

흉부 컴퓨터 단층 촬영 분석을 통한  
심폐소생술에서 흉부 압박의 적절한 위치 평가

연세대학교 대학원  
의 학 과  
김 영 준

흉부 컴퓨터 단층 촬영 분석을 통한  
심폐소생술에서 흉부 압박의 적절한 위치 평가

지도 황 성 오 교수

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2011년 7월 15일

연세대학교 대학원  
의 학 과  
김 영 준



## 감사의 글

이 논문이 나오기까지 바쁘신 와중에도 아낌없이 지도해 주신 황성오 교수님께 가슴속 깊이 감사의 말씀을 드립니다. 또한 대학원에서 훌륭한 강의를 해주신 이강현 교수님과 저에게 처음 논문 쓰는 법을 지도해주시고 격려해주셨던 김 현 교수님께도 감사드립니다. 논문심사에 귀중한 시간을 내어 주신 영상의학과 권우철 교수님과 논문이 마무리될 수 있도록 도와주신 차경철 교수님께도 감사의 마음을 드립니다.

항상 부족한 자식 잘되게 기도해 주시는 부모님, 언제나 따뜻한 사랑을 나누어 주시는 아버님, 어머님께도 고개 숙여 감사를 드립니다.

사랑하는 아내와 성탄이에게도 감사의 마음을 전합니다.

# 차례

그림 차례	ii
표 차례	iii
국문요약	iv
<b>I. 서론</b>	1
<b>II. 연구내용 및 방법</b>	2
1. 연구 계획 및 대상	2
2. 연구 원리 및 방법	3
가. 연구 원리	3
나. 연구 방법	3
a. 측정에 사용된 프로그램	3
b. 연구 내용	3
c. 흉부 컴퓨터 단층 촬영 결과 측정	4
3. 통계 분석 방법	7
<b>III. 결과</b>	8
1. 대상 환자의 일반적 특성	8
2. 각 위치에 따른 심장 구조물들의 단면적	10
3. 압박되는 심장 구조물들의 단면적	10
4. 압박되는 부분이 차지하는 비율에 따른 특성	11
5. 각 지점에서 압박되는 전체 심장의 넓이 및 전체 심실의 넓이	12
<b>IV. 고찰</b>	14
<b>V. 결론</b>	17
참고문헌	18
영문요약	21

## 그림 차례

Fig. 1. Method of measurement at axial view of chest computed tomography·····	5
Fig. 2. Measurement process of area at chest computed tomography·····	7
Fig. 3. Compressed total heart area at each estimate point·····	13
Fig. 4. Compressed total ventricle area at each estimate point·····	13

## 표 차례

Table 1. Demographic data·····	9
Table 2. Comparison of heart structure area at each estimate point·····	11
Table 3. Comparison of heart structure ratio at each estimate point·····	12

국문요약

## 흉부 컴퓨터 단층 촬영 분석을 통한 심폐소생술에서 흉부 압박의 적절한 위치 평가

연세대학교 대학원 의학과

김 영 준

**배경 및 목적:** 대한심폐소생협회와 미국심장협회(American Heart Association, AHA)가 발표한 심폐소생술 지침에 따르면 흉부 압박은 흉골의 가운데와 두 유두를 잇는 가상의 선이 만나는 점을 압박하도록 권장되고 있으나, 그 과학적 근거는 불충분하다. 이 연구는 심폐소생술을 받은 환자에서 시행한 흉부 컴퓨터 단층 촬영 영상을 분석하여 효율적인 심폐소생술을 위한 적절한 흉부 압박 위치를 제시하고자 수행되었다.

**대상 및 방법:** 2006년 1월부터 2009년 8월까지 심폐소생술을 시행 받은 18세 이상의 비외상성 심정지 환자 중 흉부 컴퓨터 단층 촬영을 시행한 180명의 환자를 대상으로 하였다. 이중 제외 기준에 해당하는 66명을 제외한 114명을 연구 분석의 대상으로 하였다.

흉부압박 깊이를 5cm이라고 가정하고 압박될 것으로 생각되는 면적인 흉벽 압박 너비(the width affected by a heel of hand for compression)의 하부에 위치하는 좌심방, 좌심실, 우심방, 우심실의 면적을 흉골 과 유두사이선이 만나는 지점(A), 유두사이



선 과 흉골 하단의 가운데 지점(B), 흉골 하단 과 검상돌기가 만나는 지점(C)에서 각각 측정하여 그 면적을 비교하였다. A, B, C 지점에서 측정된 흉벽 압박 너비의 최대 값을  $MSC_{max}$  (Maximal width at the midway portion of the sternum and costochondral junction)로 정의하고 그 아래를 차지하는 압박된 전체 심장의 넓이, 압박된 좌심방의 넓이, 압박된 좌심실의 넓이, 압박된 우심방의 넓이, 압박된 우심실의 넓이 등의 면적을 측정하였다.

**결과:**  $MSC_{max}$  아래에 해당하는 압박된 좌심실의 넓이는 A, B, C 지점에서 각각  $65\pm 236\text{mm}^2$ ,  $364\pm 506\text{mm}^2$ ,  $1099\pm 817\text{mm}^2$ 로 측정되어 흉골 하단에서의 넓이가 가장 넓게 측정되었다. A 지점에서 전체 평균 좌심실 중  $MSC_{max}$  아래 면적을 차지하는 평균 좌심실 비율이  $3\pm 11\%$  이었으나, B 지점에서  $14\pm 19\%$ 가 차지하였고, C 지점에서는  $29\pm 20\%$ 를 차지하여 C 지점에서 좌심실이 차지하는 비율이 가장 높았다.

**결론:** 심폐소생술시 흉골 하단을 압박하는 것이 현재 권장되고 있는 유두 사이선을 압박하는 것보다 좌심실의 더 많은 부분을 누를 수 있다.

-----  
**핵심 되는 말:** 심폐소생술, 흉부압박, 전산화 단층 촬영

# I. 서론

심폐소생술은 인공호흡과 흉부압박을 통하여 일정한 관류를 유지하게 함으로써 각 조직에 산소를 공급하는 방법으로서, 1960년에 처음 소개된 이래 심정지 환자의 표준 소생술로 제시되고 있다.<sup>1)</sup> 심박동이 멈춘 상태에서 각 조직의 관류는 심박동이 정상화 될 때 까지 심폐소생술에 의하여 좌우된다. 따라서 흉부압박은 여러 장기에 혈류를 공급하기 위한 방법으로서 심폐소생술에서 가장 중요한 요소이다.<sup>2)</sup> 흉부압박으로 발생하는 혈류의 양은 정상 심박출량의 17-27% 정도에 불과하지만, 심정지 환자에게 심폐소생술을 시행 할 경우 심폐소생술을 시행하지 않은 경우 보다 생존률을 2-3배 증가 시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>3-6)</sup> 그동안 심폐소생술 시 흉부 압박으로 유발하는 심박출량을 증가시키기 위한 연구가 다수 이루어졌으나, 지금까지 진행된 흉부 압박에 관한 연구들은 대부분 압박의 위치에 관한 연구보다는 주로 압박의 속도와 깊이 에 관한 내용이었다.<sup>7)</sup>

대한심폐소생협회와 미국심장협회(American Heart Association; AHA), International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) 및 European Resuscitation Council (ERC)에서 2010년에 발표한 심폐소생술의 지침에 따르면 흉부 압박의 위치는 가슴의 중앙 또는 흉골 중앙과 유두사이선(inter-nipple line)이 만나는 점을 압박하도록 권장하고 있다.<sup>9-11)</sup> 심폐소생술을 처음으로 제안한 Kouwenhoven 등은 검상돌기 머리 부분에 손이 위치할 것을 제안했었다.<sup>1)</sup> 1963년에 Thaler 와 Stobie 는 소아 심폐소생술 후 간 손상이 발견되었음을 보고하면서, 흉골 아래 보다는 흉골의 가운데 부분을 압박하도록 권장하기도 했다.<sup>12)</sup> 이후로도 몇몇 연구자들이 흉부 압박의 위치에 관해 연구를 하였으나, 흉부압박 시 손의 정확한 위치에 대한 과학적 증거는 아직 불충분하다.<sup>10,11)</sup>

심폐소생술 시 흉부압박에 의해 발생하는 혈액순환의 대표적인 두 가지 기전은 심장펌프이론(cardiac pump theory)과 흉강펌프이론(thoracic pump theory)이다. 심장펌프이론은 흉부를 압박하면 흉골과 흉추사이에서 심실이 압박될 때 심실용적이 감소하

면서 심실 내 압력이 증가함으로써 승모판과 삼첨판이 폐쇄되고, 대동맥판과 폐동맥판이 열림으로써 체순환과 폐순환이 유발된다는 이론이다.<sup>1,13,14)</sup> 흉강펌프이론은 흉부를 압박 할 때 증가된 흉강 내압과 흉강 외압의 차이에 의하여 혈류가 유발된다는 이론으로 심장은 단지 혈액이 지나가는 혈관의 역할만 한다는 것이다.<sup>15-17)</sup> 최근에는 경식도 심초음파를 이용하여 심폐소생술 중 인체에서 혈류가 유발되는 기전이 많이 연구되면서, 심장펌프 이론을 뒷받침하는 근거가 많이 밝혀지게 되어 심장펌프이론이 심폐소생술 시 혈액 순환의 주 기전으로 생각되고 있다.<sup>13,14,18,19)</sup> 심장펌프이론에 따르면 흉부 압박 시 심장의 좌심실이 압박되어야 가장 효율적인 혈액 순환이 이루어질 것으로 예상되나, 흉부 어느 부위를 압박 했을 때 좌심실의 많은 부분이 압박되어 심박출량이 최대가 될 것인지에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다.<sup>20,21)</sup>

이 연구에서는 심폐소생술을 시행 받은 환자의 흉부 컴퓨터 단층 촬영을 검토하여 심폐소생술 시 압박되는 위치에 따라서 흉부압박을 시행하는 부분 하방에 위치하는 구조물을 확인하고, 압박되는 부위에서의 좌심실 넓이 및 그 비율을 측정하여 현재 권장되고 있는 심폐소생술의 흉부 압박 위치의 적절성과 압박 위치에 따른 흉부 압박의 효율성을 평가하고자 하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 연구 계획 및 대상

2006년 1월 1일부터 2009년 8월 30일까지 원주기독병원에 심정지 상태로 내원하여 심폐소생술 후 소생된 18세 이상의 비외상성 심정지 환자 중 흉부 컴퓨터 단층 촬영을 시행한 환자를 대상으로 하였다. 흉곽기형이나 심장에 심각한 구조적 이상이 있는 환자, 선행 폐질환으로 인하여 발생한 전폐 자가 절제 환자, 폐기중의 과거력으로 심장의 위치에 영향을 준 환자는 대상에서 제외하였다.

## 2. 연구 원리 및 방법

### 가. 연구 원리

심박출량은 1회 박출량 과 심박수의 곱으로 나타낸다. 심박출량을 증가시키기 위해서는 1회 박출량이나 심박수를 늘려야 하는데, 심정지 상황에서 심박수는 분당 100회-120회로 어느 정도 고정된 수치를 권장하고 있어 심박출량을 늘리려면 각 흉부 압박 시 1회 박출량을 늘려야만 한다. 이 연구에서는 흉부 컴퓨터 단층 촬영 상에서 흉부 압박 위치에 따라 압박될 것으로 예상되는 좌심실의 단면적을 비교하여 가장 많은 심박출량이 이루어질 수 있는 부분을 예측하였다.

### 나. 연구 방법

#### a. 측정에 사용된 프로그램

이 연구에서 심장 각 부분의 단면적은 Centricity work station RA 1000 (General Electric Company: GE Healthcare integrated IT Solution 540 West Northwest Highway Barrington, IL, USA) 프로그램을 이용하여 측정하였다.

#### b. 연구 내용

흉부 압박 시 흉골 과 양측의 늑연골 접합부의 가운데 부분(midway portion)이 이루는 단면적이 압박될 것으로 예상하여 이 폭(width of the midway portion of the sternum and costochondral junction: MSC)을 기준으로 그 아래 구조물의 단면적을 측정하였다. 이 MSC 는 유두사이선, 흉골 하단(lower end of sternum), 그리고 유두사이선과 흉골 하단의 중간 부분 등 세 부분에서 측정하여 이 중 가장 큰 값(maximal width at the midway portion of the sternum and costochondral junction:

MSC<sub>max</sub>)을 기준으로 위의 세 부분에서 흉골 아래 구조물들의 단면적을 각각 측정하였다.

흉부 컴퓨터 단층 촬영 상 각 구조물의 단면적은 이첨관이 좌심방과 좌심실을 만나는 지점, 삼첨관이 우심방과 우심실을 만나는 지점, 대동맥 관이 좌심실과 대동맥을 만나는 지점 등을 각 구조물들을 구분 짓는 경계표로 하여 각 구조물의 면적을 구하였다.

MSC<sub>max</sub> 아래에서 압박될 것이라고 예상되는 구조물들의 총 넓이는 TAC (total area of compression)로 정의하였다. 이 TAC는 압박된 각각의 구조물들의 합으로 우심방의 압박부분(RAA<sub>cmp</sub>: compressed right atrium area), 우심실의 압박부분(RVA<sub>cmp</sub>: compressed right ventricle area), 좌심방의 압박부분(LAA<sub>cmp</sub>: compressed left atrium area), 좌심실의 압박부분(LVA<sub>cmp</sub>: compressed left ventricle area), 대혈관의 압박부분(GVA<sub>cmp</sub>: compressed great vessel area)등으로 구성된다. 또한, 총 심장 넓이(THA: total heart area)는 압박될 것으로 예상되는 부분과 압박되지 않을 것으로 예상되는 부분까지 포함한 우심방(RAA: right atrium area), 우심실(RVA: right ventricle area), 좌심방(LAA: left atrium area), 좌심실(LVA: left ventricle area), 대혈관 부분(GVA: great vessel area)의 합으로 정의하였다.

흉부 컴퓨터 단층 촬영에서 구조물 면적측정의 위치는 흉골의 유두사이선을 A 지점, 흉골 끝부분과 검상돌기가 만나는 지점을 C 지점, A와 C 사이의 중간 지점을 B 지점으로 정의하여 측정하였다. 이러한 측정 과정은 숙련된 응급의학 교수의 지도 아래 응급의학과 전공의가 각 구조물의 면적을 구해보는 충분한 연습 과정을 거쳐 측정시의 오류를 최대한 줄였다.

#### c. 흉부 컴퓨터 단층 촬영 결과 측정

A 지점 아래 구조물의 단면적 측정은 흉부 컴퓨터 단층 촬영 횡단면(axial view)에서 양쪽 유두를 확인 하여 유두 사이를 잇는 유두사이선(inter-nipple line)을 찾은 후, 이 유두사이선이 지나는 흉골 가운데 지점에서 척추의 가시돌기를 잇는 가운데

선에서 흉골과 늑연골 접합부의 가운데 부분 양쪽을 연결하는 MSC 를 측정하였고 같은 방식으로 B, C 지점의 MSC 를 측정하여 가장 큰 값인  $MSC_{max}$  를 정의하였다 (Fig. 1).

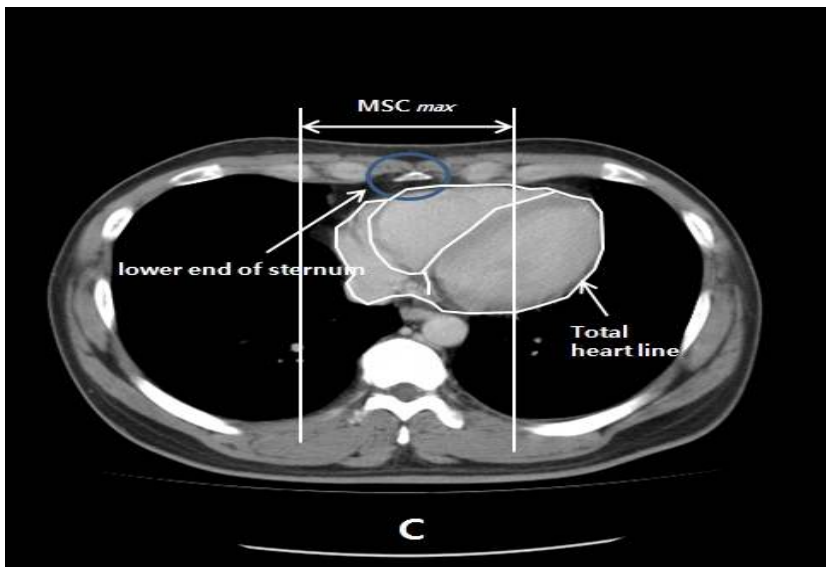
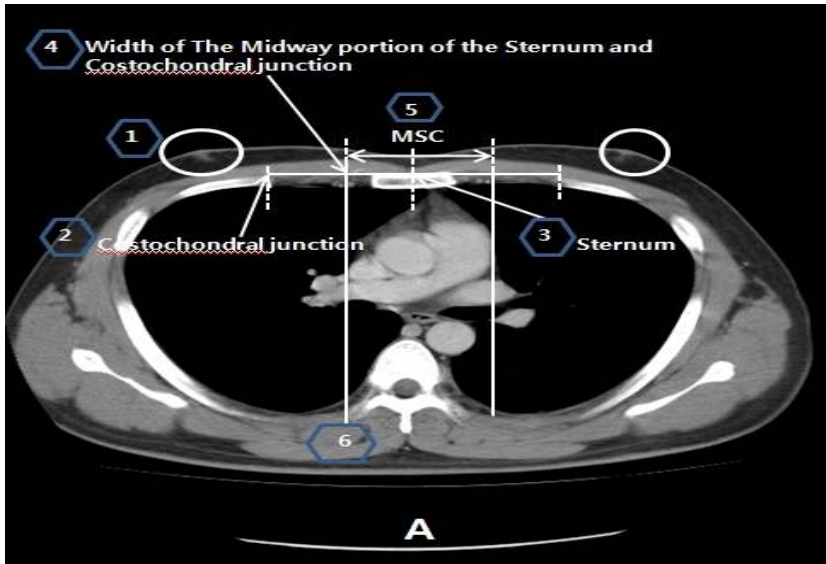


Fig. 1. Method of measurement at axial view of chest computed tomography

1. Look for both nipple and inter-nipple line.
2. Look for costochondral junction.
3. Look for mid-line of sternum.
4. Find out of the midway portion of the sternum and costochondral junction.
5. Check MSC (midway portion of the sternum and costochondral junction) on "A", "B", "C", and  $MSC_{max}$  (maximal width at the midway portion of the sternum and costochondral junction).
6. Draw vertical line at end of width on  $MSC_{max}$ .
7. Measure the whole heart area and compressed heart area beneath  $MSC_{max}$ .
8. Repeat the process at "B" and "C".

A, B, C 각 지점에서  $MSC_{max}$  아래를 지나는 구조물을 확인하고 좌심실, 좌심방, 우심실, 우심방, 대혈관 등의 압박 예상 부분의 면적을 구한 후, 흉부 컴퓨터 단층 촬영 횡단면에서 보이는 좌심실, 좌심방, 우심실, 우심방, 대혈관 등의 전체 면적을 구하여 각 구조물의 전체 면적 중  $MSC_{max}$  아래를 차지하는 압박 면적의 비율을 측정하였다. 이 과정을 3회 반복 시행하여 평균값을 구하였다(Fig. 2).

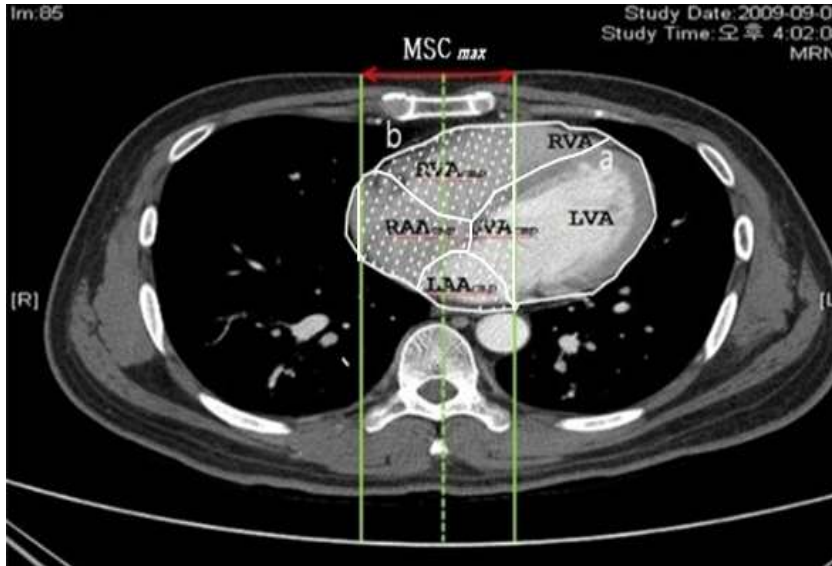


Fig. 2. An illustration of measurement process of areas at chest computed tomography (white line area "a": whole heart area, white dotted line area "b": heart area subjected to chest compression,  $MSC_{max}$ : maximal width at the midway portion of the sternum and costochondral junction,  $RVA_{cmp}$ : compressed right ventricle area,  $RAA_{cmp}$ : compressed right atrium area,  $LVA_{cmp}$ : compressed left ventricle area,  $LAA_{cmp}$ : compressed left atrium area,  $RVA$ : right ventricle area,  $LVA$ : left ventricle area)

### 3. 통계 분석 방법

측정된 결과는 SPSS 통계분석 프로그램 (SPSS for Windows release 12.0 SPSS Inc. USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 유두사이선이 지나는 A, B, C 지점 아래의 구조물들이 차지하는 단면적과 그 비율을 ANOVA test를 이용하여 비교 분석하였고, P값이 0.05 미만일 때 통계학적으로 의미 있는 것으로 정의하였다.



### Ⅲ. 결과

#### 1. 대상 환자의 일반적 특성

총 180예의 대상 환자 중 제외대상에 해당된 66예를 제외한 총 114예를 대상으로 결과를 분석하였다. 총 114례 중 남자가 73예(64.0%) 여자가 41예(36.0%)였고, 전체 평균나이는 55.9세 였다. 과거력 상 고혈압이 30예(26.3%), 심부전이 2예(1.7%), 심근경색이 6예(5.3%)로 심장질환이 많았고, 당뇨가 23예(20.2%), 만성 신부전이 12예(10.5%), 뇌졸중이 18예(15.8%), 천식, 결핵 등 폐질환이 21예(18.4%) 있었다. 심정지의 원인으로는 심근경색, 폐색전증 등이 36예(31.6%)로 가장 많았고, 저산소증이 35예(30.7%), 산증이 12예(10.5%), 혈액량 감소가 9예(7.9%), 고칼륨혈증이 6예(5.3%), 중독에 의한 경우가 3예(2.6%) 있었다. 퇴원 시 뇌 기능 수행 수준(Cerebral performance category: CPC)은 1-2 단계가 20예(17.5%), 3-4 단계가 5예(4.3%) 있었으며, 5단계가 89예(78.1%)로 가장 많았다. 24시간 이후 사망한 경우가 47예(41.2%)로 가장 많았고, 생존 퇴원이 38예(33.3%), 24시간 이내 사망한 경우가 14예(12.3%), 가망 없는 퇴원을 한 경우가 15예(13.2%)였다(Table 1).

Table 1. Demographic data

		n(%)
Sex	Male	73(64.0)
Co-morbidity	Hypertension	30(26.3)
	Diabetes mellitus	23(20.2)
	Lung disease	21(18.4)
	Stroke	18(15.8)
	Chronic renal failure	12(10.5)
	Cancer	8(7.0)
	Myocardiac infarction	6(5.3)
	Congestive heart failure	2(1.7)
	Others	12(10.5)
	Cause of arrest	Myocardiac infarction, Pulmonary thromboembolism
Hypoxia		35(30.7)
Acidosis		12(10.5)
Hypovolemia		9(7.9)
Hyperkalemia		6(5.3)
Toxin		3(2.6)
Others		13(11.4)
CPC *		1-2
	3-4	5(4.3)
	5	89(78.1)
Outcome	Arrive discharge	38(33.3)
	Death < 24hr	14(12.3)
	Death > 24hr	47(41.2)
	Moribund discharge	15(13.2)

\* CPC: Cerebral performance category

## 2. 각 위치에 따른 심장 구조물들의 단면적

흉부 압박 위치에 따른 각 심장 내 구조물들의 넓이는 유두사이선인 A 지점에서 의 총 심장 평균 면적은  $5,200 \pm 2,231 \text{mm}^2$ , 흉골 하단인 C 지점에서의 평균 면적은  $7,621 \pm 3,017 \text{mm}^2$ , 그 사이 지점인 B 지점에서의 평균 면적은  $7,510 \pm 2,215 \text{mm}^2$  이었다. 우심방의 평균 면적은 A 지점에서  $451 \pm 624 \text{mm}^2$ , B 지점에서는  $1,134 \pm 786 \text{mm}^2$  C 지점에서는  $1,212 \pm 846 \text{mm}^2$ 였고, 우심실의 평균 면적은 A 지점에서  $481 \pm 693 \text{mm}^2$ , B 지점에서  $1,227 \pm 768 \text{mm}^2$ , C 지점에서  $1,633 \pm 782 \text{mm}^2$ 이었다. 좌심방의 평균 면적은 A 지점에서  $946 \pm 1,031 \text{mm}^2$ , B 지점에서  $1,626 \pm 827 \text{mm}^2$ , C 지점에서는  $808 \pm 859 \text{mm}^2$ 였고 좌심실 평균의 면적은 A 지점에서  $501 \pm 1,053 \text{mm}^2$ , B 지점에서는  $2,023 \pm 1,565 \text{mm}^2$ , C 지점에서  $3,671 \pm 1,476 \text{mm}^2$  이었다.

## 3. 압박되는 심장 구조물들의 단면적

우심방이  $MSC_{max}$  아래에서 차지하는 평균 면적은 A, B, C 지점에서 각각  $438 \pm 615 \text{mm}^2$ ,  $1,085 \pm 763 \text{mm}^2$ ,  $1,137 \pm 825 \text{mm}^2$ 이었고, 우심실이 차지하는 평균 면적은 A, B, C 지점에서 각각  $366 \pm 536 \text{mm}^2$ ,  $961 \pm 653 \text{mm}^2$ ,  $1,383 \pm 689 \text{mm}^2$  이었다. 좌심방의 평균 면적은 A, B, C 지점에서 각각  $815 \pm 936 \text{mm}^2$ ,  $1,499 \pm 785 \text{mm}^2$ ,  $765 \pm 814 \text{mm}^2$  이었고 좌심실의 평균 면적은 A, B, C 지점에서 각각  $65 \pm 236 \text{mm}^2$ ,  $364 \pm 506 \text{mm}^2$ ,  $1,099 \pm 817 \text{mm}^2$ 로 측정되어 A 지점에서 C 지점으로 내려갈수록 좌심실의 압박 면적이 넓어서 흉골 하단을 압박하였을 때 좌심실이 가장 많이 압박될 것으로 예상되었다(Table 2).

Table 2. Comparison of the areas of cardiac structures at each estimate point

	Each estimate point			p-value*
	A	B	C	
	n=114	n=114	n=114	
RAA <sub>cmp</sub> (mm <sup>2</sup> )	438±615	1,085±763	1,137±825	<0.001
RVA <sub>cmp</sub> (mm <sup>2</sup> )	366±536	961±653	1,383±689	<0.001
LAA <sub>cmp</sub> (mm <sup>2</sup> )	815±936	1,499±785	765±814	<0.001
LVA <sub>cmp</sub> (mm <sup>2</sup> )	65±236	364±506	1,099±817	<0.001
GVA <sub>cmp</sub> (mm <sup>2</sup> )	2,671±1,286	1,368±1,174	294±566	<0.001

\*Statistical significances were tested by one way analysis of variances among groups.

#### 4. 압박되는 부분이 차지하는 비율에 따른 특성

전체 좌심실 단면적에 대한 흉부 압박 시 압박될 것으로 예상되는 평균 좌심실 단면적 비율은 A 지점에서 3±11%였으나, B 지점에서는 14±19%, 흉골 하단인 C 지점에서는 29±20%로 흉골 하단으로 압박 점이 이동할수록 압박되는 좌심실의 단면적 비율이 넓어지는 소견을 보였다. 우심방의 경우는 A 지점에서 52±48% 였고, B 지점에서는 87±29%, C 지점에서는 77±39%로 B 지점일 때 전체 우심방중 압박되는 단면적이 많은 비율을 차지하였고, 우심실의 경우는 A, B, C 지점에서 각각 29±40%, 66±36%, 80±26%를 차지하여 C 지점에서 가장 많이 압박되는 비율을 보였고, 좌심방은 A, B, C 지점에서 각각 45±46%, 87±25%, 67±45%를 차지하여 B 지점에서 가장 많이 압박되는 비율을 보였다(Table 3).

Table 3. Comparison of proportion of each cardiac structure subjected to chest compression at each estimate point

	Each estimate point			p-value *
	A	B	C	
	n=114	n=114	n=114	
RAA <sub>cmp</sub> ratio(%)	52±48	87±29	77±39	<0.001
RVA <sub>cmp</sub> ratio(%)	29±40	66±36	80±26	<0.001
LAA <sub>cmp</sub> ratio(%)	45±46	87±25	67±45	<0.001
LVA <sub>cmp</sub> ratio(%)	3±11	14±19	29±20	<0.001
GVA <sub>cmp</sub> ratio(%)	92±15	68±44	27±45	<0.001

\* Statistical significances were tested by one way analysis of variances among groups.

#### 5. 각 지점에서 압박되는 전체 심장의 넓이 및 전체 심실의 넓이

A, B, C 각 지점에서 압박되는 좌심실, 좌심방, 우심실, 우심방을 합한 전체 심장의 넓이는 각각  $1,684 \pm 580 \text{mm}^2$ ,  $3,909 \pm 677 \text{mm}^2$ ,  $4,384 \pm 786 \text{mm}^2$ 로 C 지점인 흉골 하단에서 심장의 많은 부분이 압박됨을 알 수 있었다( $p < 0.001$ )(Fig. 3). 각 지점에서 체순환을 담당하는 좌심실과 폐순환을 담당하는 우심실의 합이 차지하는 면적은 각각  $431 \pm 386 \text{mm}^2$ ,  $1,325 \pm 580 \text{mm}^2$ ,  $2,482 \pm 753 \text{mm}^2$ 로 심실의 합 역시 흉골 하단에서 많은 면적을 차지하였다( $p < 0.001$ )(Fig. 4).

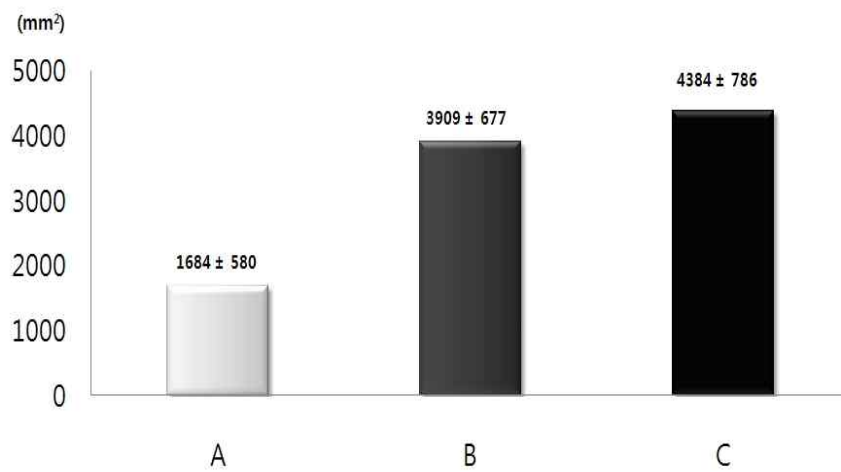


Fig. 3. Compressed total heart area at each estimate point

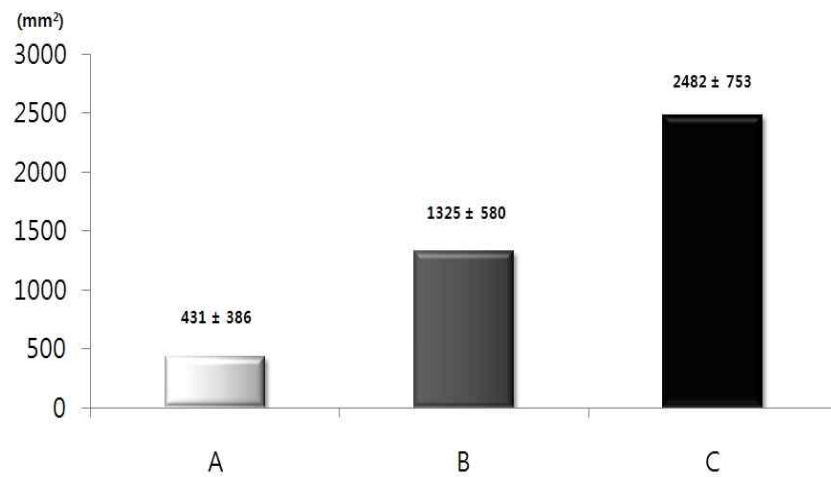


Fig. 4. The compressed total ventricular area at each estimate point

(The total ventricular area is a sum of the area of the right ventricle and the left ventricle)

## IV. 고찰

심정지 환자에서 즉각적인 심폐소생술의 시행은 뇌와 각 장기에 중요한 혈류를 공급하고 심실세동 기간을 연장시켜 제세동을 시행할 수 있는 기회를 늘려주어 심장이 정상 리듬을 찾아 효과적으로 전신적인 관류를 할 수 있게 해준다.<sup>24,25)</sup> 심폐소생술 시행 초기에는 흉부를 압박하는 것이 늑골을 손상시키는 위험한 술기로 인식되었다.<sup>22)</sup> 심지어 단순한 뼈의 골절뿐만 아니라 대동맥 손상, 위, 간, 비장 등 생명과 관련된 내부 장기의 손상까지 초래할 수 있는 위험한 술기로 생각되기도 했다.<sup>23)</sup> 이러한 흉부압박에 따른 내부 장기손상은 정확한 손상기전도 모른 채 부적절한 구조자의 잘못된 압박위치에 따른 것으로 여겨지기도 했었다.<sup>22,23)</sup> 이와 같은 불충분한 임상적 증거가 성인 심폐소생술 동안 흉부압박의 정확한 손의 위치를 파악하기 위한 많은 연구들이 이루어지게 했다. 심폐소생술을 처음으로 제안한 Kouwenhoven<sup>1)</sup> 은 검상돌기 머리 부분에 손이 위치할 것을 제안했었다. 이후 1963년에 Thaler 와 Stobie<sup>12)</sup> 는 소아 심폐소생술에서 간 손상이 발견되어 흉골 아래 보다는 흉골의 가운데 부분을 압박하도록 권장했다. 그 이후로도 많은 연구자들이 심폐소생술 시행 시 흉부압박의 효율적인 횡수와 압박 위치에 관한 연구를 하였으며, AHA 및 ERC 등은 이러한 연구 결과들을 종합하여 흉골 아래 2/3 지점 유두사이선 지점을 압박하도록 권장해 왔다. 그러나 실제적으로 AHA 및 ERC 등에서 권장하고 있는 흉골 아래 2/3 지점인 유두사이선 지점은 그 위치가 흉부를 압박함으로써 가장 많은 혈류를 보낼 수 있는 위치라기보다는 일반들에게 보다 쉽게 가르치고 보다 쉽게 기억하게 하기 위한 목적 때문에 유두사이선 지점을 권장했었다. 최근 압박 위치에 따른 흉곽 내 구조물의 해부학적 이해를 위하여 흉부 컴퓨터 단층 촬영의 분석을 통해 심장과의 공간적 관계를 분석하려는 시도가 있었다. Shin 등<sup>20)</sup> 은 189명의 흉부 컴퓨터 단층 촬영을 분석하여 그 중 80%가 유두사이선 아래에 주로 대동맥의 뿌리부분(the root of aorta), 상행 대동맥(the ascending aorta), 좌심실의 유출 경로(left ventricular outflow tract) 부분이 위치하였고, 단지 유두사이선 아래를 차지하는 흉곽 내 구조물의 20%가 좌심실임을 확인하여,

성인 심폐소생술시 유두사이선 보다는 흉골 끝부분을 압박하는 것이 더욱 효율적이라는 보고를 하였다. Pickard 등<sup>28)</sup> 은 연구대상 환자의 오직 3%만이 좌심실이 흉골 아래 1/3 지점에 위치함을 확인 하였고, 흉부가 압박되는 지점 바로 아래에는 주로 좌심방과 상행 대동맥이 위치함을 확인하였다. 이후에 발표된 심폐소생술을 시행하는 동안 경식도 심초음파를 이용한 좌심실 압박 시 혈류 흐름에 관한 Hwang 등<sup>26)</sup> 의 진향적 연구에서는 현재 AHA의 권고에 따라 흉부압박을 시행할 시 좌심실의 유출 경로나 대동맥의 근위부가 압박된다는 사실을 확인했으며, 좌심실 박출량과 최대 압박 부분의 선형회귀분석에서 최대 압박 구역이 좌심실 유출 경로에 가까이 있을 때 보다 좌심실에 더욱 가까워질수록 심박출량이 더욱 증가한다는 사실을 입증했었다.

표준 심폐소생술에 의하여 혈류가 발생하는 기전에 대한 오랜 논란은 인체에서는 심장펌프와 흉강펌프 중 어느 기전이 혈류 유발에 더 중요한 역할을 하는지에 관한 것이었다. 심폐소생술에 의하여 혈류가 유발되는 기전에 대하여 많은 연구가 진행되었음에도 불구하고 아직도 논란이 계속되는 이유는 인체에서 직접적인 방법을 통하여 혈류 유발 기전을 증명한 연구가 많지 않았기 때문이었다. 다양한 연구 방법을 시도할 수 있는 동물 실험은 인체와 실험동물의 흉곽이 해부학적으로 다르기 때문에 동물 실험의 결과를 인체에 직접 적용할 수 없었으며, 인체를 대상으로 한 연구에는 혈류 유발 기전에 대한 간접적인 증거만을 수집할 수 있었다. 최근 심폐소생술 중 심장의 움직임 관찰할 수 있는 방법으로서 경식도 심초음파가 도입되면서 흉부압박 시 심장 및 판막의 움직임과 승모판 혈류에 대한 연구가 많이 이루어 졌다. 경식도 심초음파는 심장을 관찰할 수 있는 탁월한 방법일 뿐 아니라, 심폐소생술 중에도 환자의 치료에 영향을 주지 않고 지속적으로 심장을 관찰할 수 있다는 점 때문에 Higano 등<sup>19)</sup> 에 의하여 처음 시도된 이후에 심폐소생술 중 심정지의 원인을 진단하거나, 인체에서 혈류가 유발되는 기전을 연구하기 위하여 사용되고 있다. 혈류가 유발되는 기전을 확인하기 위한 Hwang 등<sup>14)</sup> 의 연구에서는 흉골을 압박하였을 때 하행 흉부대동맥까지 압박되어 흉부 압박 시 대동맥의 앞쪽에 위치한 심장이 압박된다는 사실을 확인 하였고, 근위부 하행 흉부대동맥의 단면적이 흉부압박 중에 확장된다는 것은 표준 심폐소생술시 인체에서 혈류가 유발되는 기전으로서 심장펌프이론이 작용한다는 사실을 관



찰하였다. 최근의 경식도 심초음파를 이용한 좌심실의 혈류를 관찰한 Kim 등<sup>27)</sup>의 연구에서는 심폐소생술동안 흉부압박으로 인한 좌심실의 압박이 혈액의 흐름을 발생시키는 펌프로써 작용함을 발견하여 심장펌프 이론을 뒷받침 하였다. 이 같은 사실을 바탕으로 본 연구도 또한 흉부를 압박하면 흉골 과 흉추사이에서 심실이 압박될 때 심실 내 압력이 증가함으로써 혈류를 발생 시킨다는 심장펌프이론에 근거하여 심실이 많이 압박될수록 심박출량이 커진다는 전제하에 진행되었다.

이 연구에서는  $MSC_{max}$  아래에 위치하는 심장 내 각 구조물들의 단면적 및 심장 내에서 압박되는 부분이 차지하는 비율을 비교한 결과 단면적과 그 비율 모두 흉골 끝부분에서 좌심실이 가장 많이 압박되는 것으로 확인되었다. 또한, 각 지점에서 차지하는 전체 심장의 넓이도 흉골 하단에서 가장 많은 넓이를 차지하였다. 이는 정상인에서 펌프 역할을 하는 좌심실이 심박출량에 가장 큰 영향을 미치지만, 심장 전체가 펌프역할을 하는 심장펌프이론에 근거했을 때도 의미 있는 결과라 하겠다. 이러한 결과는 심폐소생술 시 AHA나 ERC 에서 추천하고 있는 유두사이선과 흉골이 만나는 지점보다 흉골 하단을 압박하는 것이 좌심실의 많은 부분을 압박할 수 있을 것으로 판단할 수 있을 것이다. 지금까지 일부 연구에서 흉골 하단을 압박하는 것이 내부 장기 손상을 더욱 유발 시킨다는 보고도 있었으나, 이에 대한 기전 및 근거에 관한 연구는 더욱 필요할 것으로 생각된다.

이 연구의 제한점은 첫째, 흉부 컴퓨터 단층 촬영이 실제 심폐소생술 상황에서 이루어진 것이 아니라는 점이다. 실제 심폐소생술 상황에서는 기관 삽관 이후 산소공급을 위한 환기가 이루어 질 것이고, 이에 따라 흉곽 내의 구조물의 위치가 바뀔 가능성이 있기 때문이다. 또한 흉부 컴퓨터 촬영은 양 팔을 위로 올린 자세로 시행하기 때문에 양측 유두의 위치가 실제 심폐소생술 시와 약간의 차이가 있을 수 있다. 둘째, 흉부 컴퓨터 단층 촬영 시 영상 이미지로 구현되는 시점이 심장의 수축기인지 이완기인지 명확하지 않기 때문에 수축기, 이완기에 따른 심실의 위치 및 심실이 차지하는 면적에 오차가 발생하였을 수도 있었을 것이다. 셋째, 본 연구에서는 흉부 압박 시 흉골 과 늑연골 접합부의 가운데 부분이 압박될 것으로 생각하여 이 너비(MSC)를 기준으로 그 아래 구조물의 넓이를 측정하였다. 그러나, 실제 심폐소생술에서 압박될 것으

로 생각되는 너비는 본 연구에서 압박되리라고 예상한 너비와는 차이가 있을 가능성이 있다. 또한 흉골은 직사각형의 구조로 어느 한 부분을 압박하더라도 흉골 전체가 함께 압박되는 효과가 있을 수 있기 때문에 추후 연구에서 압박 부위에 따른 혈액학적 차이를 연구하여 이 연구 결과와 비교한다면 더욱 명확한 차이를 알 수 있을 것으로 생각한다. 넷째, 연구대상의 나이를 18세 이상으로 제한하여 소아환자는 제외하였다. 이는 성인과 흉골 및 늑골의 유연성의 차이, 성장과정에 있어서 흉곽 내 구조물들의 해부학적 위치 변화 가능성을 고려하여 제외한 것이었고, 이에 따라 본 연구의 결과를 소아 심폐소생술에 적용하기는 어려울 것이다. 다섯째, 본 연구는 심장펌프 이론에 근거하여 심장(특히 좌심실)이 많이 압박될수록 심박출량이 증가할 것이라는 것을 전제로 진행되었다. 그러나, 심장 펌프 이론과 흉강 펌프 이론 중 어느 것이 진리인지는 아직까지 명확히 밝혀지지 않은 상황이다. 따라서, 만일 흉강 펌프 이론이 본 연구에 적용 되었을 때, 흉강내의 압력이 올라가지 않고 좌심실 자체만 많이 압박된다면 과연 심박출량이 얼마나 효과적으로 증가할지는 미지수일 것이다. 마지막으로, 흉부 컴퓨터 단층 촬영에서 보이는 심장 구조물의 면적을 구하여 심실의 단면적이 넓을수록 심박출량이 클 것이라고 가정했으나, 심박출량은 부피에 비례하므로 심실 및 심장 구조물의 단면적이 아닌 부피를 구할 수 있었으면 좀 더 실제 상황과 근접 했을 것으로 생각된다. 앞으로 앞에서 말한 여러 가지 상황을 고려하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 심폐소생술 상황을 구현할 수 있으면 좀 더 사실적이고, 정확한 흉부압박 위치를 찾을 수 있을 것이다.

## V. 결론

심폐소생술시 흉골 하단을 압박하는 것이 현재 권장되고 있는 유두사이션을 압박하는 것 보다 좌심실을 더 많이 압박할 수 있다.

## 참고문헌

1. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest cardiac massage. *JAMA* 1960;173:1064-7.
2. Cooper JA, Cooper JD, Cooper JM. Cardiopulmonary resuscitation: history, current practice, and future direction. *Circulation* 2006;114:2839-49.
3. Barsan WG, Levy RC. Experimental design for study of cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Ann Emerg Med* 1981;10:135-7.
4. Rubertsson S, Grenvik A, Zemgulis V, et al. Systemic perfusion pressure and blood flow before and after administration of epinephrine during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 1995;23:1984-96.
5. Fitzgerald KR, Babbs CF, Frissora HA, et al. Cardiac output during cardiopulmonary resuscitation at various compression rates and duration. *Am J Physiol* 1981;H442-8.
6. Voorhees WD, Babbs CF, Tacker WA. Regional blood flow during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Crit Care Med* 1980;8:134-6.
7. Klouche K, Weil MH, Sun S, et al. Stroke volumes generated by precordial compression during cardiac resuscitation. *Crit Care Med*. 2002;30:2626-31.
8. Maier GW, Newton JR Jr, Wolfe JA, et al. The influence of manual chest compression rate on hemodynamic support during cardiac arrest: high-impulse cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 1986;74(6 Pt 2):IV51-9.
9. 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Part 4. Adult Basic Life Support. *Circulation* 2005; 112[Suppl]: IV19-34.
10. 2005 International Consensus Conference on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 2.

Adult Basic Life Support. *Circulation* 2005;112[Suppl I]: III5–16.

11. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2005; 67:7–23.

12. Thaler MM, Stobie GHC. An improved technique of external cardiac compression in infants and young children. *N Engl J Med* 1963;269:606–10.

13. Kuhn C, Juchems R, Frese W. Evidence for the ‘cardiac pump theory’ in cardiopulmonary resuscitation in man by transesophageal echocardiography. *Resuscitation* 1991;22:275–82.

14. Hwang SO, Lee KH, Cho JH, et al. Changes of aortic dimensions as evidence of cardiac pump mechanism during cardiopulmonary resuscitation in humans. *Resuscitation* 2001;50:87–93.

15. Beattie C, Guerci AD, Hall T, et al. Mechanisms of blood flow during pneumatic vest cardiopulmonary resuscitation. *J Appl. Physiol* 1991;70:454–65.

16. Criley JM, Nieman JT, Rosborough JP, et al. Modifications of cardiopulmonary resuscitation based on the cough. *Circulation* 1986;74(suppl IV):IV-42–50.

17. Guerci AD, Halperin HR, Beyar R, et al. Aortic diameter and pressure–flow sequence identify mechanism of blood flow during external chest compression in dogs. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:790–8.

18. Liu P, Gao Y, Fu X, et al. Pump models assessed by transesophageal echocardiography during cardiopulmonary resuscitation. *Chin Med J (Engl)*. 2002;115: 359–363.

19. Higano ST, Oh JK, Ewy GA, et al. The mechanism of blood flow during closed chest cardiac massage in humans: transesophageal echocardiographic observations. *Mayo Clin Proc*. 1990;65:1432–1440.

20. Shin J, Rhee JE, Kim K. Is the inter-nipple line the correct hand position for effective chest compression in adult cardiopulmonary resuscitation? *Resuscitation*

2007;75:305-310.

21. Kundra P, Dey S, Ravishankar M. Role of dominant hand position during external cardiac compression. *Br J Anaesth* 2000;84:491-3.

22. Krischer JP, Fine EG, Davis JH, et al. Complications of cardiac resuscitation. *Chest* 1987;92:287-91.

23. Monsuez JJ, Charniot JC, Veilhan LA, et al. Subcapsular liver haematoma after cardiopulmonary resuscitation by untrained personnel. *Resuscitation* 2007;73:314-7.

24. Steen S, Liao Q, Pierre L, et al. The critical importance of minimal delay of chest compressions and subsequent defibrillation: a haemodynamic explanation. *Resuscitation* 2003;58:249-58.

25. Wik L, Boye Hansen T, Fylling F, et al. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. A randomized trial. *JAMA* 2003;289:1389-95.

26. Hwang SO, Kim H, Lee KH, et al. Compression of the left ventricular outflow tract during cardiopulmonary resuscitation. *Acad Emerg Med*. 2009;16:928-33.

27. Kim H, Hwang SO, Lee KH, et al. Direction of blood flow from the left ventricle during cardiopulmonary resuscitation in humans: its implications for mechanism of blood flow. *Am Heart J*. 2008;156:1222 e1-7.

28. Pickard A, Darby M, Soar J. Radiological assessment of the adult chest: implications for chest compressions. *Resuscitation*. 2006;71:387-90.

## Abstract

# Determination of the Optimal Hand Position on the Sternum for Cardiopulmonary Resuscitation -An Analysis of Chest CT Scan-

Kim Yeong-jun

Department of Medicine

The Graduate School of Yonsei University

**Background and Purpose:** According to the Cardiopulmonary Resuscitation(CPR) guidelines published by Korean Association of CardioPulmonary Resuscitation(KACPR) and American Heart Association(AHA), they recommended an performer to compress the imaginary inter nipple line, which was not based on established evidence for chest compression in adults. This study was designed to determine the proper hand position for more effective CPR by analysing chest computed tomography(CT) of the patients resuscitated from cardiac arrest.

**Material and Method:** 180 patients who were resuscitated from non-traumatic cardiac arrest and underwent chest CT scan from January 2006 to August 2009 were included in this study. Among them, 66 patients were excluded by exclusion

criteria and 114 patients were finally selected for analysis.

The sizes of the left atrium, left ventricle, right atrium, and right ventricle were measured and compared at 3 points beneath the width affected by a heel of hand for compression that are targeted to be compressed during CPR, on the assumption that the depth of chest compression was about 5cm. 3 points were defined as follows: point A was the junction of the sternum and inter nipple line, point B was the mid-point of inter nipple line and the end of sternum, and point C was the junction of the sternum and the xyphoid process. Maximum value of the width affected by a heel of hand for compression at each point was defined as maximal width at the midway portion of the sternum and costochondral junction ( $MSC_{max}$ ). And the total compressed area of heart, compressed right ventricle area, compressed right atrium area, compressed left ventricle area, and compressed left atrium area at beneath the  $MSC_{max}$  were measured.

**Result:** The sizes of the left ventricle beneath the  $MSC_{max}$  measured  $65\pm 236\text{mm}^2$ ,  $364\pm 506\text{mm}^2$ , and  $1099\pm 817\text{mm}^2$  at points A, B, and C, respectively, which was found the largest at the end of sternum (point C). The proportions of the mean left ventricle size beneath  $MSC_{max}$  to total mean left ventricle size were  $3\pm 11\%$  at point A,  $14\pm 19\%$  at point B,  $29\pm 20\%$  at point C, which suggested left ventricle took the most portion at point C.

**Conclusion:** In performing CPR, compressing the end of sternum can be more effective in pressing the left ventricle than currently recommended method, compressing the inter nipple line.

-----  
**Key word:** CPR (Cardiopulmonary Resuscitation), Chest compression, CT (Computed Tomography)