

가슴압박만 하는 심폐소생술과 30 : 2 표준 심폐소생술 방법에 의한 가슴압박 질의 비교[†]

민문기 · 류지호*

양산부산대학교병원 응급의학과

Comparison of chest compression quality between compression-only CPR and 30 : 2 conventional CPR[†]

Mun-Ki Min · Ji-Ho Ryu*

Department of Emergency Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital

=Abstract =

Purpose: This study aimed to compare the chest compression quality between compression-only cardiopulmonary resuscitation (CPR) and conventional CPR.

Methods: This study involved 123 participants randomly assigned to either the chest compression-only CPR training and conventional CPR training. After training for 120 min, the participants performed CPR for 4 min and the CPR quality was evaluated. The primary outcome was evaluated as the mean compression depth, and the secondary outcome was calculated as the proportion of chest compressions with an appropriate depth among the total chest compressions.

Results: The mean compression depth was more deeper in conventional CPR than in compression-only CPR (57mm vs. 53mm, $p < .001$). The proportion of appropriate chest compression depth was also more higher in conventional CPR (98.8% vs. 68.6%, $p < .001$). As compared with every minute over time for a total of 4 min, the mean compression depth and the proportion of appropriate chest compression depth were deeper and higher after 1 min in conventional CPR than in compression-only CPR.

Conclusion: The results suggested that conventional CPR is a better method than compression-only CPR in terms of chest compression quality.

Keywords: Cardiopulmonary resuscitation, Chest compression, Depth

Received October 27, 2015 Revised December 1, 2015 Accepted December 21, 2015

*Correspondence to Ji-Ho Ryu

Department of Emergency Medicine, Pusan National University Yansan Hospital, Geumoro 20, Mulgeum-up, Yangsan-si, Gyeongsangnam-do, 50612, Republic of Korea

Tel: +82-55-360-2143 Fax: +82-55-360-2173 E-mail: pnuyhem@pusan.ac.kr

[†]이 논문은 2014년 양산부산대학교병원 임상연구비 지원에 의해 수행된 것임.

I. 서 론

일반인 목격자에 의한 심폐소생술은 현장에서 심정지 환자를 살리기 위한 생존기술에 있어 중요한 역할을 한다[1]. 최근에 인공호흡 없이 가슴압박만 하는 심폐소생술이 인공호흡을 포함한 표준 심폐소생술의 대체방법으로 많은 연구자들의 지지를 받고 있다[2-4]. 가슴압박만 하는 심폐소생술은 표준 심폐소생술에 비해 가슴압박 중단 없이 많은 가슴압박횟수를 제공하고 심폐소생술을 수행하고 배우기에 단순하고 더 쉽기 때문에 매력적인 방법으로 보인다. 가슴압박의 질은 성공적인 심폐소생술의 중요한 하나의 결정인자로 인식되고 있고 충분한 깊이로 가슴압박을 하는 것이 중요함을 강조하고 있다[1]. 최근 구급대원(응급구조사)에 의해 수행된 병원의심정지 환자들을 대상으로 한 연구에서도 51 mm 이상 충분한 깊이로 압박했을 때 생존율의 향상과 좋은 신경학적 예후를 보임을 보고하였고[5], 다른 한 연구에서는 40.3~55.3 mm 사이의 깊이로 압박되었을 때 좋은 생존율을 보임을 보고하였다[6].

가슴압박 깊이에 따른 손상의 측면에서 가슴압박 깊이가 평균 56 mm 이상일 때 갈비뼈 골절, 혈기흉 등의 합병증들이 더 많이 발생한다[7]. 다른 한 연구에서 분당 125회의 속도로 가슴압박을 시행할 때 자발순환회복이 가장 좋았고[8], 다른 연구에서는 가슴압박 속도가 1분에 100회에서 120회 사이일 때 가장 좋은 생존 퇴원율을 보임을 보고하였다[9]. 심폐소생술의 질적인 측면에서 중요한 하나는 가슴압박을 하는 동안 일어날 수 있는 불완전 이완에 대한 문제이다. 아직 사람을 대상으로 한 연구는 없지만 동물실험에서 보듯이 불완전이완과 심박출량의 관계는 서로 반비례함이 잘 알려져 있다. 최근 심폐소생술의 질적인 측면에서 중요시하는 또 하나는 가슴압박분율(Chest compression fraction)로 전체 심폐소생술 중 가슴압

박이 차지하는 분율을 의미하고 가슴압박분율이 높을수록 가슴압박 멈춤이 최소화되는 것을 의미하고 가슴압박분율이 높을수록 생존퇴원율이 증가함을 알 수 있다[10,11].

심폐소생술의 질에 있어 또 하나의 관심사는 구조자의 피로도이다. 지속적인 가슴압박을 하는 동안 구조자의 피로는 가슴압박의 질을 떨어뜨리고, 몇몇 연구에서 보듯이 시간이 경과함에 따라 표준 심폐소생술과 가슴압박만 하는 심폐소생술에서 가슴압박의 질이 감소함을 보고하였다[12,13]. 그러나, 표준 심폐소생술과 가슴압박만 하는 심폐소생술에서 어느 방법이 더 좋은 방법인지에 대한 가슴압박의 질적인 차이는 아직 실험적 단계로 불충분한 연구결과를 보이며, 추후 지속적인 연구가 필요한 부분이다. 따라서, 본 연구자들은 30 : 2 표준 심폐소생술과 가슴압박만 하는 심폐소생술을 비교하여 가슴압박의 질적인 차이를 분석하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구설계

이 연구는 30 : 2 일반적인 표준 심폐소생술과 연속적인 가슴압박 심폐소생술을 비교해 두 방법에서 나타나는 심폐소생술에서 가슴압박의 질 차이를 알기 위해 계획되었고 전향적, 무작위적 연구로 진행되었다.

2. 연구대상

연구 대상은 응급구조학과 3학년 학생을 대상으로 하였으며 2014년 6월부터 2015년 5월까지 대상자를 모집하였다.

3. 자료수집 방법

총 123명의 대상자가 모집되었으며 모든 대상

자는 30 : 2 일반적인 심폐소생술과 연속적인 가슴 압박 심폐소생술을 포함한 교육을 120분 동안 받았다. 교육은 의료보건을 위한 심폐소생술 강사 자격증과 전문 심폐소생술 강사 자격증이 있는 사람이 담당하였고, 심폐소생술 교육은 대한심폐소생협회에서 제공하는 의료보건을 위한 심폐소생술(BLS) 과정 중 1인 성인 심폐소생술 과정을 기초로 만들어 졌다.

교육 후 바로 동전던지기를 이용해 대상자를 두 군으로 나누어 한 군은 30 : 2 심폐소생술을 시행하였고 다른 한 군은 연속적인 가슴압박 심폐소생술을 시행하였다. 모든 심폐소생술은 총 4분간 시행되었으며, Resusci Anne Skill reporter 마네킨(Laerdal Medical, Stravanger, Norway)을 이용하여 심폐소생술을 실시하였다. 30 : 2 심폐소생술을 시행한 군은 64명이었으며 연속적인 가슴압박 심폐소생술을 시행한 군은 59명이였다(Fig. 1). 모든 심폐소생술 술기는 Resusci Anne Skill reporter 마네킨에 의해 기록되었다.

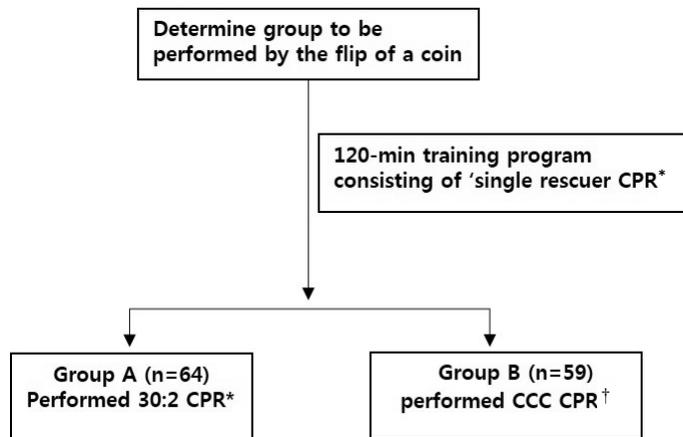
각 대상자들에게 나이, 키, 몸무게 등이 포함된 간단한 설문지를 시행하였으며 설문에는 심폐소생술 교육 횟수와 자격증 소지 여부가 포함되어 있었다.

심폐소생술의 가슴압박 질을 평가하기 위해 평균 압박 깊이, 평균 압박속도, 총 압박횟수, 불완전 이완 횟수를 측정하였으며 2010년 심폐소생술 가이드라인에서 제시한 5 cm 이상 시행된 압박을 적절 압박으로 정의하고 적절 압박횟수를 측정하였다. 대상자의 피로도를 알기위해 심폐소생술이 끝난 직후 힘든 정도를 Numeric rating system (NRS)로 평가하여 0점에서 10점 중에서 고르도록 하였다(0점은 전혀 힘들지 않다. 10점은 가장 힘들다). 또한 심폐소생술동안 시행된 가슴압박 중 적절하게 시행된 압박횟수(적절 압박)를 알기 위해 적절 압박횟수를 총 압박횟수로 나누어 측정하였으며 이를 적절 압박비율로 정의하였다.

일차 결과로는 평균 압박 깊이를 보고자 하였으며 이차 결과로는 적절 압박 비율의 차이를 알고자 하였다.

4. 분석방법

통계분석은 SPSS 버전 21(SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 연속 변수 중 정규분포를 따르는 나이, 키, 몸무게는 모수검정인 독립 t 검정을 사용하였으며 정규분포를 따르지 않는 압박



* 30 : 2 Conventional Cardiopulmonary Resuscitation

† Continuous Chest compression-only Cardiopulmonary Resuscitation

Fig. 1. Study enrollment.

깊이, 적절압박횟수, 총 압박횟수, 압박속도, 적절 압박비율은 비모수검정인 맨휘트니 검정(Mann-Whitney test)을 이용해 분석하였다. 시간대별 압박깊이, 적절압박비율 또한 맨휘트니 검정을 이용하였으며 시간경과에 따른 두 군의 차이는 시간경과에 따라 측정치를 반복측정하였으므로 반복측정 분산분석(Repeat measured ANOVA)을 이용하였다. 두 군 간의 일반적인 특징 중 비연속변수는 교차분석을 하였다. 피로도 또한 교차분석을 이용하여 두 군 간의 차이를 나타냈다. p 값의 유의수준은 양측검정상 .05 이하로 정의하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 일반적 특징

총 123명의 대상자 중 30 : 2 일반적인 심폐소생술을 시행한 군은 64명이었으며 연속적인 가슴 압박을 시행한 군은 59명이었다. 두 군의 평균 나이는 30 : 2 일반적인 심폐소생술 군에서는 22.39세로 나타났으며 연속적인 가슴압박 군에서는

23.10세로 측정되었으나 두 군에서 통계적인 차이는 보이지 않았다($p = .092$). 심폐소생술 자격증 소지 여부는 30 : 2 일반적인 심폐소생술 군에서는 19명(29.6%), 연속적인 심폐소생술 군에서는 18명(30.5%)이 소지하고 있었으며, 이 또한 통계적으로 차이가 없었다. 그 외의 일반적인 특징은 두 군에서 큰 차이가 없었다. 두 군의 일반적인 특징은 표 1에 기술되어 있다.

2. 가슴압박 질의 차이

총 4분의 심폐소생술 후 평가한 압박 깊이의 중위값은 30 : 2 일반적인 심폐소생술에서는 57.0(사분위수 53.0~60.0)mm이었으며 연속적인 가슴압박 심폐소생술에서는 53.0(사분위수 40.7~56.0)mm로 측정되어 일반적인 심폐소생술에서의 평균 압박 깊이가 더 깊었다($p < .001$). 이차 결과인 적절 압박 비율은 30 : 2 일반적인 심폐소생술에서 98.8%(사분위수 83.5~100.0%), 연속적인 가슴압박 심폐소생술에서는 68.6%(사분위수 7.1~98.6%)로 일반적인 심폐소생술에서 훨씬 높은 적절 압박 비율을 보였다($p < .001$). 가슴압박 깊이와 적절 압박 비율 모두에서 30 : 2 일반적인 심폐

Table 1. General characteristics

(N=123)

Variables	30 : 2 CPR*	CCC CPR†	<i>p</i>
Number	64	59	
Gender, n(%)			
Male	35 (28.5%)	33 (26.8%)	.517
Female	29 (23.6%)	26 (21.1%)	
Average age (M±SD)	22.39±0.29	23.10±0.31	.092
Average height (M±SD, cm)	169.38±1.05	173.35±1.18	.533
Average weight (M±SD, Kg)	62.42±1.44	66.29±2.05	.119
BLS certification, n(%)			
Possession	18 (29.6%)	19 (30.5%)	.538
No possession	41 (70.4%)	45 (69.5%)	

* 30 : 2 Conventional cardiopulmonary resuscitation

† Continuous chest compression-only cardiopulmonary resuscitation

소생술이 연속적인 가슴압박 심폐소생술보다 심폐소생술 중에 시행되는 가슴 압박의 질이 훨씬 높음을 알 수 있다.

그 외의 결과로 평균 압박 속도는 두 군에서 큰 차이가 없었으며(30:2 vs. 연속적인 가슴압박 심폐소생술 ; 113.5회/분 vs. 116.0회/분, $p = .149$), 불완전이완횟수 또한 두 군에서 큰 차이가 없었다. 총 압박 횟수는 연속적인 가슴압박 심폐소생술에서 30:2 일반적인 심폐소생술보다 현저히 많았다(30:2 vs. 연속적인 가슴압박 심폐소생술 ; 301.5회 vs. 462회, $p < .001$).

4분의 심폐소생술 시행 후 대상자가 느끼는 피로도를 평가하기 위해 시행한 NRS는 연속적인 가슴 압박 심폐소생술을 시행한 군에서 더 높은 피로도를 보였다(30:2 vs. 연속적인 가슴압박 심폐소생술 ; 5.0 vs. 7.0, $p < .001$) (Table 2).

3. 시간경과에 따른 가슴압박 질의 변화

총 4분의 심폐소생술 시행동안 1분당 평균 압박 깊이와 적절 압박 비율을 측정하여 비교하였다.

시간 경과에 따른 평균 압박 깊이는 1분대부터 30:2 일반적인 심폐소생술에서 연속적인 가슴압박 심폐소생술에서 보다 더 깊은 압박 깊이를 보이고 있다. 시간대 압박 깊이를 보면 다음과 같다(30:2 일반적인 심폐소생술 vs. 연속적인 가슴압박 심폐소생술 : 1분대 59 mm vs. 56 mm, $p < .001$; 2분대 58 mm vs. 54 mm, $p < .001$; 3분대 58 mm vs. 53 mm, $p < .001$; 4분대 57 mm vs. 53 mm, $p < .001$). 시간 경과에 따른 적절 압박 비율 또한 1분대부터 30:2 일반적인 심폐소생술에서 연속적인 가슴압박 심폐소생술에서 보다 더 높은 적절 비율을 보이고 있다. 시간대별로 적절 압박 비율을 보면 다음과 같다(30:2 일반적인 심폐소생술 vs. 연속적인 가슴압박 심폐소생술 : 1분대 100.0% vs. 99.0%, $p = .041$; 2분대 99.3% vs. 93.5%, $p = .002$; 3분대 99.1% vs. 75.7%, $p < .001$; 4분대 98.8% vs. 68.6%, $p < .001$).

두 군의 시간 경과에 따른 가슴 압박 질을 평가하기 위해 반복측정 분산 분석을 시행한 결과에서도 30:2 일반적인 심폐소생술에서 평균 압박 깊

Table 2. Difference of chest compression quality between conventional CPR group and continuous chest compression CPR group

Variables	CPR type		<i>p</i>
	30:2 CPR*	CCC CPR†	
Median compression depth (mm)	57.0 (53.0–60.0)	53.0 (40.7–56.0)	< .001
Total compression number (n)	301.5 (292.2–327.0)	462.0 (438.7–483.5)	< .001
Adequate compression number (n)‡	291.5 (238.5–300.0)	304.0 (26.2–434.7)	.723
The proportion of adequate compression§ (%)	98.8 (83.5–100)	68.6 (7.1–98.6)	< .001
Median compression rate (n / min)	113.5 (107.2–116.7)	116.0 (107.7–122.2)	.149
Incomplete release (n)	0 (0–0)	0 (0–0)	.268
Fatigue (NRS)	5.0 (4.0–6.0)	7.0 (6.0–8.0)	< .001

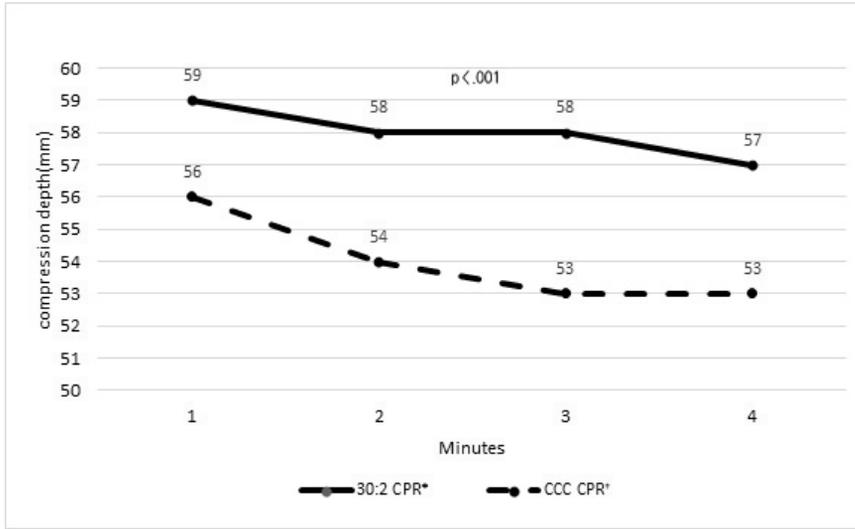
* 30:2 conventional cardiopulmonary resuscitation

† Continuous chest compression-only cardiopulmonary resuscitation

‡ The total number of chest compression that conducted in the proper depth

§ The proportion of chest compressions with appropriate depth among total compressions

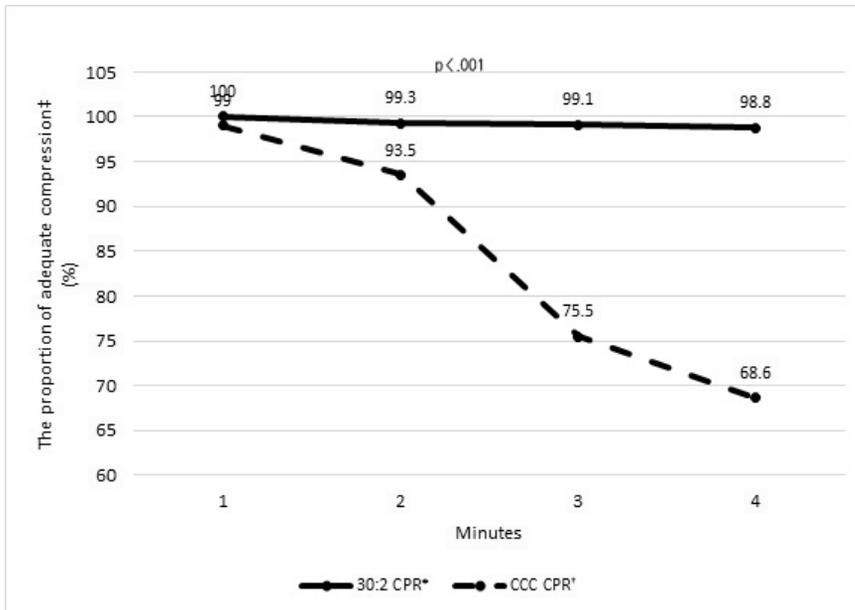
|| The number in table represent the median value and the number in parentheses mean the 25% quartile and the 75% quartile



* 30 : 2 Conventional cardiopulmonary resuscitation

† Continuous chest compression-only cardiopulmonary resuscitation

Fig. 2. The change of chest compression depth over time in chest compression that was performed in two methods.



* 30 : 2 Conventional cardiopulmonary resuscitation

† Continuous chest compression-only cardiopulmonary resuscitation

‡ The proportion of chest compressions with appropriate depth among total compressions

Fig. 3. The change of the proportion of adequate compression (the proportion of chest compressions with appropriate depth among the total chest compression) over time in chest compression that was performed in two methods.

이와 적절 압박 비율이 더 높은 것으로 나타났다 (평균 압박 깊이, $p < .001$; 적절 압박 비율, $p < .001$).

이 결과들을 종합해 보았을 때 30 : 2 일반적인 심폐소생술은 시간경과에 따라서 어느 정도 일정한 가슴압박 질을 유지하지만 연속적인 가슴압박 심폐소생술에서는 시간경과에 따라서 빠른 가슴압박 질의 감소를 볼 수 있다(Fig. 2, 3).

IV. 고 찰

현장에서 일반인에 의한 목격자 심폐소생술은 심정지 환자의 생존에 중요한 역할을 한다. 5년마다 새로운 가이드라인이 배포되고 있고 2005년 미국심장협회 가이드라인부터 현재까지 압박대 인공 호흡의 비율을 30 : 2로 시행할 것을 권고하고 있다[1]. 심정지 환자의 생존율은 현장에서 기본 심폐소생술을 조기에 시행 받은 경우에서 좋은 예후를 가질 확률이 높다. 그러나, 현장에서의 일반인에 의한 심폐소생술은 많은 장애를 보인다. 예를 들어 전혀 모르는 사람에게 인공호흡을 시행하는 것이 쉽지 않으며 인공호흡이 꺼려지면서 심폐소생술 자체를 시행하지 않고 기피하는 경우가 많다. 특히, 아직도 우리나라의 경우 현장에서 일반인 목격자에 의한 심폐소생술 제공율은 다른 선진국들에 비해 현저히 저조한 편이다. 그래서, 목격자에 의한 심폐소생술 제공율을 높이고자 인공호흡 없이 가슴압박만 하는 심폐소생술 개념이 생겼다. 많은 연구들에서 가슴압박만 하는 심폐소생술의 좋은 효과들에 대해 보고를 하였다. 한 연구에서 병원의 심정지 환자에서 일반인에 의한 가슴압박만 하는 심폐소생술을 시행한 군에서 30 : 2 표준 심폐소생술을 시행한 군에 비해 생존율이 증가하였음을 보고하였다[14]. 동물 모델을 이용한 한 연구에서는 8분 동안 지속되는 심실세동을 유도해

표준 심폐소생술과 가슴압박만 하는 심폐소생술을 비교했을 때 가슴압박만 하는 심폐소생술 군에서 신경학적 결과와 생존율이 더 증가하였음을 보고하였고[15], 일본에서는 병원의 심정지환자들의 통계분석에서 15분 이상의 매우 지연된 심실세동에서 표준 심폐소생술보다는 가슴압박만 하는 심폐소생술을 시행한 군에서 신경학적 결과와 생존율에서 향상된 결과를 보였음을 보고하였다[16]. 그러나, 중단 없이 계속적인 가슴압박을 시행할 경우 심정지 초기에는 여러 연구들에서 보여 주듯이 좋은 효과를 보일 수 있지만 오랜 시간 동안 지속될 경우 구조자의 피로도가 누적되고 피로가 누적됨에 따라 가슴압박의 질은 떨어질 수 밖에 없다. 본 연구에서 보듯이 30 : 2 표준 심폐소생술을 시행한 군보다 연속적인 가슴압박 심폐소생술을 시행한 군에서 더 높은 피로도를 보였다(NRS 5 vs. 7, $p < .001$). 또한, 연속적인 가슴압박 군보다는 30 : 2 표준 심폐소생술을 시행한 군에서 평균 압박 깊이가 더 깊었고(53 mm vs. 57 mm, $p < .001$) 적절 압박비율 또한 더 높은 결과를 보였다(98.8% vs. 68.6%, $p < .001$). 본 저자들의 과거 연구에 의하면 계속적인 가슴압박만 하는 심폐소생술 군, 100회 가슴압박 후 10초 휴식한 군, 200회 가슴압박 후 10초 휴식한 군을 비교했을 때 100회 가슴압박 후 10초 휴식한 군에서 가장 좋은 심폐소생술의 질적인 향상을 보였다[17]. Sander 등[18]의 연구에 의하면 8분 동안 1분 교대 가슴압박만 하는 심폐소생술 군과 2분교대 가슴압박만 하는 심폐소생술 군을 비교했을 때 2분 교대 심폐소생술 군에서 피로에 의한 비효율적인 심폐소생술을 예방할 수 있고 가슴압박 멈춤을 최소화 할 수 있음을 보고하였다. 한 연구에서 가슴압박만 하는 심폐소생술에서 첫 2분 동안은 충분한 가슴압박을 제공하지만 3분 이후부터는 급격히 감소하였고[13], 여자만 참여한 다른 연구에서도 첫 2분 이후 압박깊이가 급격히 감소하는 것을 보여 효과

적인 가슴압박을 위해서는 2분마다 교대할 것을 제안하였다[19]. Nishiyama 등[20]은 가슴압박만 하는 심폐소생술 군과 표준 심폐소생술 군의 질비 교에서 적절한 깊이로 압박한 비율을 비교한 결과 시간이 지날수록 가슴압박만 하는 심폐소생술 군에서 질지표가 감소하는 것을 알 수 있었고, 가슴 압박만 하는 심폐소생술에서는 1분마다 역할을 교대할 것을 제안하였다. 본 연구에서도 마찬가지로 적절한 압박 비율은 연속적인 가슴압박만 하는 심폐소생술 군에서 1분 이후로 급격히 감소함을 알 수 있다(Fig. 3).

본 연구의 제한점으로는 첫째로 단일 기관 연구로 진행되었고 비교적 적은 연구 참여자에 의해 이루어졌다. 둘째로 마네킨을 이용한 실험적 연구로 연구결과를 실제 환자에게 적용할 수 없다. 따라서, 앞으로 다기관적 전향적 연구가 필요하고 실제 환자에게 적용할 수 있는 연구로 확대하는 것이 필요하다.

V. 결 론

30 : 2 표준 심폐소생술 방법이 가슴압박만 하는 심폐소생술보다 평균 압박깊이가 더 깊었고 더 높은 적절 압박비율을 보였으나 가슴의 불완전 이완횟수는 큰 차이가 없었다. 4분간 심폐소생술 후 대상자가 느끼는 피로도는 연속적인 가슴압박을 시행한 군에서 더 높은 피로도를 보였다. 4분 동안 시간 경과에 따른 가슴압박의 질 비교에서는 1분 이후로는 30 : 2 표준 심폐소생술방법에서 평균 압박깊이와 적절 압박비율이 더 높음을 알 수 있다. 결론적으로 가슴압박의 질적인 측면에서 보면 30 : 2 표준 심폐소생술이 연속적인 가슴압박만 하는 심폐소생술보다는 구조자의 피로도를 줄이고 더 깊은 압박깊이를 보이며 시간이 지남에 따라 더 적절한 가슴압박 비율을 보임을 알 수 있다.

References

1. Travers AH, Rea TD, Bobrow BJ, Edelson DP, Berg RA, Sayre MR et al. Part 4: CPR overview: 2010 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *circulation* 2010;122(2):S676-84. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970913>
2. SOS-KANTO study group. Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only(SOS-KANTO): An observational study. *Lancet* 2007;369(9565):920-6. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60451-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60451-6)
3. Bohm K, Rosenqvist M, Herlitz J, Hollenberg J, Svensson L. Survival is similar after standard treatment and chest compression only in out-of-hospital bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2007; 116(25):2908-12. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.710194>
4. Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, Berg RA, Hayashi Y, Nishiuchi T et al. Effectiveness of bystander-initiated cardiac-only resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007;116(25): 2900-7. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.723411>
5. Vadeboncoeur T, Stolz U, Panchal A, Silver A, Venuti M, Tobin J et al. Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2014;85(2): 182-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.10.002>

6. Stiell IG, Brown SP, Nichol G, Cheskes S, Vaillancourt C, Callaway CW et al. Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients? *Circulation* 2014;130(22):1962-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.02.015>
7. Hellevuo H, Sainio M, Nevalainen R, Huhtala H, Olkkola KT, Tenhunen J et al. Deeper chest compression - more complications for cardiac arrest patients? *Resuscitation* 2013; 84(6):760-5. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008671>
8. Idris AH, Guffey D, Aufderheide TP, Brown S, Morrison LJ, Nichols P, Idris AH et al; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Relationship between chest compression rates and outcomes from cardiac arrest. *Circulation*. 2012;125:3004-12. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.059535>
9. Idris AH, Guffey D, Pepe PE, Brown SP, Brooks SC, Callaway CW et al; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Chest compression rates and survival following out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 2015;43(4):840-8. <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000000824>
10. Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, Kudenchuk P, Hostler D, Powell J et al; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 2009;120(13):1241-7. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.852202>
11. Vaillancourt C, Everson-Stewart S, Christenson J, Andrusiek D, Powell J, Nichol G et al; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation. *Resuscitation* 2011;82(12):1501-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2011.07.011>
12. Ashton AI, McCluskey A, Gwinnutt CL, Keenan AM. Effect of rescuer fatigue on performance of continuous external chest compressions over 3 min. *Resuscitation* 2002; 55(2):151-5. [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9572\(02\)00168-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-9572(02)00168-5)
13. Heidenreich JW, Berg RA, Higdon TA, Ewy GA, Kern KB, Sanders AB. Rescuer fatigue: Standard versus continuous chest-compression cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med*. 2006;13(10):1020-6. <http://dx.doi.org/10.1197/j.aem.2006.06.049>
14. Bobrow BJ, Spaite DW, Berg RA, Stolz U, Sanders AB, Kern KB et al. Chest compression-only CPR by lay rescuers and survival from out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2010;304(13):1447-54. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2010.1392>
15. Xanthos T, Karatzas T, Stroumpoulis K, Lelovas P, Simitsis P, Vlachos I et al. Continuous chest compressions improve survival and neurologic outcome in a swine model of prolonged ventricular fibrillation. *Am J Emerg Med* 2012;30(8):1389-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2011.10.008>
16. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, Nagao K,

- Tanaka H, Berg RA et al; Implementation Working Group for All-Japan Utstein Registry of the Fire and Disaster Management Agency. Time-dependent effectiveness of chest compression-only and conventional cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin. *Resuscitation* 2011;82(1):3-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.09.468>
17. Min MK, Yeom SR, Ryu JH, Kim YI, Park MR, Han SK et al. A 10-s rest improves chest compression quality during hands-only cardiopulmonary resuscitation: A prospective, randomized crossover study using a manikin model. *Resuscitation* 2013;84(9):1279-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.01.035>
18. Manders S, Geijsel FE. Alternating providers during continuous chest compressions for cardiac arrest: Every minute or every two minutes? *Resuscitation* 2009;80(9):1015-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.05.014>
19. Trowbridge C, Parekh JN, Ricard MD, Potts J, Patrickson WC, Cason CL. A randomized cross-over study of the quality of cardiopulmonary resuscitation among females performing 30:2 and hands-only cardiopulmonary resuscitation. *BMC Nurs* 2009;8:6. <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6955-8-6>
20. Nishiyama C, Iwami T, Kawamura T, Ando M, Yonemoto N, Hiraide A et al. Quality of chest compressions during continuous CPR; comparison between chest compression-only CPR and conventional CPR. *Resuscitation* 2010;81(9):1152-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.05.008>