일 수정일 : 2013년 4월 3일 게재확정일 : 2013년 4월 19일

* Corresponding Author: Yang-Ju Tak

Department of Paramedic Science, Korea National University of Transportation, 61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk 368-701, Republic of Korea

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

[†] 이 논문은 2012년 한국교통대학교 응급구조학 석사학위논문을 요약한 것임.

Conclusion : Even though the times of changes in the indicators appeared differently, the times of changes in fatigue and CPR quality were able to be confirmed.

Key words : Cardiopulmonary resuscitation, Quality, Fatigue

I. 서 론

1. 연구의 필요성

우리나라의 2010년 3대 사망원인은 암, 뇌혈관 질환, 심장질환 순으로 이것은 전체 사망자의 47.8%를 차지하며, 2000년에 비하여 뇌혈관 질환, 운수사고, 간질환의 사망률은 감소한 반면, 자살, 심장질환, 폐암, 폐렴의 사망률은 증가하였다. 또한, 심장질환으로 인한 사망률은 1997년 인구 10만 명당 35.6명에서 2007년 43.7명 그리고 2010년에는 46.9명으로 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다[1]. 2008년에 발표된 질병관리본부의 보고에 의하면 병원전 심정지 환자의 발생률은 우리나라가 인구 10만 명당 약 41명으로 미국이 인구 10만 명당 약 53명, 네덜란드가 90~100명, 캐나다가 56명, 서아일랜드가 51명과 발생률에 큰 차이가 없었지만 국내에서 발생하는 병원 밖 심정지 환자의 퇴원 생존율은 2.5%로 스웨덴 14.0%, 일본 10.2% 미국 7.1~8.4%의 선진국에 비해 현저하게 떨어졌다[2,3].

심정지는 발생 초기의 응급치료가 환자의 예후를 결정하게 되며, 생존에는 심정지의 목격자, 응급구조사, 의사 사이에서 신속하고 연속적인 치료가 제공되어야 하며, 심정지 초기의 적극적인 심폐소생술을 통한 순환 회복은 뇌손상을 예방할 수 있다[4,5].

심정지 환자에게 제공할 수 있는 치료는 심폐소생술과 제세동, 약물 투여 등이 있으며, 제세동이 효과적이지만, 우리나라의 초기의 심전도 기록은

70.9%가 제세동이 효과가 없다고 알려진 무수축, 무맥성 전기 활동 등이었으며 약물의 사용은 법적, 인적으로 제한되어 있다[6]. 무수축, 무맥성 전기 활동의 심전도 기록을 보이는 환자들에게는 심폐소생술이 가장 효과적인 구조술이며, 2005년 미국심장협회의 지침에서는 가슴압박의 중요성이, 2010년 미국심장협회의 지침에서는 보다 깊고 빠른 가슴압박의 깊이와 속도가 강조되었다. 그러나 이러한 양질의 가슴압박은 시간이 경과함에 따라 심폐소생술의 질 저하와 구조자의 피로를 유발 하여, 심폐소생술의 질을 높이고 구조자의 피로를 예방하기 위해 2분마다 역할 교대를 권장하였다[4].

우리나라의 경우 병원 밖 심정지 환자의 88%가 119에 구조요청을 하였으며, 2008년부터 2010년까지 최근 3년간 119구급대원에 의해 시행된 심폐소생술은 52,237건이었고, 현장에 도착하여 환자를 병원까지 이송하는 데까지 2010년 16.3분, 2009년 19.2분 2008년 16.8분으로 평균 17.4분이 소요 되었다[7]. 그러나 이들 1,254개 구급대 중 114개의 일부 지역 구급대만이 운전자 외 2명의 대원이 구급차에 탑승하였고, 나머지 대부분의 지역은 운전자를 제외하고 1명이 탑승하고 있어 현장에서 병원이송까지 16분 이상의 시간동안에는 구급대원 1인에 의한 심폐소생술을 시행할 수밖에 없는 현실이다[7]. 이것은 구조자의 피로를 최소화하기 위해 권장 되는 시간을 최소 8배를 초과하는 동안 한 명의 구조자가 심폐소생술을 시행했다는 것이며, 이송기간동안 적절한 심폐소생술이 시행되지 못할 가능성이 크다는 것을 시사한다. 향후 국내 병원 밖 심정지 환자의 생존율을 높이기 위

해서는 병원전 이송단계에서 많이 시행되고 있는 장시간의 1인 심폐소생술의 질적 변화를 파악하여 질적 저하를 막는 대책을 마련하는 것이 매우 중요하고 시급한 과제이다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 1인 구조자가 장시간 가슴압박과 인공호흡을 지속적으로 실시할 때, 시간이 경과함에 따라 심폐소생술 질의 변화와 구조자가 주관적으로 느끼는 피로도 및 임상지표의 변화를 알아보고, 이를 병원전 응급환자이송체계 및 심폐소생술 지침을 마련하는 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

C 대학의 응급구조학과 학생 중 기본심폐소생술 제공자(Basic Life Support for Healthcare Providers, BLS-P) 자격을 지닌 학생들 중 자발적 의사로 참여하고자 하는 사람을 대상으로 하였고, 연구 참여 및 자료 활용에 대한 서면 동의를 얻고 설명을 하였다. 연구 제외 대상은 심뇌혈관계, 근골격계의 병력이 있거나, 실험 중 어지럼증이나 호흡 곤란 및 흉통 등의 이상 증상을 호소하는 사람, 최대 허용 심박수 이상의 심박수를 보이거나 부정맥이 관찰되는 사람으로 정의 하였다.

2. 심폐소생술의 방법 및 측정

심폐소생술 방법은 미국심장협회의 2010년 지침의 성인을 기준으로 하여 가슴압박의 위치는 가슴 중앙 흉골의 중앙 아랫부분, 깊이는 5 cm 이상 횡수는 분당 최소 100회로 하였고, 충분한 가슴 이완을 하도록 하였다. 호흡을 위한 가슴압박 중단 시간은 10초 이내, 호흡은 1초에 걸쳐, 흉부압

박과 호흡의 비율은 30 : 2로 최대한 유지 하도록 하여 약 20분간 측정하였다. 심폐소생술을 측정하기 위하여 Resusci Anne SkillReporter™ 및 Laerdal PC SkillReporting System Ver. 2.4.1 (Laerdal Medical, Norway)을 이용하였다. 마네킹은 단단한 바닥 위에 놓였으며, 참가자들은 실험 7일 전부터 충분한 연습 기간을 가졌다. 심폐소생술이 시행되는 중에는 참가자들에게 어떠한 피로도 제공되지 않았다.

3. 임상 지표 및 피로도 측정

Philips HeartStart MRx ALS Monitor/Defibrillator for EMS(Koninklijke Philips Electronics N.V.)를 이용하여 참가자들의 심박수 및 심전도 리듬을 감시하였고, 심폐소생술 시작 전 및 매 주기별로 심박수를 측정하였다. MEKICS P/M MP800C PAMO III(MEKICS, Korea)를 이용하여 귓볼에서 산소포화도(SpO₂)를 측정하였고, CO₂ Sampling Cannula Adult Nasal을 포켓 마스크에 연결하여 매 인공호흡 중 높은 수치의 호기말이산화탄소분압(ETCO₂)을 측정하였다. 또한 매 주기당 5점 Likert scales를 이용하여 참여자들의 피로에 대한 점수를 측정하였다.

4. 분석 방법

주기마다 측정된 심폐소생술과 임상 피로도의 지표를 분석하였다. 임상지표의 전, 후 비교는 대응표본 t 검정(Paired t-test)을 이용하였으며, 매 주기별 지표들을 비교하기 위해 일원 배치 반복 측정 분산분석(One way repeated measures ANOVA)을 이용하였다. 시간에 따른 변화를 확인하기 위하여 Dunnett 방법으로 각 지표의 처음 값과 다중비교를 하였다. 모든 검정의 유의 수준은 0.05 미만이며, IBM SPSS Statistics Ver.19를 사용하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 대상자의 특성

총 81의 대상자중 32명이 연구에 참여하였으며, 연구 대상 제외 기준에 해당하는 사람은 없었으며 32명 모두를 분석하였다. 연구 참가자의 평균 연령은 22.3 ± 1.3 세였고, 남자가 19명(59.3%)이었다 <Table 1>. 심폐소생술 전 평균 심박수는 76.0 ± 11.2 회/분, 산소포화도는 $98.9 \pm 0.1\%$, 호기말 이산화탄소분압 35.8 ± 3.3 mmHg이었으며, 심폐소생술 이후 평균 심박수 148.0 ± 20.0 회/분, 산소포

화도 $85.1 \pm 13.3\%$, 호기말 이산화탄소분압 39.7 ± 4.3 mmHg로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$) <Table 2>.

2. 시간에 따른 지표들의 변화

연구 참가자들이 30 : 2의 1인 심폐소생술을 약 20분간 실시한 결과, 평균 주기는 52.3 ± 3.0 이고, 평균 압박 횟수는 $1,590.7 \pm 87.3$ 회이었다. 이중 정확하게 시행된 압박횟수는 $1,261.4 \pm 449.9$ 회이었다. 매 주기별 정확한 가슴 압박 수, 가슴압박 정확도와 평균 가슴압박 속도, 깊이 등은 <Table 3>과 같다.

Table 1. General characteristics

(N=32)

Variables		Mean \pm SD or n(%)
Age		22.3 \pm 1.3
Gender	Male	19.0 (59.3)
	Female	13.0 (40.7)
Height (cm)		170.3 \pm 7.9
Weight (kg)		65.2 \pm 11.4

Table 2. Clinical indicators

(N=32)

Variables	Before CPR*	After CPR*	t	p-value
	Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Heart rate (n/min)	76.0 \pm 11.2	148.0 \pm 20.0	-19.030	0.000
Oxygen saturation (%)	98.9 \pm 0.1	85.1 \pm 13.3	5.847	0.000
End tidal CO ₂ (mmHg)	35.8 \pm 3.3	39.7 \pm 4.3	-3.750	0.001

*CPR : Cardiopulmonary resuscitation

Table 3. Indicators of cardiopulmonary resuscitation

(N=32)

Variables	Min.	Max.	Mean \pm SD
Total cycle	46	60	52.3 \pm 3.0
Total compression	1395	1810	1590.7 \pm 87.3
Correct chest compression	260	1805	1261.4 \pm 449.9
Accuracy of chest compression	0	100	79.9 \pm 33.8
Compression rate(n/min)	88	137	117.0 \pm 7.0
Compression depth(mm)	27.3	60	53.8 \pm 5.6
Duty cycle(%)	35	57	44.2 \pm 3.8
Hands off time(sec)	5.2	12.8	7.8 \pm 1.0

1) 시간 경과에 따른 심폐소생술 지표 변화

매 주기별 정확도, 주기별 가슴압박속도, 압박 깊이, 충격계수, 가슴압박 중단 시간을 측정하였다. 정확도는 첫 번째 주기의 평균은 98.6±3.47% 이었고, 14번째 주기(약 5.3분, 68.1±37.0%) 이후부터 첫 번째 주기에 비하여 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$) (Fig. 1). 주기별 가슴압박 속도는 첫 번째 주기는 112.43±4.11회/분으로, 18 번째 주기(약 6.8분, 117.93±6.33회/분) 이후부

터 첫 번째 주기에 비하여 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .05$) (Fig. 2). 가슴압박 깊이는 매 주기별 압박깊이의 평균으로 첫 번째 주기에서 57.03±2.53 mm이었고, 14번째 주기(약 5.3분, 52.70±3.59 mm) 이후부터 첫 번째 주기에 비하여 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$) (Fig. 3). 첫 번째 주기의 충격계수는 43.35±3.93%이었고 시간에 경과에 따른 통계적 차이가 없었으며 ($p > .05$), 최소값 35%, 최대값은 57%이었고, 남녀 간에는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p <$

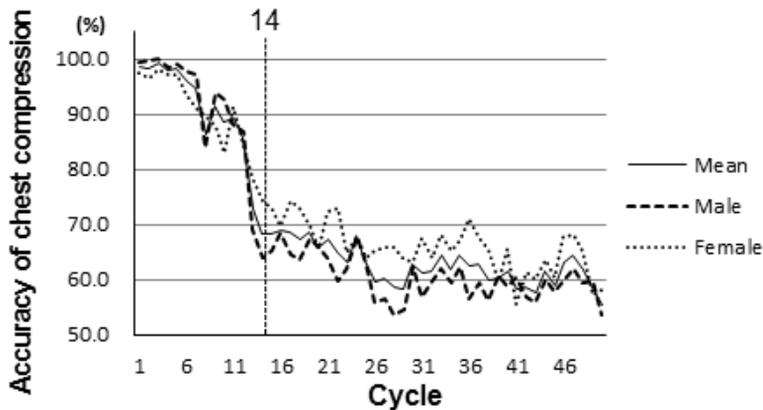


Fig. 1. The variation of elapsed time on accuracy of chest compression.

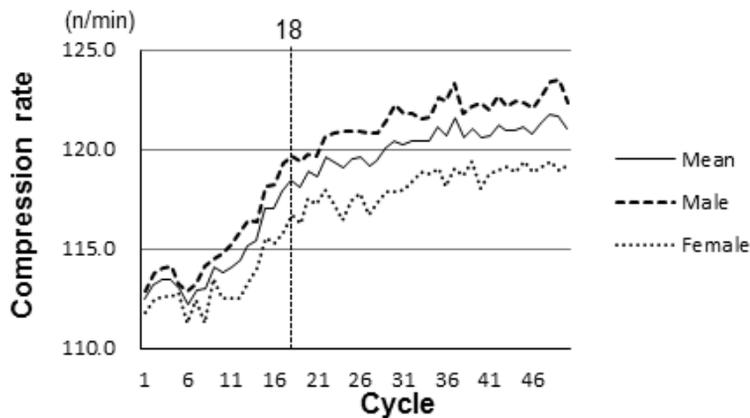


Fig. 2. The variation of elapsed time on chest compression rate.

.05) (Fig. 4). 가슴압박 중단 시간의 첫 번째 주기는 7.56 ± 0.84 초이었고 이것은 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 ($p > .05$), 최소값은 5.23 초, 최대값 12.84 초 이었다 (Fig. 5).

2) 시간 경과에 따른 임상지표와 주관적 피로도의 변화

임상지표로 심박수, 산소포화도, 호기말이산화탄소 분압을 측정하였고, 심박수는 첫 번째 주기에서 114.91 ± 18.80 회/분, 다섯 번째 주기(약 1.9 분, 124.53 ± 18.59 회/분)에서 첫 번째 주기에 비

하여 통계적으로 유의하게 변화하였다 ($p < .05$) (Fig. 6). 산소포화도는 첫 번째 주기 $94.31 \pm 4.92\%$ 이었고 22 번째 주기(약 8.3 분, $84.06 \pm 15.25\%$)에서 첫 번째 주기와 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 ($p < .05$) 약 45 초 후 차이를 보이지 않았다 ($p > .05$). 남녀 간에는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다 ($p < .05$) (Fig. 7). 호기말 이산화탄소 분압의 경우 첫 번째 주기에서 39.09 ± 4.47 mmHg 이었고, 7 번째 주기(약 2.6 분, 42.66 ± 3.40 mmHg)부터 통계적으로 유의하게 증가하였

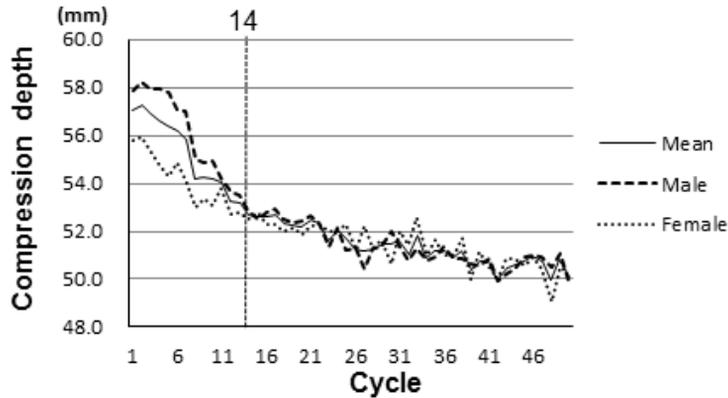


Fig. 3. The variation of elapsed time on chest compression depth.

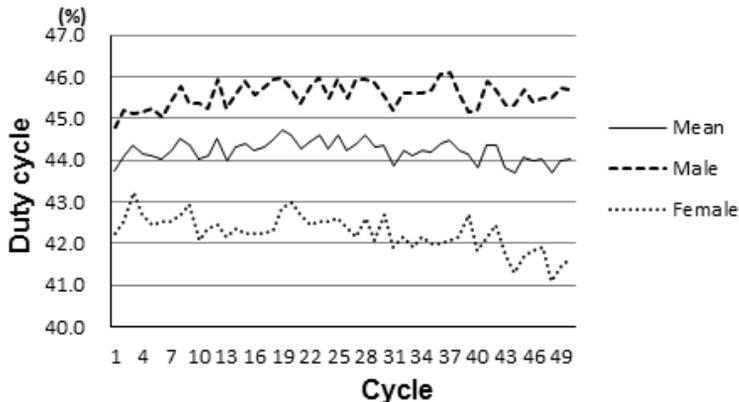


Fig. 4. The variation of elapsed time on duty cycle.

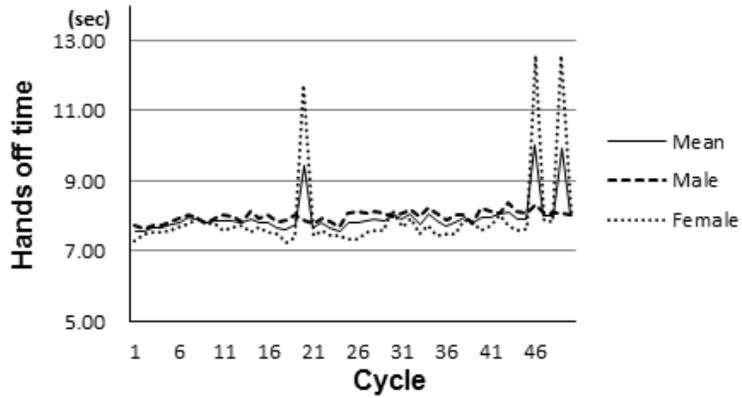


Fig. 5. The variation of elapsed time on hands off time.

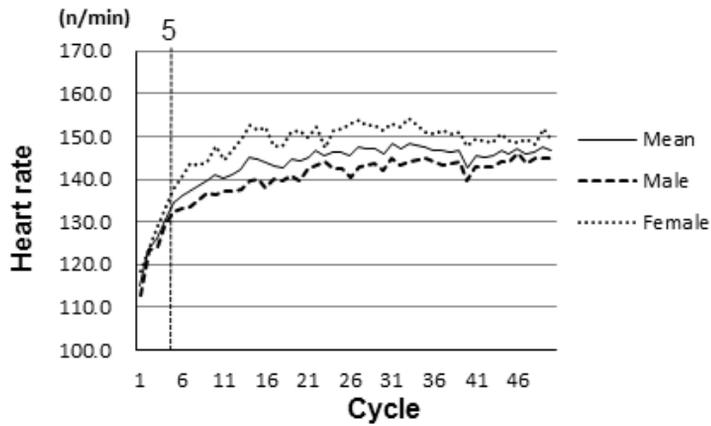


Fig. 6. The variation of elapsed time on heart rate.

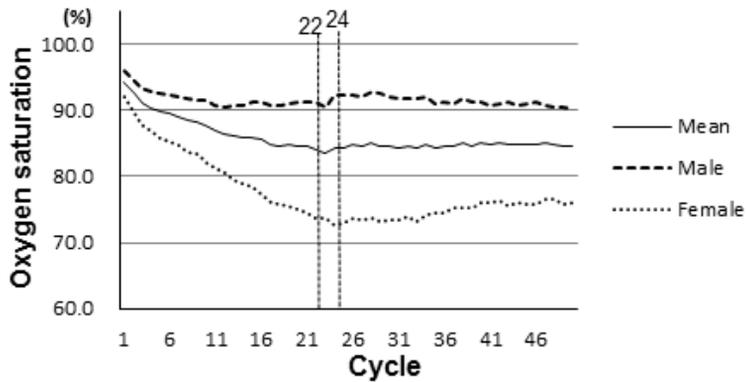


Fig. 7. The variation of elapsed time on oxygen saturation.

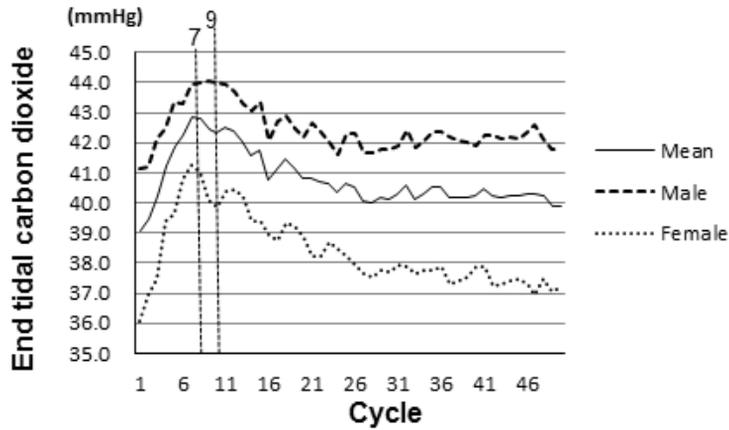


Fig. 8. The variation of elapsed time on end tidal carbon dioxide.

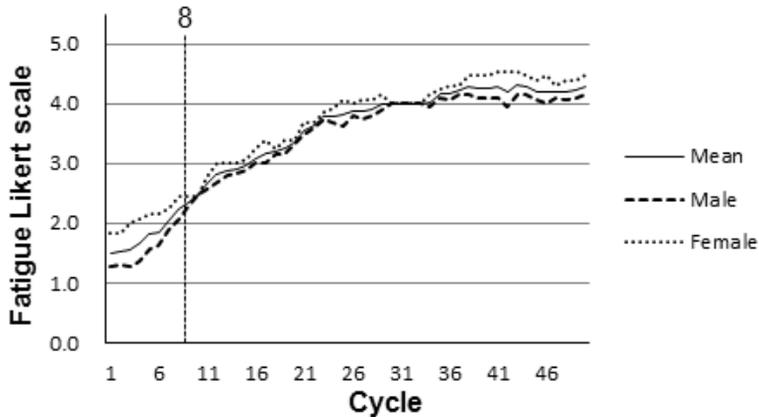


Fig. 9. The variation of elapsed time on fatigue Likert scale.

다가($p < .05$) 9번째 주기(약 3.4분, 42.13 ± 4.01 mmHg)부터 감소하며 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$). 남녀 간에는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < .05$) (Fig. 8). 참가자들의 주관적 피로도 척도는 첫 번째 주기에 1.5 ± 0.76 점이었고 8번째 주기(약 3.0분, 2.22 ± 0.83)부터 첫 번째 주기에 비하여 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .05$) (Fig. 9).

IV. 고 찰

최근 국내에서 일반인들을 대상으로 가슴압박 대 인공호흡을 30 : 2의 비율로 하는 심폐소생술을 2분간 시행한 연구에서는 질적 저하를 보이지 않는다는 보고와 병원 내에서 전문 기도가 확보된 상태를 가정으로 숙련된 의료인 2인 이상이 교대로 30분간 가슴압박을 시행하였을 때 피로도에 따른 질적 변화를 관찰하였는데 피로누적에 따른 잘못된 압박 수나 압박 깊이의 차이는 보이지 않는

다고 하였다[8,9]. 하지만 현실적으로 우리나라에서는 병원전 심정지 환자가 병원까지 이송시간이 16분이 넘으며 구급대 대부분이 운전자를 제외하고 1명이 탑승하여 심폐소생술을 하기 때문에 양질의 심폐소생술을 제공하기가 어려울 것으로 여겨진다[7,10]. 본 연구 결과에서도 시간 경과에 따른 심폐소생술의 질에 대한 변화를 보면 대부분 유의한 차이를($p < .05$) 보이고 있어 심폐소생술의 질이 저하되는 것을 알 수 있었다. Sugeran 등[11]의 연구에서는 가슴압박 깊이는 90초 이후 감소하였으며 가슴압박 속도에는 변화가 없는 것으로 나온 반면, 본 연구에서는 가슴압박 정확도와 깊이는 동일한 시간인 약 5.3분 이후 감소하였으며, 가슴압박 속도는 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 우리나라 119 구급대의 평균 이송 시간이 약 17.4분인 점을 감안할 때 적어도 10분 이상의 이송시간 동안 부적절한 심폐소생술이 시행되었다는 것을 시사한다. 가슴압박 속도의 경우 최소 88회/분에서 최대 137회/분으로 변화가 심하여 Chung 등[12]의 연구에서 제안한 바와 같이 가슴압박 속도만이라도 일정하게 하기 위하여 Metronome 등의 되먹임 장치를 이송 중 심폐소생술 시 사용하는 것도 심폐소생술의 질을 높이는데 도움이 될 것으로 판단된다.

Handley와 Handley[13]는 충격계수가 50%일 때 혈액관류가 가장 좋다고 하였으며, 2010 AHA 지침은 충격계수가 20~50%로 유지될 때 적절한 관상동맥관류와 대뇌관류가 이루어지고, 이것은 연습을 통해 쉽게 50%를 만들 수 있어 50%의 충격계수를 권고하고 있다. 본 연구에서는 평균 $44.14 \pm 3.7\%$ 로 시간에 따른 유의한 변화가 없었다. Rea 등[14]의 연구에서 심정지 환자에게 심폐소생술을 제공한 2002-2004년 집단과 2005-2006년 집단의 가슴압박 중단 간격을 비교한 결과 시간이 짧을수록 병원 생존율이 높은 것으로 나타났다. 이에 2010 미국심장협회 지침에서는 가슴압

박 중단 시간을 10초 이내로 유지할 것을 권고하고 있으며, 본 연구의 결과 가슴압박 중단 시간은 지침의 권고 범위 안에서 유의한 변화가 없었다. 충격계수와 가슴압박 중단 시간은 오랜 시간 심폐소생술에도 변화가 없는 것으로 나타났으며, 이것은 구조자가 처음 심폐소생술 교육받을 때 정확한 시간 및 수치를 익혀둔다면 Handley와 Handley[15]의 연구에서처럼 별도의 되먹임장치 없이도 충격계수와 가슴압박 중단 시간에서는 심폐소생술의 질 저하에 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 주관적 피로도의 변화시간은 약 3분 이후였으며, Kim 등[16]의 연구에서는 30:2와 15:2의 비교 연구지만 3분 이후부터 가슴압박의 정확도를 감소시키고 구조자의 피로도를 증가시킨다고 하였다. 피로도의 변화 시간과 가장 근접한 임상 지표는 약 2.6분에 변화를 보인 호기말 이산화탄소분압이었다. 주관적 피로에 대한 한계점과 경피적 이산화탄소분압이 호기말 이산화탄소분압보다 혈중 이산화탄소분압에 근접하다는 제한점이 있지만 본 연구에서는 호기말 이산화탄소분압의 변화정도를 측정할 것으로 두 지표에 대한 연구가 진행된다면 이산화탄소 측정값이 객관적 피로도의 지표로 활용 가능할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 실험 대상의 대표성 문제를 들 수 있다. 가장 이상적인 결과를 얻기 위해서는 현재 구급대원을 대상으로 하는 것이 가장 타당한 방법이나, 이들 모두를 대상으로 실험하는 것은 현실적인 제약이 따른다. 구급대원의 자격이나 교육 정도에 따라 편차를 보일 수 있어 이 연구에서는 예비 1급 응급구조사 중 기본심폐소생술 자격을 가진 대상으로 연구를 진행하였다.

둘째, 실험 환경 변수의 차이에 있다. 실제 구급차의 환경과 실험 환경의 차이 연구를 보면 Choi 등[17]의 연구에서는 구급대원의 경우 평지와 이동 차량 간의 차이가 심폐소생술에 영향을 주지 않는다고 하였으며, Hong과 Son[18]의 구급

차에서 심폐소생술시 흉부압박의 정확도에 영향을 주는 요인에 관한 연구에서는 차량 속도에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다. 그러나 차후 연구가 이루어진다면 실제변수들이 포함되었을 때 더 신뢰성 있는 결과를 보여줄 것으로 생각된다.

셋째, 피로도의 신뢰성 문제이다. 이번 연구에서는 지속적인 피로의 변화를 측정하기 위해 대상자가 표현하는 주관적 피로도만을 측정하였다. 주관적 측정방법과 함께 객관적인 방법으로 얻어진 지표의 분석이 이루어져야 보다 신뢰성 있는 피로도가 제시될 것이다. 본 연구에서는 주관적 피로도만을 대상으로 분석하였으므로 피로 변화의 한 패턴을 보았다는 것에 의의를 두어야 할 것이다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 우리나라 119 구급대가 현장에서 병원까지의 응급환자를 이송하는 평균시간을 가정하여 시간 경과에 따른 1인 심폐소생술의 질과 구조자의 피로도 변화를 처음으로 연구했다는 것에 의의가 있다. 연구 결과 주관적 피로도는 약 3분 후부터 변하기 시작했으나 심폐소생술의 정확도와 깊이 등 심폐소생술의 질 관련 지표는 약 5분 후부터 변화하기 시작하여, 심폐소생술의 질과 주관적 피로도의 변화 시점 사이에 시간적 차이가 존재한다는 것을 확인할 수 있었다. 추후 본 연구의 자료를 기초로 1인 구조자에 의한 장시간의 심폐소생술이 환자의 생존율에 직접적으로 미치는 영향을 알아보는 연구나 심폐소생술의 질 저하를 방지하는 방안 등에 관련된 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Korean Statistical Information Service. Causes of Death in Korean. Statistics Korea, Available at: <http://kostat.go.kr>, 2010.
2. Oh DJ. Over view of sudden cardiac death in korea(out-of-hospital cardiac arrest). Journal of Cardiac Arrhythmia 2010;11:13-6.
3. Stiell IG, Wells GA, Field B, Spaite DW, Nesbitt LP, De Maio VJ, et al. Advanced cardiac life support in out-of-hospital cardiac arrest. N Engl J Med 2004; 351(7): 647-56.
4. Berg RA, Hemphill R, Abella BS, Aufderheide TP, Cave DM, Hazinski MF, et al. 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 2010; 122(Suppl 3):S685-705.
5. Koh IS. Management and prognosis of post-cardiac arrest syndrome. Neurocrit Care 2009;2(Suppl 1):S10-15.
6. National Emergency Medical Center. Survival analysis of sudden cardiac arrest and development of indicators for monitoring. Available at: <http://www.nemc.or.kr>, 2009.
7. National Emergency Management Agency. Present state of work. Available at: <http://www.nema.go.kr>, 2011.
8. Na JH, Park SO, Baek KJ, Hong DY, Lee KR, Lee MH. Analysis of the time-dependent changes of chest compression quality and related rescuer factors in cardiopulmonary resuscitation by laypersons. J Korean Soc Emerg Med 2011;22(5):431-7.
9. Lee JS, Chung SW, Kim IB, Park YS, Yeo

- JM, Ko JW. Quality and rescuer's fatigue with repeated chest compression: a simulation study for in-hospital 2 persons CPR. *J Korean Soc Emerg Med* 2010;21(3):299-306.
10. Jun YK, Jo SO, Jeong TO, Jin YH, Lee JB, Yoon JC, et al. Evaluation of pre-hospital care provided by 119 rescuers in out-of-hospital cardiac arrests transported to tertiary emergency department covering a rural area. *J Korean Soc Emerg Med* 2011; 22(5):391-9.
11. Sugeran NT, Edelson DP, Leary M, Weidman EK, Herzberg DL, Vanden Hoek TL, et al. Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: A prospective multi-center study. *Resuscitation* 2009; 80(9): 981-4.
12. Chung TN, Kim SW, You JS, Cho YS, Chung SP, Park I. A higher chest compression rate may be necessary for metronome-guided cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med* 2012;30(1):226-30.
13. Handley AJ, Handley JA. The relationship between rate of chest compression and compression: relaxation ratio. *Resuscitation* 1995;30(3):237-41.
14. Rea TD, Helbock M, Perry S, Garcia M, Cloyd D, Becker L, et al. Increasing use of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital ventricular fibrillation arrest: survival implications of guideline changes. *Circulation* 2006;114(25):2760-5.
15. Handley AJ, Handley SA. Improving CPR performance using an audible feedback system suitable for incorporation into an automated external defibrillator. *Resuscitation* 2003;57(1):57-62.
16. Kim YB, Choi SM, Kim YM, Lee WJ, Park KN, Lee MJ, et al. Effect of single-rescuer fatigue on the quality of cardiopulmonary resuscitation with 30:2 and 15:2 compression-to-ventilation ratios. *J Korean Soc Emerg Med* 2006;17(6):519-27.
17. Choi YJ, Park DS, Lee WS, Ha WS, Jung JY, Yun YH. Comparison of quality in chest compressions at scene, in a moving ambulance by student nurses, the 119 member group, and an automatic CPR machine. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;20(4):335-42.
18. Hong SG, Son IA. A study on the factors influencing the accuracy of chest compression during cardiopulmonary resuscitation trying in a moving ambulance. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;20(4):343-54.