

시뮬레이션된 병원전 심정지에서 구급대원에 의한 가슴압박과 기계압박의 비교

순천향대학교 의과대학 응급의학교실, 아주대학교 의학대학 응급의학교실¹

조영신 · 최상천¹ · 이정아¹ · 정윤석¹ · 김기운¹

Comparison of Manual Versus Mechanical Chest Compression During Simulative out of Hospital Cardiac Arrest

Young Shin Cho, M.D., Sang Chun Choi, M.D.¹, Chung Ah Lee, M.D.¹, Yoon Seok Jung, M.D.¹, Gi Woon Kim, M.D.¹

Purpose: The quality of cardiopulmonary resuscitation (CPR) has been identified as an important factor for improving survival rate. This prospective study was conducted for comparison of manual chest compression and mechanical chest compression during simulative out of hospital cardiac arrest. And evaluation of quality of manual compression was performed on-scene and during ambulance transportation.

Methods: A total of 24 emergency medical technicians (EMTs) participated in our study. During a period of one month, they were educated by E-learning on the importance of decreasing hands off time during CPR and anything else about CPR. We instituted the scenario of out of hospital cardiac arrest. They performed CPR twice in each same situation: they performed manual chest compression the first time. And, the second time, they used the mechanical chest compression device (X-CPR™). We evaluated the performance by camcorder monitoring and Q-CPR™ for measurement of manual compression depth and flow time.

Results: A total of 48 cases were performed in this study. Twenty four cases were included in the manual CPR group (H-Group) and 24 cases were included in the mechanical group (M-group). CPR of the H group vs. the M group was

performed for a mean 19.71 ± 2.97 min, 21.95 ± 4.16 min on scene, and in a moving ambulance. The average compression rate was 122 ± 14.80 min⁻¹ vs 104.38 ± 6.40 min⁻¹ ($p < 0.001$), and the compression depth was 44.25 ± 8.50 mm vs 42.37 ± 4.28 mm ($p = 0.34$), respectively. No statistical difference was observed in the flow time ratio between manual and mechanical chest compression (67.04 ± 11.12 vs 64.13 ± 6.61 , $p = 0.28$). However, the quality of compression of the H-group, the ratio of insufficient compression, and the ratio of insufficient release during transport were higher than those on-scene ($p = 0.02$, $p = 0.01$).

Conclusion: In comparison of chest compression rates between the two groups, the M-group showed a higher rate of chest compression. However, no significant difference in chest compression depth and flow time ratio was observed between the H- and M-groups. When performing manual chest compression during transport, EMTs should be careful of adequate chest compression and release.

Key Words: Cardiopulmonary resuscitation, Quality, Chest compression, Ambulance

Department of Emergency Medicine, Soonchunhyang University Hospital, Seoul, Korea, Department of Emergency Medicine, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea¹

서론

1960년대 Jude와 Kouwenhoven¹⁾에 의해 수행된 심폐소생술을 기반으로 하여 심정지 환자를 회복시키려는 노력은 끊임없이 이루어져 왔다. 공통된 심폐소생술 방법을 이루기 위한 노력의 일환으로 발표된 가이드라인 중 특히 2005년 이후부터는 가슴압박의 중요성을 더욱 강조하였다²⁾. 가슴압박은 강하고 빠르게 진행되고 가슴압박 후에 적절한 흉벽반동이 이루어지도록 해야 하며, 가슴압박이 중단되는 시간을 최소화해야 한다고 권고하고 있다. 이러한 양질의 심폐소생술이 수행되었을 때 심정지 환자의 생존율을 높일

책임저자: 김 기 운
경기도 수원시 영통구 원천동 산 5
아주대학교병원 응급의학과
Tel: 031) 219-7752, Fax: 031) 219-7760
E-mail: flyingguy0202@daum.net

접수일: 2012년 6월 12일, 1차 교정일: 2012년 6월 20일
게재승인일: 2012년 7월 30일

* 2009 Asia Conference of Emergency Medicine에 구연되었음.

수 있으며, 신경학적 예후를 향상시킬 수 있다.

우리나라는 최근에 심폐소생술 교육이 널리 시행되고 있지만 아직 선진국에 비해 일반인을 대상으로 시행하는 교육이 비율이 낮고, 심폐소생술의 인지도, 사전 지식의 부족 등으로 인해 병원 전 심정지가 발생한 경우 대부분 구급대원에 의한 심폐소생술이 시행되고 있다^{3,4)}. 이들은 정기적인 보수 교육과 훈련으로 양질의 심폐소생술을 시행하기 위해 노력하고 있으나, 현장 출동 인력의 부족, 긴 이송 시간에 의한 구급대원의 피로 누적, 이송 중 구급차 안의 공간의 협소함, 안전 문제 등으로 인하여 양질의 심폐소생술을 시행하는데 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하는 방안의 일부로 최근 기계를 이용한 심폐소생술에 대한 연구가 이루어 지고 있으나, 우리나라의 경우 병원 전 심정지 시 기계를 이용한 심폐소생술은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다⁵⁻⁸⁾.

따라서 본 연구에서는 가상의 병원 전 심정지 상황을 재현하고 심폐소생술을 시행하여 구급대원이 직접 수기로 하는 심폐소생술과 기계를 이용한 심폐소생술의 질을 비교하여 기계를 이용한 방법이 실제로 병원 전 상황에 적용될 수 있을지 알아보려고 하였다.

대상과 방법

2008년 9월부터 2008년 11월까지 K지역에 근무하는 구급대원을 대상으로 가상의 병원 전 심정지 상황을 주고 심폐소생술을 시행하도록 하였다. 구급대원은 총 2회의 동일한 가상 상황에 대처하였으며 소요시간은 각각 20분 내외로 하였다. 가상 시나리오는 목격되지 않은 심정지 상황으로 구급대원은 우선 현장에서 약 5분간 심폐소생술을 시행하고 이송 시에 직접 수기 가슴 압박을 시행하는 경우와 기계를 이용하여 가슴 압박을 시행하는 경우로 나누었다. 평가자는 총 4명으로 구성되었으며, 모두 동일한 가상 시나리오로 구성하였다. 응급구조사 업무 지침을 반영하여 현장에서 약 5분간 처치하도록 교육하였으며, 현장에서는 모두 수기 가슴압박을 시행하고 그 후 병원으로 이송하도록 하였다. 이송을 결정한 후 첫 번째는 구급대원이 운행 중인 구급차 안에서 직접 수기 가슴압박을 시행하였다(H-group). 두 번째의 경우 이송을 시작하기 전 기계(X-CPR™, Humed, Korea)를 설치하여 구급차 안에서 기계를 이용한 가슴압박이 이루어지도록 진행하였다(M-group). 수기 가슴 압박과 기계 가슴 압박의 순서는 가상 상황을 시행하기 전에 순서가 적힌 종이를 뽑는 것으로 무

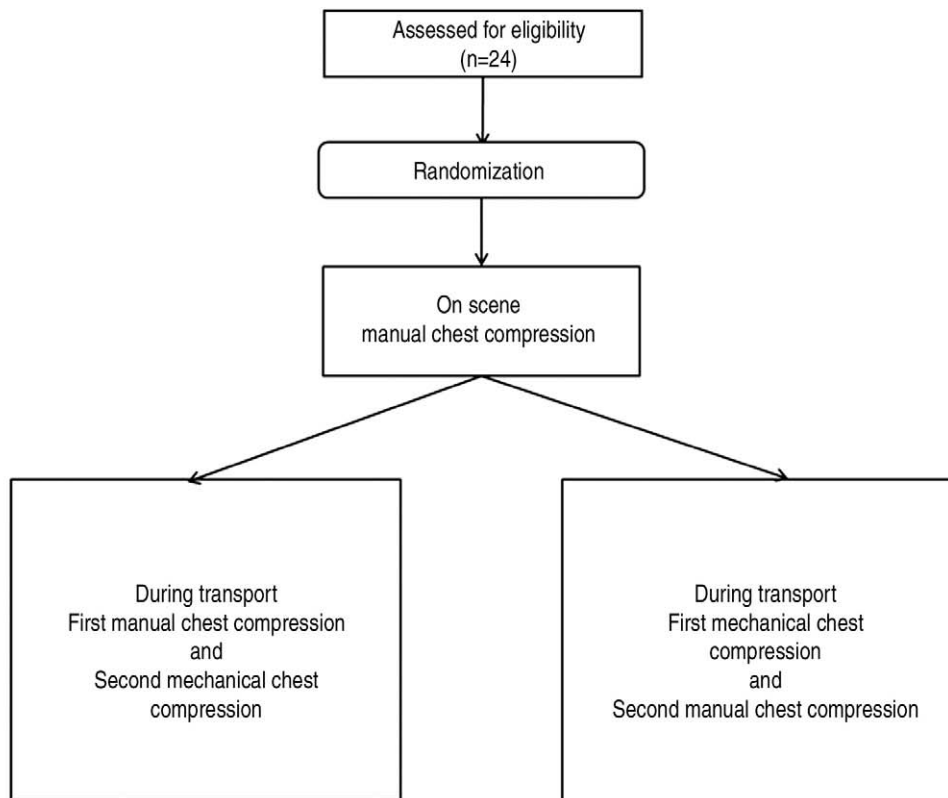


Fig. 1. Study flow diagram.

작위화 하였으며, 각 상황의 시간 간격은 30분으로 하였다 (Fig. 1).

본 연구에 참가한 구급대원은 총 24명으로 남자 대원은 11명, 여자대원은 13명으로 모두 1급 응급구조사였다. 연구 참가 1달 전부터 인터넷 동영상을 통한 심폐소생술 교육을 이수하였으며, 교육 내용은 심전도, 기도 유지, 정맥 확보, 급성 심근 경색, 심폐소생술의 질향상을 위한 방법 등이었고, 가슴압박의 중요성과 압박 중단 시간의 최소화 와 충분한 이완의 중요성을 강조하였다(Fig. 2). 연구 수행 전 대상 구급 대원들은 인터넷 강의의 홈페이지 접속 여부로 사전 교육 완료를 확인하였다. 또한 구급대원들이 X-CPR™을 사용하여 시행하는 심폐소생술이 익숙하지 않은 점을 보완하기 위하여 1달 전부터 부서별 기계 작동 및 사용법에 대한 이론 및 실습 교육을 시행하였다. 각 1급 구급대원은 실제 같은 팀으로 업무를 수행하는 2급 구급대원과 팀을 이루어 연구에 참여하였으며, 2급 구급대원은 24명 모두 남자였고, 현장에서 1차레 가슴압박을 교대 역할을 하였고 이송 시 운전을 담당하였다. 2급 구급대원 역시 1급 구급대원과 같은 교육을 실시하고 같은 방법으로 교육 여부를 확인하였다.

구급대원에 의해 시행된 심폐소생술의 질을 비교하기 위해 가상의 환자는 Resusci® Anne Skill Reporter™ (Laeadal, Norway)를 사용하였고, Q-CPR™ (Laeadal, Norway)를 사용하여 총 가슴압박시간, 압박의 깊이, 분당

가슴압박횟수, 유효혈류시간의 비율을 측정하였다. 유효혈류 시간은 전체 수행 시간에서 가슴압박을 시행하지 못하고 손이 떨어져 있는 상태(hands off time)를 제외한 시간으로 정의하였다⁹⁾. 또한 유효혈류시간의 비율은 유효혈류 시간을 전체 수행 시간으로 나누어 백분율로 표기하였다. 구급대원을 대상으로 가슴 압박이 중단되는 시간을 예측하도록 하였으며, 수기 가슴 압박을 시행할 때와 비교하여 기계를 사용하는 경우의 심리적 부담감을 최대 10점으로 점수화하여 표기하도록 하였다. 이송 중 발생할 수 있는 상황과 가슴 압박의 방해가 되는 요소를 파악하기 위해 비디오 촬영을 하였다.

자료 중 연속 변수는 평균과 표준편차로 표시하였고 정규분포를 따르지 않는 경우는 중앙값과 4분위 범위로 표시하였다. 각 비교분석 항목에 대하여 각 군간의 차이가 있는지 확인하기 위해 Student's *t*-test를 사용하였으며, 정규 분포를 따르지 않는 경우 Mann-Whitney test를 이용하였다. *p*값이 0.05이하인 경우 통계적으로 유의한 것으로 해석하였으며, 통계패키지는 SPSS 15.0 K for Windows (SPSS Inc., Chicago, USA)를 사용하였다.

결 과

가상의 병원 전 심정지 상황에서 손으로 심폐소생술을



Fig. 2. E-Learning contents (<http://www.fire.gyeonggi.kr/Access.2008.8>).

한 경우와 기계를 사용하여 심폐소생술을 시행하였을 때 전체 소요시간은 20분 이내로 수행할 것을 계획하였으나 기계를 사용하는 경우 별도의 장착 시간이 소요되어 약간의 차이가 발생하였다(Table 1). 기계를 사용하는 경우 장착 시간은 평균 88초(최소값 26초, 최대값 206초) 소요되었으며 이는 개인별 차이가 있었다(Fig. 3). 가슴압박의 깊이는 수기의 경우와 기계를 이용하여 압박한 경우 유의한 차이가 없었으며, 기계를 이용한 경우가 상황에 따른 편차가 더 적은 것으로 나타났다($44.25 \pm 8.50\text{mm}$, $42.37 \pm 4.28\text{ mm}$, $p=0.38$). 수기 가슴 압박을 하는 경우 기계로 시행하는 것에 비교하였을 때 1분당 압박 횟수가 더 많았으며 ($p<0.001$), 유효혈류시간을 비교하였을 때 두 군간 유의한 차이는 없었다($p=0.28$). 연구 진행 전 구급대원을 대상으로 현장에서 심폐소생술 중 가슴압박이 중단되는 비율을 예측해 볼 것을 요구하였을 때 두 군의 통계적 유의성은 없었다($p=0.18$). 수기 가슴압박을 시행할 때 구급대원 스스로 느끼는 부담감을 10점으로 점수화하였을 때 기계를 사용하는 경우는 3.83점이었($p<0.001$).

비디오를 분석하였을 때 구급차가 2회의 급정거를 하게 되었을 때 수기 가슴압박을 하는 경우는 평균 1.3회 손이 가슴에서 떨어지는 일(hands off)이 발생하였으며, 상황에 따라 구급대원이 구급차의 앞쪽으로 쏠리거나 넘어지는 등 부상의 위험도 발생하였다. 기계를 사용하는 경우에는 급정거 당시 특별한 변화는 없었다.

수기 가슴압박을 수행하는 경우, 이송 중인 환자에게 시행되고 있는 심폐소생술의 질을 평가하기 위해 때 현장과 움직이는 구급차 안에서 가슴압박의 속도, 깊이, 이완되는 정도를 비교하였다(Table 2). 이는 비디오 분석을 통하여 불충분 이완의 상황을 체크하였다. 현장에서 약 5분 정도

심폐소생술 후 이송을 결정하도록 교육하였기 때문에 총 가슴압박은 이송 중인 경우가 많았으며, 따라서 비효율적 가슴압박과 이완을 비교하기 위해 전체 가슴압박의 수로 나누어 비율을 비교하였다. 가슴압박의 속도와 깊이는 두 군간 유의한 차이가 없었다($p=0.35$, $p=0.65$). 하지만 전체 가슴압박 중 적절하지 않은 가슴압박의 비율과 적절하지 않은 가슴이완의 비율은 이송 중인 경우 더 빈번하였으며, 이는 통계적으로 유의하였다($p=0.02$, $p=0.01$).

고 찰

양질의 심폐소생술을 시행하는 것이 환자의 생존율을 높이는 데 기여하고 있으며, 따라서 심폐소생술의 질을 향상시키고 유지하기 위한 노력이 필요하다⁹⁻¹⁴. 우리나라의 경우 병원 전 심정지 시 아직 기계를 이용한 심폐소생술은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 그러나 본 연구결과는 기계를 사용한 심폐소생술이 가슴 압박의 횟수와 가슴압박 깊이, 유효혈류 비율에서 수기 가슴압박과 차이를 보이지 않았으며, 오히려 구급대원의 이송 중 가슴 압박의 심리적 부담감을 감소시킨다고 하였다.

Ong 등⁷⁾은 기계를 이용한 심폐소생술을 병원 전 심정지 상황에 적용함으로써 일정한 가슴압박의 질을 유지하여 자발 순환의 회복, 생존 병원 입원율, 생존 퇴원율이 의미있게 높음을 보고하였다. 그러나 Hallstrom 등⁶⁾의 연구에서는 기계를 사용한 군과 수기 가슴압박을 시행한 군에서 4시간 생존율의 차이가 없다고 보고하였다.

본 연구에서는 병원 전 심정지 상황을 재연하고 수기 가슴압박을 시행하는 경우와 기계를 이용하여 가슴압박을 시

Table 1. Comparison of H-Group (manual chest compression) and M-Group (mechanical chest compression)

| | H-Group (n=24) | M-Group (n=24) | p-value |
|---------------------------------|----------------|----------------|---------|
| Total consuming time (min) | 19.71 ± 2.97 | 21.95 ± 4.16 | 0.04 |
| Compression depth (mm) | 44.25 ± 8.50 | 42.37 ± 4.28 | 0.34 |
| Compression rate (/min) | 122.00 ± 14.8 | 104.38 ± 6.40 | 0.00 |
| Flow time ratio* (%) | 67.04 ± 11.12 | 64.13 ± 6.61 | 0.28 |
| Predictive hands off time ratio | 30.42 ± 11.79 | 25.83 ± 11.76 | 0.18 |
| Psychological weight scoring | 10 | 3.83 ± 2.63 | 0.00 |

* Flow time ratio=(Total consuming time - hands off time)/Total consuming time * 100

Table 2. Comparison of quality of manual chest compression (H-group) between on-scene and during transport (n=24)

| | On-scene | During transport | p-value |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------|
| Compression rate (/min) | 126 (112, 135) | 122 (116, 130) | 0.35 |
| Compression depth (mm) | 46 (43, 49) | 44 (35.5, 53.5) | 0.65 |
| Insufficient compression ratio (%) | 8.04 (1.32, 22.27) | 22.87 (7.43, 64.62) | 0.02 |
| Insufficient release ratio (%) | 0.76 (0.00, 4.76) | 4.23 (1.27, 8.52) | 0.01 |

Median, IQR (interquartile range)

행한 경우의 심폐소생술의 질 즉, 압박의 깊이, 속도, 유효 혈류시간의 비율을 비교하여 병원 전 상황에 기계를 이용한 가슴압박의 활용가능성을 알아보고자 하였다.

가슴 압박의 횟수는 수기 가슴압박을 시행하는 경우가 기계로 가슴압박을 시행하는 경우에 비해 더 많았다. 이는 연구 수행 당시 가이드라인(2005년)에서 권장하고 있는 분당 100회의 속도로 기계 가슴압박을 설정하였기 때문에 기계의 설정 수치를 교정하였을 때 두 군에 차이가 없을 것으로 생각된다.

가슴압박의 깊이와 유효혈류시간의 비율은 수기 가슴압박과 기계를 이용한 가슴압박에서 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 결과를 살펴보면, 수기 가슴압박의 경우가 기계를 사용한 경우에 비해 표준편차 값이 큰 것을 알 수 있다. 이는 일정한 깊이의 가슴압박을 유지하는데 기계를 이용한 방법이 더 효과적이라고 해석할 수 있다. 또한 현장에서 측정된 결과치 이외 비디오 판독을 통한 분석에서도 구조자가 움직이는 차 안에서 균형을 잡기 어려워 수기 가슴압박의 경우 균일한 깊이의 가슴압박이 적절하게 이루어지지 못하는 것을 살펴볼 수 있었다.

심폐소생술의 질을 평가하는데 있어서 가슴압박 시 손이 흉곽에서 떨어지는 것을 최소화하도록 강조하고 있는 것은

가슴압박이 중단되는 상황의 최소화와 연관된다^{15,16}. 본 연구에서 두 군의 유효혈류시간의 비율은 손이 흉곽에서 떨어지는 것을 비교하기 위한 척도였으나 연구에 참가한 구급대원의 일부는 이송 시 1인 심폐소생술을 시행하기 때문에 움직이는 구급차 내에서 환기와 가슴압박을 동시에 시행하기 어려운 상황으로 판단하여 30:2의 비율로 가슴압박과 환기를 시행하지 않고 가슴압박만을 시행하고 환자를 이송한 사례가 있었다¹⁷. 이는 전체 심폐소생술 시간 중 호흡에 의한 중단이 없었다는 점에서 수기 가슴 압박에서 유효혈류 시간의 비율을 높게 하는 요인이 되었다.

실제 비디오 판독 상에서 설정된 2번의 급정거 시 대부분의 구급대원은 환자의 흉곽에서 손이 떨어져 가슴압박이 중단되었으며, 심한 경우는 부상이 발생할 정도로 구급대원의 자세가 불안정하여 지속적으로 가슴압박을 시행하기 곤란한 상황이 발생하였다. 이는 우리가 심폐소생술 시 발생할 수 있는 가슴압박을 중단하는 원인이 되는 기관 삽관, 환기, 맥박 혹은 리듬 확인, 정맥로 확보, 약물 투약 등 이외에 발생할 수 있는 원인 중 한 가지가 될 수 있을 것이다⁵.

이와 대조적으로, 기계를 사용하여 가슴압박에 대한 부담이 줄어들 경우 구급 대원은 기관 삽관을 시도하거나 환자의 상태를 모니터링하고 운전 중인 구급대원 혹은 지도

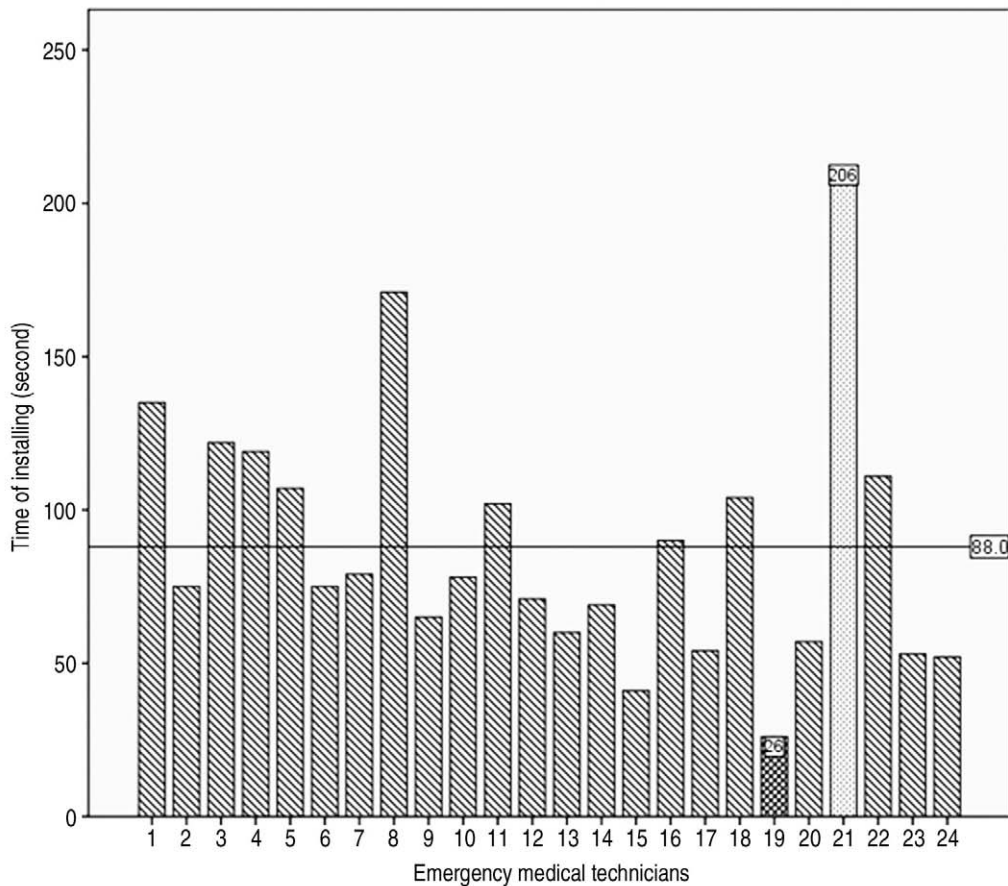


Fig. 3. Time of installing the compression equipment.

의사와 연결을 시도하는 모습 등 안정된 자세를 보였다. 호흡 보조 없이 수기 가슴압박만 시행한 경우처럼 기계로 가슴압박을 시행할 때, 30:2의 비율로 심폐소생술을 시행하지 않고 가슴압박만 시행하는 심폐소생술을 진행한다던 유효혈류시간의 비율을 더 늘릴 수 있다¹⁷⁾. 또한 기계를 사용하는 경우 유효혈류시간의 비율을 늘리기 위한 방안으로 기계를 장착하는 시간 동안 가슴압박이 중단되지 않도록 다른 구급대원과의 상호 역할 분담에 대한 교육이 언급될 수 있다. 기계를 장착하는데 별도의 시간이 소요 될 수 있기 때문에 기계 사용에 숙련도를 높이기 위한 교육이 더욱 필요할 것으로 사료된다.

비록 본 연구에서 기계를 사용한 방법이 수기 가슴압박에 비하여 월등한 양질의 심폐소생술을 시행되었다고 볼 수 없지만, 설문 조사를 통하여 수기 가슴압박과 기계를 이용한 가슴압박의 심리적 부담감에 대한 조사를 시행하였을 때 기계를 이용한 경우가 수기 가슴압박에 비해 100%기준에서 38%로 낮게 조사되었다. 이는 병원 전 심정지 환자의 심폐소생술에 기계를 이용한 가슴압박을 권장해 볼 수 있는 하나의 이유가 될 수 있다. 구급대원은 구조자의 피로, 제한된 공간, 이동하는 중에 가슴압박 수행 시 자세가 일정하게 유지되지 않아 발생할 수 있는 부상의 위험, 심정지라는 급박하고 긴장된 상황에서 심폐소생술을 수행할 경우 발생하는 정신적 압박 등을 심리적 부담감으로 표시하였다.

Stone 등¹⁹⁾은 연구에서, 지상에서 5분간 가슴압박을 시행한 것과 이동 중인 구급차에서 5분간 가슴압박을 시행한 경우 이동 중인 구급차의 가슴압박의 성공율이 낮다고 보고하였다. 또한 다른 연구에서도 움직이는 구급차와 평지에서 가슴압박의 질을 평가하였을 때 이송 중인 경우 양질의 가슴압박이 진행되지 않았다고 보고하였다^{9,14)}. 본 연구에서는 수기 가슴압박을 시행한 군을 현장과 이송 중 가슴압박의 속도와 깊이, 불충분압박의 비율과 불충분이완의 비율을 비교하였다. 구급대원은 가슴압박의 속도와 깊이는 현장과 이송 중 차이를 보이지 않았지만, 불충분 압박의 비율과 불충분 이완의 비율이 증가하였으며, 이러한 결과는 이동 중인 공간에서 양질의 가슴압박이 이루어지기 어려움을 설명할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 첫째 마네킨을 이용한 시뮬레이션 연구이기 때문에 효과적인 심폐소생술의 결과를 다른 연구에서처럼 생존율과 신경학적 예후 등으로 설명할 수 없다는 것이다. 따라서 이러한 결과가 실제로 심폐소생술 후 월등히 나은 결과를 보장한다고 할 수는 없다. 둘째, 연구에 사용된 장비(X-CPR™)는 산소의 압력을 이용하여 가슴압박을 하도록 고안된 장치로 산소 탱크가 연결되지 않는 현장에서는 사용하기 어려우며, 이송이 결정되기 전에 현장에서 가슴압박을 위해 사용할 수는 없고, 이송을 위해 산소 탱크가 연결될 수 있는 구급차 내에서만 사용 가능한 단점이 있었다. 따라서 현장과 이송 중 기계를 이용한

차이는 비교할 수 없었으며 이는 추후 더 연구되어야 할 부분이다. 마지막으로 가슴압박의 질을 평가하는데 있어서 정확한 가슴압박의 위치는 데이터 수집을 위해 Q-CPR™이라는 장비를 사용하였기 때문에 구급대원들은 모두 장비 위에 가슴압박을 시행하였으며, 정확한 압박위치의 선정의 여부는 확인할 수 없었다.

결론

병원 전 심정지 상황에서 기계를 이용한 가슴압박이 수기로 시행하는 것에 비해 양질의 심폐소생술을 수행한다고 보기는 어려우나, 구조자의 심리적 안정과 가슴압박이 균일하게 진행되는 데 도움이 된다. 또한 기계를 이용한 방법은 움직이는 차 안에서 심폐소생술을 시행하는데 있어서 발생하는 구조자의 안전 문제와 부적절한 이완으로 인한 심폐소생술의 질적 하향 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다.

참고문헌

1. Kuowenhoven WB, Jude JR. Closed chest message. *J Am Med Assoc* 1960;173:1064-7.
2. ECC Committee, Subcommittees and Task Forces of the American Heart Association. 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2005; 112:IV1-203.
3. Kim JK, Choe MSP, Seo KS, Seoul DH, Park JB, Jung JM. Clinical analysis of resuscitation in victims of out of hospital cardiac arrest. *J Korean Soc Emerg Med* 2002;13: 5-11.
4. Lee MJ, Park KN, Kim H, Shin JH, Yang HJ, Rho TH. Analysis of factors contributing to reluctance and attitude toward cardiopulmonary resuscitation in the community. *J Korean Soc Emerg Med* 2008;19:31-6.
5. Wang HC, Chiang WC, Chen SY, Ke YL, Chi CL, Yang CW, et al. Video-recording and time-motion analyses of manual versus mechanical cardiopulmonary resuscitation during ambulance transport. *Resuscitation* 2007;74:453-60.
6. Hallstrom A, Rea TD, Sayre MR, Christenson J, Anton AR, Mosesso VN Jr, et al. Manual chest compression vs use of an automated chest compression device during resuscitation following out of hospital cardiac arrest. *JAMA* 2006;295:2620-8.
7. Ong ME, Ornato JP, Edwards DP, Dhindsa HS, Best AM, Ines CS, et al. Use of an automated, load-distributing band chest compression device for out of hospital cardiac arrest

- resuscitation. *JAMA* 2006;295:2629-37.
8. Han GK, Ryu SY, Kim HJ, Lee SL, Cho SJ, Oh SC. Comparison of CPR outcomes between Autopulse™ and manual compression in adult out of hospital cardiac arrest. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;20:256-63.
 9. Olasveengen TM, Wik L, Steen PA. Quality of cardiopulmonary resuscitation before and during transport in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2008;76:185-90.
 10. Havel C, Schreiber W, Riedmuller E, Haugk M, Richling N, Trimmel H, et al. Quality of closed chest compression in ambulance vehicles, flying helicopters and at the scene. *Resuscitation* 2007;73:264-70.
 11. Aufderheide TP, Pirralo RG, Yannopoulos D, Klein JP, von Briesen C, Sparks CW, et al. Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. *Resuscitation* 2005;64:353-62.
 12. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sørebo H, Svensson L, Fellows B, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out of hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299-304.
 13. Ødegaard S, Olasveengen T, Steen PA, Krammer-Johansen J. The effect of transport on quality of cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2009;80:843-8.
 14. Choi YJ, Park DS, Lee WS, Ha WS, Jung JY, Yun YH. Comparison of Quality in chest compression at scene, in a moving ambulance by student nurses, the 119 member group, and an automatic CPR machine. *J Korean Soc Emerg Med* 2009;20:335-42.
 15. Roessler B, Fleischhackl R, Losert H, Arrich J, Mittlboeck M, Domanovits H, et al. Reduced hands off time and time to first shock in CPR according to the ERC guidelines 2005. *Resuscitation* 2009;80:104-8.
 16. Koster RW. Limiting hands off periods during resuscitation. *Resuscitation* 2003;58:275-6.
 17. Ong ME, Ng FS, Anushia P, Tham LP, Leong BS, Ong VY, et al. Comparison of chest compression only and standard cardiopulmonary resuscitation for out of hospital cardiac arrest in Singapore. *Resuscitation* 2008;78:119-26.
 18. Ramaraj R, Ewy GA. Rationale for continuous chest compression cardiopulmonary resuscitation. *Heart* 2009;24:1978-82.
 19. Stone CK, Thomas SH. Can correct closed chest compression be performed during prehospital transport? *Prehosp Disaster Med* 1995;10:121-3.