

마네킹을 이용한 심정지 임신부 모델에서 30° 좌측 경사자세에서의 가슴압박 질 평가

연세대학교 의과대학 응급의학교실, 관동대학교 의과대학 응급의학교실¹

이재호 · 좌민홍¹ · 박정숙 · 김승환 · 박유석 · 정성필 · 박인철

Comparative Evaluation of Chest Compression in a 30° Inclined Lateral Position Designed for Pregnant Cardiac Arrest Patients-Manikin Study

Jae Ho Lee, M.D., Minhong Choa, M.D., Jung Suk Park, M.D., Seunghwan Kim, M.D., Yoo Seok Park, M.D., Sung Phil Chung, M.D., Incheol Park, M.D.

Purpose: Appropriate aortocaval compression during cardiopulmonary resuscitation (CPR) plays a significant role in outcomes following cardiac arrest during pregnancy. The existing aortocaval compression women may have due to pregnancy conditions can be relieved by either manual displacement of the gravid uterus or by placing the patient in an inclined lateral position. Hence, the objective of this study was to compare the quality of chest compression in two different positions, supine versus 30° inclined lateral, to ascertain whether or not high quality CPR is feasible in an inclined position for treating cardiac arrest during pregnancy.

Methods: A prospective, crossover, randomized study was performed with thirty emergency medicine residents and emergency medical technicians. Each participant performed hands-only CPR for 2 minutes in both supine and 30° inclined lateral positions on a manikin. Compression rate, depth, compression depth rate, recoil rate, and hand positioning were evaluated using the Laerdal PC SkillReporting System[®]. Participants were scored on the subjective difficulty of chest compression using a visual analogue scale (VAS).

Results: There were no significant differences in compres-

sion rates, correct recoil rates and correct hand position ratings between the two positions. The compression depth in the supine position was 56.1 ± 4.5 mm, and 52.6 ± 6.5 mm ($p < 0.001$) in the 30° inclined lateral position. However, the latter result met the current guideline recommendation. There was no reported difference in the difficulty of chest compression between the two positions.

Conclusion: In the 30° inclined lateral position, high-quality chest compression is feasible to achieve in simulated cardiac arrest associated with pregnancy.

Key Words: Pregnancy, Cardiopulmonary resuscitation

Department of Emergency Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea, Department of Emergency Medicine, Kwandong University College of Medicine, Gyeonggi-do, Korea¹

서 론

임신부에서의 심정지는 흔하지 않은 것으로 되어있다. Confidential Enquiries into Maternal and Child Health (CEMACH) 자료에 따르면 임신부의 심정지는 2만 명의 임신 당 1건이다¹. 그러나 일반적인 심정지 환자에 비해 임신부는 상대적으로 어린 나이임에도 6.9%의 낮은 생존율이 보고되고 있으며, 더욱이 임신부의 사망은 임신부와 태아 두 생명을 잃는다는 점에서 중요성이 강조되고 있다²⁻⁴. 따라서 구조자는 임신부 심정지의 원인에 상관 없이 임신부의 생존율을 높이기 위해서 임신에 의해 변화되는 생리학적 특성을 고려한 적절한 소생술을 제공하는 것이 매우 중요하다.

20주 이상의 임신부에서는 자궁이 아래대정맥, 대동맥 및 골반 혈관을 압박한다⁵⁻⁷. 이와 같은 임신자궁에 의한 대동정맥 압박(aortocaval compression)은 심각한 정맥환류의 감소를 유발하며, 이로 인해 궁극적으로 심장박출량의 감소가 유발된다⁷⁻⁹. 이는 비임신부 심정지 환자에서 가슴압박에 의해 예상되는 심장박출량이 단지 30%인 것을 고려할 때, 매우 심각한 문제임을 알 수 있다. 다시 말해 임

책임저자: 박 유 석

서울특별시 서대문구 성산로 250

연세대학교 의과대학 응급의학교실

Tel: 02) 2228-2460, Fax: 02) 2227-7908

E-mail: pys0905@yuhs.ac

접수일: 2011년 10월 5일, 1차 교정일: 2011년 10월 19일

게재승인일: 2011년 11월 4일

신 후반기 심정지 임신부에서 앙와위 자세로 전통적인 심폐소생술을 시행할 경우 그 성공률이 매우 낮을 것임을 시사한다. 건강한 임신부를 대상으로 한 연구에 따르면 임신 자궁에 의한 대동정맥 압박 문제는 좌측으로 기울인 측와위를 통해 호전되며 이를 통해 임신부의 혈압, 일회박출량 및 심장박출량이 증가되고, 태아의 산소화와 심박수 또한 증가되는 효과가 있다^{10~15)}. 이를 근거로 최근 심폐소생술 가이드라인에서는 가슴압박을 시행하는 동안 대동정맥 압박을 감소시키고 심폐소생술의 질을 향상하기 위하여 임신부를 15°~30° 좌측 경사 자세로 눕히거나 임신자궁을 손으로 압박하여 외측으로 이동시키는 것을 권고하고 있다^{16,17)}. 또한 2005년 이후 심폐소생술 가이드라인에서는 심폐소생술의 생존율을 향상시키기 위하여 '양질의 심폐소생술'을 강조해 오고 있다¹⁸⁾. 양질의 심폐소생술은 강하고 빠른 가슴압박과 가슴압박 후 완전한 이완 등으로 구성되어 있다. 그러나 임신부의 경우 좌측 경사 자세를 유지하는 것을 가이드라인에서 권고하고 있음에도 불구하고 좌측 경사 자세에서 심폐소생술을 시행할 때 효율적인 가슴압박이 가능한지에 관한 연구는 현재까지 부족한 현실이다. Goodwin 등¹⁹⁾은 인간 쇄기(human wedge)를 이용한 좌측 경사 자세에서 가슴압박이 더 잘 시행되었다고 보고하였으며, Rees와 Willis²⁰⁾은 여러 각도의 경사 자세에서 가슴압박 시 전달되는 힘을 측정하였으며, 각도가 증가할수록 양와위 자세에 비하여 전달되는 힘이 감소된다고 보고하였다. 그러나 좌측 경사 자세를 취한 심정지 임신부에게 가슴압박을 시행할 경우 양질의 심폐소생술의 지표인 가슴압박의 속도, 깊이 및 완전한 이완 정도 등이 어떻게 변할지에 관한 연구는 시행되지 않았다. 따라서 저자들은 임신과 관련된 심정지에서 양질의 심폐소생술이 가능한지 알아보기 위해서 양와위 및 좌측 경사 자세에서 가슴압박 소생술을 시행하고 가슴압박의 질을 비교하고자 한다.

대상과 방법

1. 연구 기간 및 대상

이 연구는 2011년 7월 1일부터 2011년 7월 30일까지 서울 소재 두 곳의 대학병원 응급의료센터에서 근무하는 응급의학과 전공의 및 응급구조사를 대상으로 전향적으로 시행되었다. 모든 연구 참여자들은 이 연구 참여 이전에 미국심장협회의 의료인을 위한 기본소생술 과정을 이수하였으며, 2010년 개정된 심폐소생술 지침에 대하여도 각 병원에서 시행되는 3시간의 전문심장소생술 이론 및 실습교육을 이수하였다. 또한 응급의료센터에서 심정지 환자의 심폐소생술에도 최소 20회 이상 참여한 경력을 가지고 있었다. 하지만 대부분의 참가자들은 임신부 심폐소생술의 경험은 없었다.

2. 연구방법

1) 실험용 받침대 제작

연구자들은 나무를 이용하여 쇄기 모양의 받침대를 제작하였다. 심정지 상태에서 임신부의 혈역학 상태를 향상시키기 위하여 좌측 경사 자세(left inclined lateral position)를 이용할 경우, 경사의 각도는 최대한으로 하는 것이 좋다. 하지만 기존의 연구에 따르면 마네킹은 30°, 사람은 27°를 넘는 경사 자세를 취할 경우 미끄러져 내려오는 경향이 있고, 각도가 증가할수록 가슴압박의 효과가 떨어지므로²⁰⁾, 현재의 가이드라인에서는 환자의 경사 각도를 15°~30°로 유지할 것을 권고하고 있다^{16,17)}. 이에 연구자들은 길이 100 cm, 30° 각도의 쇄기 모양 받침대를 제작하였다.

2) 자료의 수집

이 연구는 전향적 무작위 교차연구로 진행되었다. 연구를 시작하기 전에 참여자들은 5 분간 임신부의 심폐소생술 및 좌측 경사 자세에 대하여 설명을 들었다. 각 참여자들은 SkillReporter Resusci Anne® (Laerdal Medical, Stavanger, Norway) 모형을 양와위 또는 30° 좌측 경사 자세로 바닥에 위치한 상태에서 무릎을 꿇은 자세로 2 분간 첫 번째 가슴압박 소생술을 시행하였다(Fig. 1). 이후 피로도에 의한 가슴압박의 질 저하를 방지하기 위하여 10 분간의 휴식을 취한 후 모형의 변경된 자세에서 두 번째 가슴압박 소생술을 시행하였다. 각 참여자들의 가슴압박 모형 자세의 순서는 난수발생 프로그램을 이용하여 무작위로 배정하였다.

각 자세에서 가슴압박의 질 평가를 위하여 PC Skill Reporting System® (Laerdal Medical, Stavanger,



Fig. 1. Compression data from one of the participants from the screen of the Laerdal PC SkillReporting System®.

Norway)을 이용하여 가슴압박의 속도 및 깊이를 측정하였다(Fig. 2). 또한 적절한 가슴압박 깊이의 비율, 적절한 가슴압박 후 이완의 비율 및 적절한 가슴압박 위치의 비율을 측정하였다. 적절한 가슴압박 깊이의 비율은 전체 가슴압박 중 압박 깊이가 50~60 mm인 압박의 비율, 적절한 가슴압박 후 이완의 비율은 전체 가슴압박 중 압박 후 이완 시 남은 압박 깊이가 5 mm 미만인 압박의 비율, 적절한 가슴압박 위치의 비율은 전체 가슴압박 중 압박 위치가 흉골의 아래 1/2을 압박한 비율로 정의하였다²¹⁾. 또한 모형의 가슴과 가슴압박 시행자 팔과의 각도를 확인하기 위하여 동영상을 촬영하였으며, 이를 이용하여 한 명의 응급의학과 전문의가 최대 각도와 최소 각도를 측정하였다. 마지막으로 각각의 자세에서 참여자들이 느낀 가슴압박의 난이도를 측정하기 위하여 100 mm 시각상사척도를 이용하여 어려움을 느끼지 못하는 것을 0, 가장 힘든 것을 100으로 하여 조사하였다.

3. 자료의 분석

수집한 자료의 분석은 SAS 9.2(SAS Institute INC., Cary, NC, USA)를 이용하였다. 자료는 범주형 변수는 건(%)으로, 연속형 변수는 평균±표준편차 또는 평균(95% 신뢰구간)으로 제시하였다. 측정된 변수에 대하여 교차연구에 대한 mixed model을 이용하여 분석하였으며, 각각의 결과는 p 값이 0.05미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결 과

1. 연구 참여자의 일반적 특성

연구기간 동안 실험에 참가한 연구 참여자는 총 30명 이

었다. 이중 남자가 22명(73.3%), 여자가 8명(26.7%) 이었으며, 평균 나이는 30.1 ± 3.6 세였다(Table 1). 앙와위 자세에서 2분간의 가슴압박 소생술을 먼저 시행한 군은 16명(53.3%), 30° 좌측 경사 자세에서 가슴압박 소생술을 먼저 시행한 군은 14명(26.7%) 이었다.

2. 가슴압박의 질

가슴압박의 속도는 앙와위 자세에서는 분당 121.3 ± 11.8 회였으며, 30° 좌측 경사 자세에서는 118.8 ± 9.9 로 두 군간의 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.069$). 가슴압박의 깊이는 앙와위 자세에서 56.1 ± 4.5 mm로, 30° 좌측 경사 자세의 52.6 ± 6.5 mm보다 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($p=0.000$), 적절한 가슴압박 깊이의 비율 역시 두 군간에 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). 하지만 적절한 가슴압박 후 이완의 비율 및

Table 1. General characteristics of study participants

Age (year)	30.1 ± 3.6
Gender	
Male	22 (73.3%)
Female	8 (26.7%)
Height (cm)	171.1 ± 6.9
Weight (kg)	68.1 ± 15.5
BSA* (m^2)	1.8 ± 0.2
Career	
Grade 1	7 (23%)
Grade 2	5 (17%)
Grade 3	8 (27%)
Grade 4	5 (17%)
EMT†	5 (17%)

* BSA: Body surface area

† EMT: Emergency medical technician

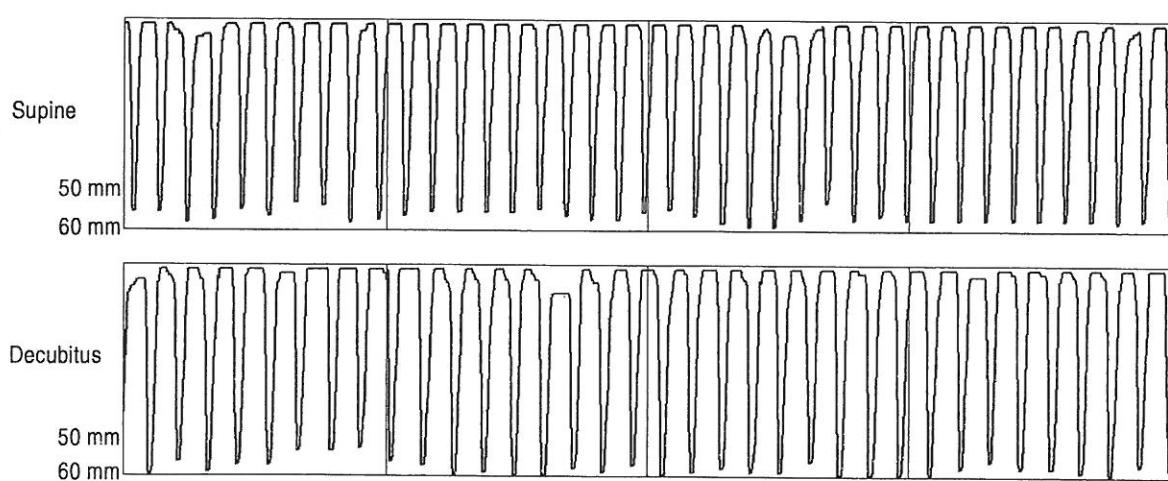


Fig. 2. Chest compression at 30° inclined lateral position.

적절한 가슴압박 위치의 비율은 두 군에서 각각 $97.3 \pm 12.6\%$, $97.3 \pm 15.0\%$ 및 $84.9 \pm 31.6\%$, $75.8 \pm 35.3\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.999$, $p = 0.086$).

모형의 가슴과 가슴압박 시행자 팔 간의 최대 각도와 최소 각도는 모두 양와위 자세에서 유의하게 커졌다. 하지만 두 자세에서 가슴 압박의 난이도에는 차이가 없었다(Table 2).

고 찰

임신 시에는 심장호흡기계의 변화로 인해 순환 혈액량, 맥박수, 혈압, 일회박출량, 심장박출량, 전신혈관저항, 분사환기량 및 기능잔기용량 등이 변화하게 된다²³. 임신부의 성공적인 소생과 태아의 생존을 위해서는 임신부에서 나타나는 이러한 생리학적인 변화를 고려한 기본소생술 및 전문 심장소생술의 수정을 포함하는 양질의 심폐소생술이 필수적이다. 양질의 심폐소생술의 핵심은 충분히 빠르고 강한 가슴압박으로 심장박출량을 유지하는 것이다. 그러나 20 주 이상의 임신부에서는 자궁에 의한 대동정맥 압박 효과로 충분한 정맥환류가 이루어지지 않아, 양와위 자세에서 심폐소생술을 시행할 경우 가슴압박으로 충분한 심장박출량을 유지하기 어려우며 이로 인해 모든 소생을 위한 노력이 수포로 돌아갈 가능성이 높다⁷⁻⁹. 현재 심폐소생술 가이드라인에서는 이를 개선하기 위해 임신자궁을 손으로 압박하여 외측으로 이동시키거나 임신부를 15°~30° 좌측 경사 자세로 유지하면서 심폐소생술을 시행할 것을 권장하고 있다^{10,17}. 하지만 심폐소생술을 시행하는 동안 임신자궁을 구조자가 외측으로 이동시키기 위해서는 추가적인 구조자가 필요하며 또한 이를 효과적으로 시행하기 위해서는 어느 정도의 지식이 필요하다¹⁸. 또한 임신부의 변형된 자세에서 양질의 가슴압박이 가능한지에 대한 연구는 현재까지 부족하다.

이 연구 결과에서 가슴압박의 속도는 두 자세에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 30° 좌측 경사 자세

에서 압박 속도는 분당 118.8회로 이는 현재의 가이드라인에서 권장하는 범위에 속한다. 임신부에서는 혈장의 증가에 의해 적혈구의 증가가 덜 이루어져 상대적인 빈혈이 나타난다^{23,24}. 이러한 상대적인 빈혈은 임신부의 심정지 시례, 심장 또는 태아로의 산소 공급에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 임신부의 심폐소생술 시 가슴압박 속도는 비임신부에 비해 더욱 중요할 것으로 생각되며, 이 연구에서는 30° 좌측 경사 자세에서 충분한 가슴압박 속도를 유지할 수 있었다. 이번 연구에서 가슴압박의 깊이는 두 자세에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. Rees와 Willis²⁰도 기울이는 경사가 증가함에 따라 가슴압박 시 전달되는 힘이 감소한다고 보고하였는데 이는 저자들의 연구 결과와 유사하다고 할 수 있다. 그러나 30° 좌측 경사 자세에서 평균 압박 깊이는 52.6 mm로 이는 현재의 심폐소생술 가이드라인에서 권장하는 범위 안에 포함되므로 충분한 압박 깊이가 유지된다고 생각된다. 하지만 30° 좌측 경사 자세에서 적절한 가슴압박 깊이의 비율이 66.4%로 유의하게 떨어지는 결과를 보였는데 이는 양와위 자세에서 가슴압박 시에는 체중을 더 싣기 쉬우며, 평소 심폐소생술을 시행하던 자세로 익숙한데 반해, 30° 좌측 경사 자세에서는 체중을 싣기 어려우며 처음 시행해보는 자세로 어려움이 있었기 때문이라 생각된다. 임신부에서는 심장박출량의 상당 부분이 임신자궁으로 들어가기 때문에 심정지 임신부에서 양질의 가슴압박으로 심장박출량을 최대한 유지하는 것이 중요함을 고려할 때 이와 같은 결과는 또 다른 의미를 가진다고 할 수 있다²². Goodwin 등¹⁹은 인간쇄기를 이용한 좌측 경사 자세에서 적절한 가슴압박의 비율이 더 높다고 보고하였는데, 이는 저자들의 연구 결과와 반대되는 결과이다. Goodwin 등¹⁹의 연구에서는 양와위 자세에서 적절한 가슴압박 비율이 32.5%로 이는 심폐소생술에 익숙하지 않은 조산사를 대상으로 진행한 연구이며, 적절한 가슴압박의 정의가 명확하지 않아 이번 연구결과와 비교하기는 어려울 것으로 사료된다. 적절한 가슴압박의 이완 및 적절한 압박 위치의 비율은 두 자세에서 의미 있는 차이를 보이지 않았다. 적절한 가슴압박 위치의 비교에서는 깊이와는 다르게

Table 2. Comparison of chest compression quality between supine position and 30° inclined lateral position

	Supine	30° inclined	<i>p</i> value
Compression rate (rate/min)	121.3 (117.2-125.4)	118.8 (114.7-122.9)	0.069
Compression depth (mm)	56.1 (54.0-58.3)	52.6 (50.4-54.7)	0.000
Correct compression depth rate (%)	87.9 (76.8-98.9)	66.4 (55.3-77.4)	0.000
Correct hand position rate (%)	84.9 (72.2-97.7)	75.8 (63.0-88.6)	0.086
Correct recoil rate (%)	97.3 (92.1-102.5)	97.3 (92.1-102.5)	>0.999
Lowest compression angle (degree)	83.1 (80.4-85.9)	77.7 (74.9-80.4)	0.001
Highest compression angle (degree)	88.0 (86.0-89.9)	83.6 (81.6-85.5)	0.001
Difficulty (mm)	64.6 (58.2-71.0)	68.4 (62.1-74.8)	0.280

All values are means (95% confidence interval) except *p* value.

30° 좌측 경사 자세에서 적절한 압박 위치의 비율이 낮기는 했으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 30° 좌측 경사 자세는 일반적인 심폐소생술의 자세와 다르기 때문에 가슴압박의 적절한 위치를 유지하는데 어려움이 있을 뿐 아니라 경사로 인한 구조자 손의 미끄러짐이 영향을 끼칠 수 있을 것으로 예상할 수 있었으나 유의한 차이를 보이지는 않았다. 이런 미끄러짐은 모형 표면 재질과 장갑을 끈 손의 마찰력에 의해서도 영향을 미칠 수 있기 때문에 실제 환자의 경우에는 다른 결과가 나올 수도 있을 것이라 생각된다. 또한 20주 이상의 임신부는 모형과는 달리 유방이 발달되어 나팔모양의 갈비뼈로 인해 압박 위치 유지에 어려움이 있을 수도 있을 것이다⁴⁾. 양질의 가슴압박 조건 중 하나인 충분한 이완은 두 자세에서 모두 잘 이루어지고 있었다. 가슴압박에서 충분한 이완이 이루어지지 않는 경우는 압박속도가 너무 빠르거나 구조자가 지쳤을 때 많이 나타난다고 알려져 있다^{25,26)}. 이번 연구에서는 2분간 가슴압박 소생술을 했음에도 불구하고 두 자세 모두에서 충분한 이완이 이루어졌으며 이는 참여자들이 심폐소생술에 익숙한 전문가 군이기 때문에 나온 결과일 수도 있을 것으로 생각된다. 가슴압박 시 환자의 가슴과 구조자의 팔의 각도는 90°를 유지하여야 한다²⁷⁾. 이를 통해 구조자의 모든 힘을 원하는 위치로 전달될 수 있기 때문이다. 이번 연구에서 가슴압박 중 팔의 각도는 양와위 자세에서 통계적으로 유의하게 높은 각도를 유지하고 있었다. 이는 양와위 자세에서 팔의 방향이 중력의 방향과 일치하여 구조자들이 90°의 각도를 인지하기 쉽고 기존의 심폐소생술 훈련과 경험을 통해 익숙해져 있는데 반해, 30° 좌측 경사 자세에서는 정확한 90°의 각도를 가늠하기 어렵고 가슴압박에 익숙하지 않은 자세이기 때문에 각도의 유지가 어려웠던 것으로 보인다. 두 자세에서 최저 각도를 비교한 mixed model 분석에서 두 군 간의 기간효과(period effect)가 있었으나 ($p=0.042$), 이를 보정한 모델에서 통계적으로 큰 차이가 있는 점에서 ($p=0.001$) 두 자세 간 차이는 명확한 것으로 판단된다. 이번 연구는 전향적 무작위 교차연구로 참여자들은 첫 번째 자세에서 2분간의 가슴압박 후 10분간의 휴식을 가진 후 두 번째 자세에서 가슴압박 소생술을 시행하였다. 따라서 충분한 휴식이 이루어지지 않았다면 피로도가 두 번째 가슴압박의 질에 영향을 미칠 수 있다. 이를 확인하기 위하여 저자들은 mixed model 분석을 통해 기간효과를 분석하여 피로도의 영향을 통계적으로 검증하였으며 가슴압박의 최저 각도를 제외하고는 모든 가슴압박 질 평가 항목에서 기간효과는 보이지 않았다.

이 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫 번째, 이번 연구는 특별히 제작한 쇄기와 마네킹을 이용한 연구로 실제 심정지 임신부에 적용할 때는 다른 결과를 보일 수 있다. 임신부에서는 유방의 발달, 나팔모양의 갈비뼈, 횡격막의 상승 및 비만으로 인해 모형이나 비임신부 환자에 비해

가슴압박이 어려울 수 있다⁴⁾. 또한 실제 심정지 임신부에서 30° 좌측 경사 자세가 자궁에 의한 대동정맥 압박 효과를 충분히 상쇄할 수 있는지도 알기는 어렵다. 하지만 심정지 임신부의 심폐소생술이 매우 드물기 때문에 실제 환자에서 이와 같은 연구를 하기는 쉽지 않을 것으로 생각된다. 두 번째, 이번 연구에 참여한 참가자들이 모두 기존에 심폐소생술 교육을 받고 실제 환자에서도 많은 경험을 가지고 있어 가슴압박의 속도나 깊이 등 대부분의 지표에서 좋은 결과를 보였다. 따라서 이번 결과를 일반화시키는 것은 무리가 있을 것으로 생각된다. 향후 비 의료인이나 심폐소생술의 경험이 적은 의료인을 대상으로 한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

이번 연구에서 양와위에서 가슴압박 소생술을 시행할 때 30° 좌측 경사 자세보다 더 깊은 가슴압박이 가능하였다. 하지만 이번 연구에 참여한 참가자들은 모두 심폐소생술 경험이 많은 전문가들로 두 자세 모두에서 현재 심폐소생술 가이드라인에서 제안하는 가슴압박 속도와 깊이를 만족하였다. 또한 가슴압박 후 적절한 이완이나 적절한 압박 위치의 비율에도 두 자세 사이에는 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

- Lewis G, ed. The Confidential Enquiry into Maternal and Child Health (CEMACH). Saving mothers' lives: reviewing maternal deaths to make motherhood safer-2003-2005. The Seventh Report on Confidential Enquiries into Maternal Deaths in the United Kingdom. London: CEMACH. 2007.
- Dijkman A, Huisman CM, Smit M, Schutte JM, Zwart JJ, van Roosmalen JJ, et al. Cardiac arrest in pregnancy: increasing use of perimortem caesarean section due to emergency skills training? BJOG 2010;117:282-7.
- Department of Health, Welsh Office, Scottish Office Department of Health, Department of Health and Social Services, Northern Ireland. Why mothers die. Report on confidential enquiries into maternal deaths in the United Kingdom 2000-2002. London (UK): The Stationery Office; 2004.
- Morris S, Stacey M. Resuscitation in pregnancy. BMJ 2003;327:1277-9.
- Kerr MG, Scott DB, Samuel E. Studies of the Inferior Vena Cava in Late Pregnancy. BMJ 1964;1:522 4-33.
- Bieniarz J, Branda LA, Maqueda E, Morozovsky J,

- Caldeyro-Barcia R. Aortocaval compression by the uterus in late pregnancy. 3. Unreliability of the sphygmomanometric method in estimating uterine artery pressure. *Am J Obstet Gynecol* 1968;102:1106-15.
7. Vaizey CJ, Jacobson MJ, Cross FW. Trauma in pregnancy. *Br J Surg* 1994;81:1406-15.
 8. Hill CC, Pickinpaugh J. Trauma and surgical emergencies in the obstetric patient. *Surg Clin North Am* 2008;88:421-40, viii.
 9. McAuley DJ. Trauma in pregnancy: anatomical and physiological considerations. *Trauma* 2004;6:293-300.
 10. Mendonca C, Griffiths J, Ateleanu B, Collis RE. Hypotension following combined spinal-epidural anaesthesia for Caesarean section. Left lateral position vs. tilted supine position. *Anaesthesia* 2003;58:428-31.
 11. Bamber JH, Dresner M. Aortocaval compression in pregnancy: the effect of changing the degree and direction of lateral tilt on maternal cardiac output. *Anesth Analg* 2003;97:256-8.
 12. Rossi A, Cornette J, Johnson MR, Karamermer Y, Springeling T, Opic P, et al. Quantitative cardiovascular magnetic resonance in pregnant women: cross-sectional analysis of physiological parameters throughout pregnancy and the impact of the supine position. *J Cardiovasc Magn Reson* 2011;13:31.
 13. Abitbol MM. Supine position in labor and associated fetal heart rate changes. *Obstet Gynecol* 1985;65:481-6.
 14. Carbonne B, Benachi A, Leveque ML, Cabrol D, Papiernik E. Maternal position during labor: effects on fetal oxygen saturation measured by pulse oximetry. *Obstet Gynecol* 1996;88:797-800.
 15. Tamas P, Szilagyi A, Jeges S, Vizer M, Csermely T, Ifi Z, et al. Effects of maternal central hemodynamics on fetal heart rate patterns. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2007;86:711-4.
 16. Vanden Hoek TL, Morrison LJ, Shuster M, Donnino M, Sinz E, Lavonas EJ, et al. Part 12: cardiac arrest in special situations: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122:S829-61.
 17. Soar J, Perkins GD, Abbas G, Alfonzo A, Barelli A, Bierens JJ, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 8. Cardiac arrest in special circumstances: Electrolyte abnormalities, poisoning, drowning, accidental hypothermia, hyperthermia, asthma, anaphylaxis, cardiac surgery, trauma, pregnancy, electrocution. *Resuscitation* 2010;81:1400-33.
 18. 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(24 suppl):IV58-IV66.
 19. Goodwin AP, Pearce AJ. The human wedge. A manoeuvre to relieve aortocaval compression during resuscitation in late pregnancy. *Anaesthesia* 1992;47:433-4.
 20. Rees GA, Willis BA. Resuscitation in late pregnancy. *Anaesthesia* 1988;43:347-9.
 21. Kobayashi M, Fujiwara A, Morita H, Nishimoto Y, Mishima T, Nitta M, et al. A manikin-based observational study on cardiopulmonary resuscitation skills at the Osaka Senri medical rally. *Resuscitation* 2008;78:333-9.
 22. Whitty JE. Maternal cardiac arrest in pregnancy. *Clin Obstet Gynecol* 2002;45:377-92.
 23. Clapp JF 3rd, Seaward BL, Sleamaker RH, Hiser J. Maternal physiologic adaptations to early human pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 1988;159:1456-60.
 24. Scott DE. Anemia in pregnancy. *Obstet Gynecol Annu* 1972;1:219-44.
 25. Sutton RM, Niles D, Nysaether J, Abella BS, Arbogast KB, Nishisaki A, et al. Quantitative analysis of CPR quality during in-hospital resuscitation of older children and adolescents. *Pediatrics* 2009;124:494-9.
 26. Aufderheide TP, Pirrallo 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.
 27. Berg RA, Hemphill R, Abella BS, Aufderheide TP, Cave DM, Hazinski MF, et al. Part 5: adult basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2010;122:S685-705.