

# 한국형 이동식 심폐소생기 개발 보고

## I. 실험견을 이용한 개흉식과 폐쇄식 심폐소생술 비교

김 형 목\* · 이 인 성\* · 백 만 중\* · 선 경\*\* · 김 광 택\* · 김 연 수\*  
김 맹 호\* · 이 혜 원\*\*\* · 이 규 백\*\*\*\* · 김 학 제\*

=Abstract=

### Report for Development of Korean Portable Cardiopulmonary Bypass Machine

#### I. A comparison of open- versus closed-chest cardiopulmonary resuscitation in normal dogs

Hyoung Mook Kim, M.D. \*, In Sung Lee, M.D. \*, Man Jong Baek, M.D. \*, Kyung Sun, M.D. \*\*,  
Kwang Taik Kim, M.D. \*, Yeon Soo Kim, M.D. \*, Maeng Ho Kim, M.D. \*, Hye Won Lee, M.D. \*\*\*,  
Kyu Back Lee, M.D. \*\*\*\*, Hark Jei Kim, M.D. \*

**Background:** Effective cardiopulmonary resuscitation (CPR) should provide acceptable hemodynamics for the vital organs during cardiac arrest and early restoration of spontaneous circulation that guarantees long-term, neurologically intact survival. CPR using heart-lung bypass has been suggested as an option for that use. This study was designed to determine the effectiveness of standard CPR techniques, closed-vs. open-chest CPR, which could be used in the future study verifying the role of heart-lung bypass CPR. **Material and Method:** By using adult mongrel dogs, closed-chest CPR (CCCPR, n=4) and open-chest CPR (OCCPR, n=5) were compared with respects to hemodynamics, restoration of spontaneous circulation(ROSC), and survival. Ventricular fibrillation-cardiac arrest (VF-CA) was induced by electrical shock in all animals. After 4 minutes of cardiac arrest, basic life support (BLS) was applied for 15 minutes and followed by advanced life support (ALS). ALS was maintained until achieving ROSC but not longer than 30 minutes regardless of the recovery. Resuscitation procedures in either group were standardized by adopting the protocol of

---

\* 고려대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, Korea University, College of Medicine

\*\* 인하대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic & Cardiovascular Surgery, Inha University, College of Medicine

\*\*\* 고려대학교 마취과학교실

Department of Anesthesiology, Korea University, College of Medicine

\*\*\*\* 한국과학기술원

Korea Institute of Science and Technology

† 본 연구는 1997년도 보건복지부 G7 의료공학 선도기술개발과제 지원비에 의한 것임.

논문접수일 : 98년 4월 2일 심사통과일 : 98년 5월 25일

책임저자 : 김형목, (136-705) 서울특별시 성북구 안암동 5가 126-1, 고려대학교 의과대학 부속병원 흉부외과. (Tel) 02-920-5307, (Fax) 02-928-8793

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

American Heart Association. **Result:** Prearrest baseline hemodynamic data was not different between two groups. During resuscitation, substantially higher systolic pressure was maintained in OCCPR group than in CCCPR group ( $45 \pm 15$  vs.  $33 \pm 11$  mmHg during BLS,  $83 \pm 36$  vs.  $44 \pm 15$  mmHg during ALS;  $p=NS$ ). Mean pulmonary arterial pressure went up to the level of mean systemic arterial pressures in CCCPR group and to half of that in OCCPR group, and had kept higher in CCCPR group throughout CPR ( $32 \pm 10$  vs.  $22 \pm 4$  mmHg during BLS and  $32 \pm 15$  vs.  $24 \pm 10$  mmHg during ALS;  $p=NS$ ). ROSC was obtained in 4 of 5 dogs receiving open-chest CPR and 2 of 4 closed-chest CPR. Prolonged survival was noted in all dogs in OCCPR group (6 to 1440 hours) but not in CCPR group ( $p<.05$ ). **Conclusion:** These findings indicate that open-chest CPR can be more effective to maintain hemodynamics during cardiac arrest and to obtain restoration of spontaneous circulation and survival. Further experiment will be designed to compare heart-lung bypass CPR with open-chest CPR.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1998;31:827-36)

**Key word :** 1. Cardiopulmonary resuscitation  
2. Ventricular fibrillation

## 서 론

심폐소생술의 마지막 목표는 신경손상이 없는 정상적인 장기 생존이다. 이를 위해서는 심정지 기간 동안 심장을 포함한 생명장기에 효과있는 혈류를 유지하는 것이 필수적이다. 심폐소생술은 일차 심폐소생술(basic life support, BLS)과 이차 심폐소생술(advanced cardiac life support, ACLS)로 진행되며, 이때 임상에서는 대부분 전흉부에 압박을 가하는 폐쇄식 심장맛사지(closed chest cardiac massage)를 사용하고 있다. 개흉식 심장맛사지(open chest cardiac massage)는 드물게 사용되는데, 폐쇄식 소생술이 불가능한 흉곽기형이나, 관통성 흉부손상이나 심압전 등으로 인한 심정지, 개흉수술하에서 발생된 심정지나 파열성 흉부손상으로 심정지와 그리고 폐쇄식 심폐소생술이 소용되지 못한 경우에 사용된다<sup>1)</sup>.

폐쇄식 심장맛사지가 소용이 없을 때 개흉식 심장맛사지를 시행할 것인가에 대해서는 아직 논란의 여지가 있다. 그러나 심폐소생술에서 동맥압과 관상동맥 혈류 유지가 매우 중요하며<sup>2-4)</sup>, 개흉식 심폐소생술이 폐쇄식 심폐소생술과 비교하여 심박출량이 현저히 증가되고<sup>5-7)</sup>, 또한 대동맥압과 뇌혈류압 및 관상동맥 혈류량을 증가시킨다고 알려져 있다<sup>8-10)</sup>. 그럼에도 불구하고 아직까지 심장마비 발생초기에 개흉식 심폐소생술법을 사용하는 것에 대해서는 주저하고 있는 현실이며 실제 임상에서는 대부분 폐쇄식 심폐소생술 방법을 많이 사용하고 있는 것이다.

폐쇄식 심폐소생술 후 30분이 경과한 후에 개흉식으로 전환 시 심장마비 환자의 생존과 기능향상을 기대하기 어렵다<sup>11)</sup>.

동물실험에 의하면 폐쇄식 소생술 시작 15분 이내에 소생되지 않을 경우 빨리 개흉식 소생술을 시작하면 성공을 기대할 수 있다고 하였다<sup>12,13)</sup>. 또한 개흉식 심폐소생술은 24시간 생존율 및 신경기능 회복에서도 더 나은 결과를 보인다고 하였다<sup>14)</sup>.

저자들은 심폐소생술에서 인공심폐기를 사용하는 경우 심장을 포함한 생명장기에 보다 효과적인 혈류를 유지할 수 있다는 점에 착안하여 한국형 이동식 심폐소생기를 개발하고자 한다. 본 연구는 그에 필요한 준비실험의 일환으로, 실험동물을 이용하여 심폐정지 모델을 결정하고 폐쇄식 및 개흉식 심폐소생술의 방법을 표준화하며 그 결과비교를 위한 관찰지표를 설정하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 실험동물 및 준비

본 실험에서는 총 9마리의 한국산 잡견(28-35kg)을 실험 1주전에 미리 들여와 동물관리실에서 전문사육인의 관리로 건강하게 만든 다음, 4마리는 폐쇄식 심폐소생술군(closed-chest cardiopulmonary resuscitation; CCCPR)으로 5마리는 개흉식 심폐소생술군(open-chest cardiopulmonary resuscitation; OCCPR)으로 분류하였다. 전신마취는 ketamine 10~20 mg/kg 근주와 pentothal sodium 10-20 mg/kg을 정주하여 마취를 유도하고 기관내 삽관을 한 다음 Harvard apparatus dual phase control respirator를 사용하여 일회환기량 10~15 ml/kg, 호흡수 12~20 /분으로 인공 호흡을 유지하고 마취유지는 흡입마

취(halothane 1~1.5 %:N<sub>2</sub>O 3 L:O<sub>2</sub> 1.5~2 L)로 하였다.

수액 및 약물 투여를 위해 우측 견목정맥에 굵은 정맥관을 확보한 후, 수술감시를 위해 심전도를 설치하고, 혈압 측정 및 동맥혈 검사를 위해 우측 겨드랑이동맥에 삽관하였고, 정맥혈 가스검사를 위한 좌측 견목정맥망울(juglar bulb)에 카테타를 약 8 cm 가량 진입시켜 거치하였다. 폐동맥압 측정을 위해 Swan-Ganz 카테타를 우측대퇴정맥을 통해 폐동맥에 위치시켰다. 심정지를 유발하기 전에 중심정맥압이 10~15 mmHg가 되도록 수액을 투여하여 충분한 전부하 상태를 유지하였다. 항생제는 체중을 고려하여 cephalosporine을 실험전과 실험후 7일까지 투여하였다.

## 2. 실험 방법

실험진행은 심정지전 기간(baseline)과 4분간의 심실세동-심정지(ventricular fibrillation-cardiac arrest; VF-CA) 기간, 15분의 기본 심폐소생술(basic life support: BLS) 기간, 30분의 고급 심폐소생술(advanced life support: ALS) 기간으로 나누어 관찰하였으며, 고급 심폐소생술 시작 후 자발성 순환회복(restoration of spontaneous circulation; ROSC) 여부를 비교하였다(Fig. 1). 두군 모두 심정지를 유도하기 15분 전부터 halothane을 중단하고 N<sub>2</sub>O 3L: O<sub>2</sub> 1.5L로 환기만 시키는 상태에서 실험전 기초검사를 시행하였다. 심정지 유발은 폐쇄식군에서는 우측 경정맥을 통해 우심실내로 심박동용 전선을 거치하여 직접 직류를 가하거나 외부에서 직접 제세동기를 이용하여 심실세동-심정지를 유발하였고, 개흉식군은 좌측 제5번 늑간을 통해 횡격막 신경 앞쪽으로 심낭을 절개하여 심장을 노출한 다음 우심실유출로에 9v 직류를 직접 가하였다. 심전도에서 전형적인 심실세동 소견을 보이고 수축기혈압이 25~30 mmHg 이하이거나 맥압이 5 mmHg 이하로 유지되면 심정지가 유도된 것으로 판단하고, 폐환기를 중단하여 실내공기에 기도를 노출시키고 모든 수액공급도 중단하였다. 뇌기능에 영향을 줄 수 있는 순환정지 기간을 심정지 유발 후 4분으로 정하였다.

4분 동안의 심정지 후 BLS를 15분 동안 시행하였다. 심장 압박은 심박수 약 80~100회, 압박-이완 비율 50:50정도로 유지하였다(미국 심장 협회 지침, 1992). 폐쇄식군에서는 손이나 thumper(Michigan Instruments, Inc.)를 이용하여 흉골이 약 4-5cm정도로 눌러도록 하였고, 개흉식군에서는 손으로 심장을 감싸쥐고 심장근육에 과도한 손상을 주지 않도록 하였다. BLS기간 동안 폐환기는 두 군 모두 호흡수 분당 20회, 일회환기량 15 ml/kg, FiO<sub>2</sub> 20%로 유지하고 심장 압박과 호흡수의 비율은 5:1로 하였다.

BLS 15분이 경과한 후 FiO<sub>2</sub>를 100%로 올리면서 ALS를 시작하여 자발성 순환회복을 유도하였다. ALS시작 30초 전에

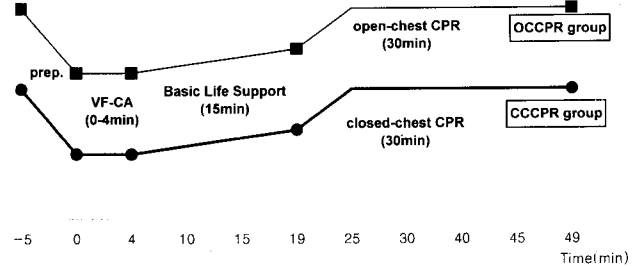


Fig. 1. Experimental designs for open-chest CPR(OCCPR) vs closed-chest CPR(CCCPR) CPR; cardiopulmonary resuscitation, VF-CA; ventricular fibrillation-cardiac arrest

심실세동의 전기활동정도(electrical activity)가 충분하면 NaHCO<sub>3</sub> 1 mEq/kg을 투여하였고, 전기활동도가 약하면 Epinephrine 0.05 mg/kg과 NaHCO<sub>3</sub> 1 mEq/kg를 미리 투여하였다. 폐쇄식군에서는 ALS시작과 함께 흉벽에 제세동을 100 joule로 가하고 이때 반응이 없으면 다시 100 joule을 가한 후 심장압박을 계속하였으며 이후에도 자발적 순환회복이 없으면 될 때까지 제세동을 1분 뒤 200 joule, 2분 뒤 300 joule, 3, 4, 5분 뒤 각각 360 joule, 그 후 매 5분 간격으로 360 joule 씩 추가하였고, 반응이 없으면 다시 수 초내에 한번 더 추가하였다. 개흉식군에서도 동일한 방법으로 제세동하였으며 15 joule에서 시작하여 5 joule 씩 증가하여 최고 30 joule로 유지하였다. epinephrine은 필요한 경우 추가로 투여하고 NaHCO<sub>3</sub>는 동맥혈가스검사서 base deficit가 -7 mEq/L 이하인 경우에 수시로 투여하였다. 심실빈맥 및 세동에는 lidocaine을 1~3 mg/kg를 투여하거나 제세동을 추가로 가하였다. 심장압박과 폐환기는 BLS기간에서 하는 방법과 동일하게 유지하였다.

ALS시작 후 심전도에서 규칙적인 정상리듬을 보이면서 평균 동맥압이 심정지전 기초혈압의 50%이상 유지되면 자발성 혈액순환회복(ROSC) 상태라고 판단하였다. ROSC회복 후에는 폐환기를 N<sub>2</sub>O:O<sub>2</sub> (50:50, 각 1.5~2 L) 흡입상태에서 분당 호흡수 20회, 일회환기량 15 ml/kg, FiO<sub>2</sub> 100%로 변화시켰고, 동맥혈가스검사를 통해 PaO<sub>2</sub> 100 mmHg이상, PaCO<sub>2</sub> 30~35 mmHg정도가 되도록 유지하였다. 심장맞사지와 epinephrine 투여는 중지하고 norepinephrine(NE)을 0.05~2 ug/kg/min으로 지속 정주하여 혈압을 유지하면서 필요에 따라 최대 10 ug/kg/min까지 증량하였다. ALS 시작 30분이 경과해도 ROSC가 회복되지 않는 경우는 심폐소생술 사망으로 정의하였다.

기계호흡은 ROSC 회복 후 약 6시간 정도 유지하였으며, 개가 움직이거나 심박수가 분당 200회 이상, 평균 동맥압이

**Table 1.** Outocome in dogs after VF-CA 4 minutes followed by basic life support(15 minutes) and advanced life support(30 minutes)

A. CCCPR group

Dog No	BWT	VF-CA induction	induction dose	pupil reflex in BLS	ROSC	ROSC time (sec)	total Epi. (mg)	total D/C (J)	total Bivon (meq)	arrythnua	CPR method	Survival (hrs)
1	35	ext. DC	600J	no	yes	500	5.4	1020	320	high	M+TH	0
2	28	ext. AC	220V	no	yes	330	4.2	750	180	high	M+TH	0
3	30	ext. AC	220V	yes	no	No	6.4	900	240	arrest	M+TH	0
4	35	ext. DC	1600J	no	no	No	5.4	800	270	arrest	M+TH	0
Mean ± SD	32 ± 3.6											

B. OCCPR group

Dog No	BWT	VF-CA induction	induction dose	pupil reflex in BLS	ROSC	ROSC time (sec)	total Epi. (mg)	total D/C (J)	total Bivon (meq)	arrythnua	CPR method	Survival (hrs)
1	31	int. DC	36V	yes	no	No	6.0	1050	300	arrest	OCCPR	0
2	30	int. DC	9V	yes	yes	450	1.8	60	90	high	OCCPR	6
3	30	int. DC	36V	yes	yes	150	0.6	25	90	low	OCCPR	16
4	30	int. DC	9V	yes	yes	180	0.0	15	30	no	OCCPR	72
5	30	int. DC	18V	yes	yes	180	0.6	70	60	low	OCCPR	1440
Mean ± SD	32 ± 3.6					240 ± 140.7	1.8 ± 2.4	244 ± 451	114 ± 107			
p value	NS					NS	NS	NS	NS			

CPR ; cardiopulmonary resuscitation, VF-CA; ventricular fibrillation-cardiac arrest, ROSC; restoration of spontaneous circulation, M=Th; manual and Thumper, CCCPR; closed chest CPR, OCCPR; open chest CPR, NS; not significant

120 mmHg 이상 오르면 pancuronium 0.4 mg/kg으로 근육이완을 시켰다. 혈액학 상태가 혈압상승제나 항부정맥제의 투여 없이도 안정되고, 자발호흡에서 일회 환기량이 5 ml/kg 이상 되면서 동맥혈가스검사에서 산소투여없이 PaO<sub>2</sub> 75 mmHg 이상, PaCO<sub>2</sub> 45 mmHg 이하로 유지되면 기계호흡과 기도삽관을 제거한 후 개를 사육우리에 옮겨 72시간까지 경과를 관찰하였다. ROSC 회복 이후에 발생하는 심정지는 제세동이나 약물 투여로만 치료하고 심장압박은 시행하지 않았다.

3. 관찰지표의 측정 및 자료 분석

폐쇄식과 개흉식 심폐소생술을 적용한 두 군에서 ALS 기간 중에 ROSC 회복 유무 및 유도시간, 투여된 epinephrine, sodium bicarbonate 및 제세동의 총 용량, 부정맥 발생 정도, 생존 여부 및 기간 등을 비교하였다. 혈액성분 변화를 알아보기 위해 헤모글로빈과 헤마토크리트, 혈소판수 및 적혈구수를 심정지전과 심정지후 19과 49분에 측정하였다. 동정맥혈가스 상태를 알아보기 위해 심정지전과 19, 39, 49분에 동맥과 정맥구에서 혈액가스검사를 하였다. 혈액학변화를 알아보기 위해 체동맥압과 폐동맥압을 심정지전과 심정지 기간 및 BLS, ALS기간중에 3분간격으로 반복 측정 비교하였다.

또한 4분간의 심정지와 15분의 BLS, 30분의 ALS기간이 생명장기에 미치는 효과를 알아보기로 자 생화학검사로 BUN/Cr, GOT/GPT, CPK/LDH isoenzyme, plasma Hb값을 심정지전과 실험이 끝나는 49분에 각각 측정비교하였다.

모든 관찰값은 평균±표준편차로 표시하였고 통계처리는 SPSS 7.0을 이용하여 평균치 비교분석법인 비모수검정법을 이용하여 군간비교는 Man-Whitney test를, 시간경과에 따른 변화는 Wilcoxon signed ranks test로 분석하였다. p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

1. 자발성순환회복(ROSC) 및 생존

ALS 기간 중 ROSC 회복은 폐쇄식군에서 경우 2마리가 있었으나, 이들 두 마리 모두 심실세동과 심실성 빈맥으로 다시 심정지가 발생하여 사망하여 생존한 개는 없었다(0/4). 그러나 개흉식군에서는 처음 한 마리에서만 ROSC 회복이 있었고 나머지 4마리에서는 240±141초에 모두 회복되어 실험 종료 후 384±705시간 까지 생존하였다(4/5)(Table 1).

ROSC 유도를 위해 투여된 epinephrine 총량은 폐쇄식군

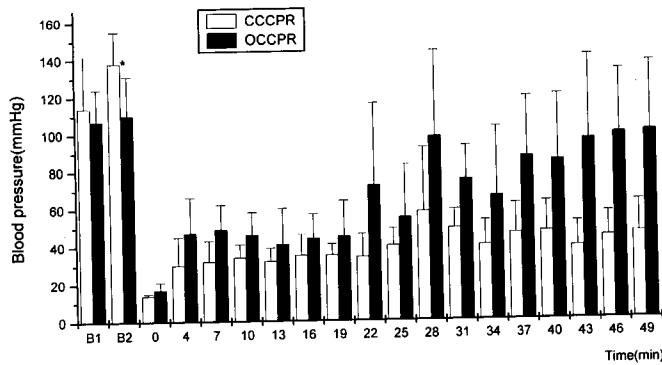


Fig. 2. Mean systemic arterial pressure in experimental period. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*p<0.05 between group.

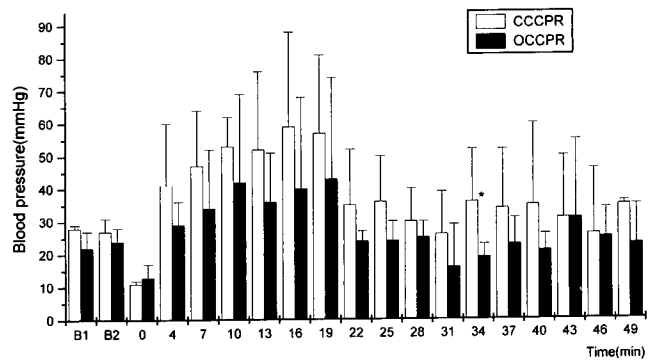


Fig. 3. Mean pulmonary artery pressure in experimental period. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*p<0.05 between group.

5.4±0.9 mg / 개흉식군 1.8±2.4 mg, NaHCO<sub>3</sub> 총량은 폐쇄식군 253±59 mg / 개흉식군 114±107 mg, 재세동 용량은 폐쇄식군 868±119 joule / 개흉식군 244±451 joule로 개흉식군에서 상당히 적게 투여되었다(p=NS). 자발성 순환회복 이후의 부정맥 발생도 개흉식군에서 적었다(Table 1).

## 2. 평균 체동맥압과 폐동맥압

평균 체동맥압은 심정지 전에 측정된 두 군의 평균은 폐쇄식군 126±22 mmHg, 개흉식군 109±18 mmHg로 개흉식군에서 낮았으나, BLS 동안에서는 폐쇄식군이 33±11 mmHg인데 비해 개흉식군은 45±15 mmHg로 더 높게 유지되었다. ALS 동안의 평균 체동맥압 역시 폐쇄식군 44±15 mmHg에 비해 개흉식군이 83±36 mmHg로 높게 유지되었으나 통계상의 유의성은 없었다(Fig. 2).

평균 폐동맥압은 심정지 전에는 폐쇄식군이 22±4 mmHg, 개흉식군은 17±3 mmHg였으며, BLS 동안에는 폐쇄식군이 32±10 mmHg로 평균 체동맥압과 비슷한 정도로 증가하였으나 개흉식군은 22±4 mmHg로 평균 체동맥압의 약 50% 정도로 유지되었다. ALS 동안의 평균 폐동맥압 또한 폐쇄식군 32±15 mmHg, 개흉식군 24±10 mmHg로 폐쇄식군에서 더 높게 유지되었으나 통계상의 유의성은 없었다(Fig. 3).

## 3. 혈액성분변화

헤모글로빈과 헤마토크리트값은 심정지 전에 비해 시간이 경과할수록 개흉식군에 비해 폐쇄식군에서 점점 더 감소되는 양상을 보였으나 두 군간에 통계상의 차이는 없었다. 한편 혈소판수는 심정지 전에는 폐쇄식군 226,300±984,00 개/ml, 개흉식군 126,400±79,400 개/ml로 폐쇄식군에서 많았으나, 실험시작 19분과 49분에는 폐쇄식군에서 현저히 감소하여 개흉식군에서 약 2배 이상 유의하게 높게 유지되었다(Fig. 4). 한편 적혈구수에서는 두 군사이에 통계적으로 유의

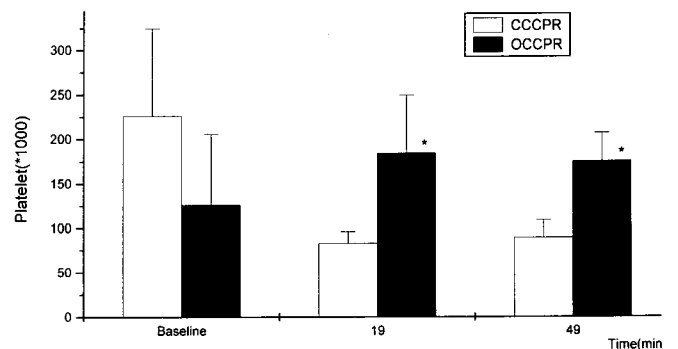


Fig. 4. Changes of platelet count. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*p<0.05 between group.

한 차이는 없었다.

## 4. 동정맥혈가스검사

우측 겨드랑이동맥과 좌측 목정맥 망울에서 채혈한 동정맥혈가스검사에서 심정지 후 19분에는 두 군 모두 정맥혈의 pH가 유의하게 낮아졌다(폐쇄식군 동맥혈 pH 7.51±0.28 / 정맥혈 pH 7.10±0.10, 개흉식군 동맥혈 pH 7.32±0.16 / 정맥혈 pH 7.16±0.10). 심정지 후 39분과 49분에는 개흉식군에서만 유의하게 정맥의 pH가 감소하였으며 두 군사이에서는 49분에 개흉식군의 정맥혈 pH만 유의하게 낮아졌다(Fig. 5).

산소분압은 심정지 전과 심정지 후 19분에 두 군 모두 동맥혈 PO<sub>2</sub>가 유의하게 낮았으며, 심정지 후 39분과 49분에는 폐쇄식군에서만 유의하게 동맥혈의 PO<sub>2</sub>가 낮았다. 한편 두 군사이에서는 심정지 전과 심정지 후 19분에 폐쇄식군에서 동맥혈 PO<sub>2</sub>가 높았으나, 39, 49분에는 개흉식군이 더 높게 유지되었으며 통계적인 유의성은 없었다(Fig. 6).

이산화탄소분압에서는 심정지 시작부터 실험이 끝날 때까지 두 군 모두 증가하는 양상을 보였으며, 특히 폐쇄식군의

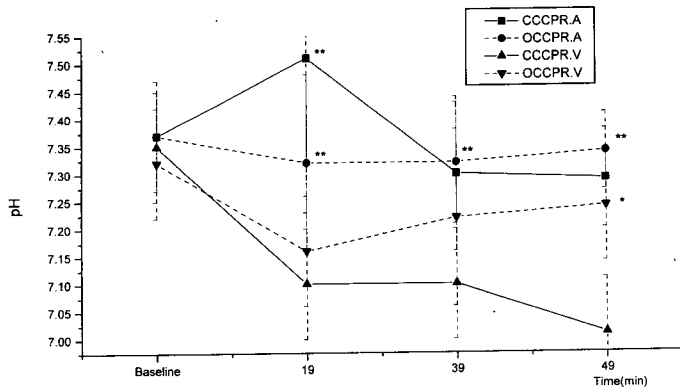


Fig. 5. Changes of pH in arterial and venous blood. CCCPR-A; closed chest cardiopulmonary resuscitation-artery, OCCPR-A; open chest CPR-artery, CCCPR-V; closed chest CPR-vein, OCCPR-V; open chest CPR-vein, \*\*p<0.05 within group in arteriovenous difference, \*p<0.05 between group.

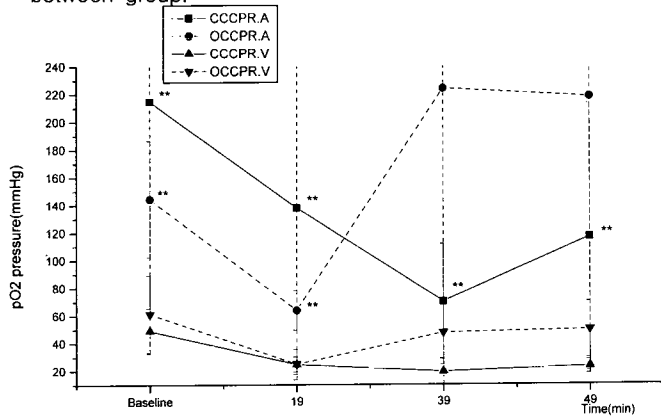


Fig. 6. Changes of pO2 pressure in arterial and venous blood. CCCPR-A; closed chest cardiopulmonary resuscitation-artery, OCCPR-A; open chest CPR-artery, CCCPR-V; closed chest CPR-vein, OCCPR-V; open chest CPR-vein, \*\*p<0.05 within group in arteriovenous difference.

정맥혈 PCO<sub>2</sub>가 동맥혈에 비해 현저히 증가하는 양상을 보였으나 통계상의 유의성은 없었다(Fig. 7). Base excess의 변화는 심정지 후 19분부터 개흉식군에 비해 폐쇄식군에서 산성화가 더 심해지는 소견을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다.

동정맥혈의 산소포화도 차이는 두 군 모두 심정지 후 19분에 정맥혈의 산소포화도가 감소함에 따라 동정맥간의 차이가 통계상에 유의하게 현저히 증가하는 소견을 보였다. 39분과 49분에서 개흉식군에서는 ROSC 이후 다시 동정맥 산소포화도 차이가 감소되는 양상을 보였지만, 폐쇄식군에서는 계속해서 높은 차이를 유지하였으나 통계적인 유의성은 없었다(Fig. 8).

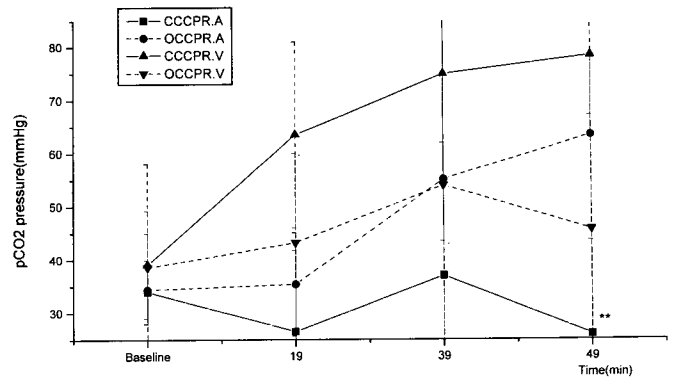


Fig. 7. Changes of pCO<sub>2</sub> pressure in arterial and venous blood. CCCPR-A; closed chest cardiopulmonary resuscitation-artery, OCCPR-A; open chest CPR-artery, CCCPR-V; closed chest CPR-vein, OCCPR-V; open chest CPR-vein, \*\*p<0.05 within group in arteriovenous difference.

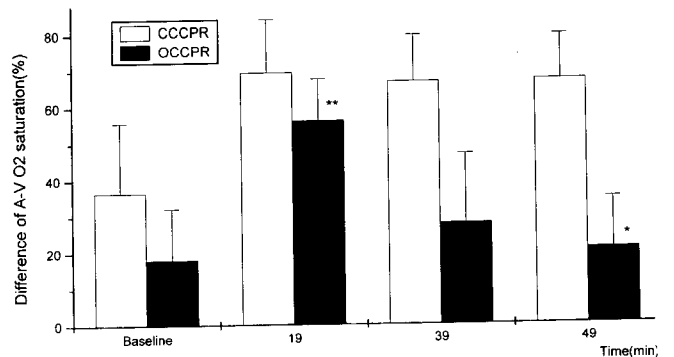


Fig. 8. Difference of arteriovenous saturation of O<sub>2</sub>. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*\*p<0.05 within group, \*p<0.05 between group.

##### 5. 생화학검사 변화

혈중 요소(BUN)와 크레아티닌값은 심정지 전과 심정지 후 49분에 측정된 값에서 두 군 간에 유의한 차이는 없었다. 그러나 두 군 모두 혈중 요소치가 심정지 전에 비해 심정지 후 49분에 유의하게 증가하였다(Fig. 9). 혈중 GOT는 두 군 모두 심정지 전에 비해 심정지 후 49분에 의미있게 증가하는 소견을 보였으나 두 군간에는 유의한 차이는 없었다(Fig. 10). GPT값은 두 군 모두 심정지 후에 증가되는 소견을 보였으나 통계상의 유의성은 없었다. 혈중 CPK는 두 군 모두 심정지 전에 비해 심정지 후 49분에 증가된 소견을 보였으나 두 군 간에 유의한 차이는 없었으며, LDH양은 두 군 모두 심정

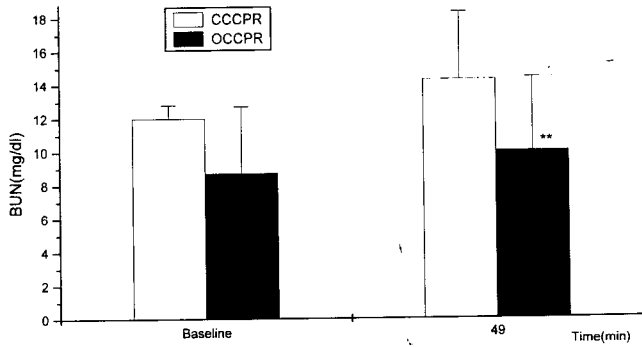


Fig. 9. Changes of BUN. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*\*p<0.05 within group

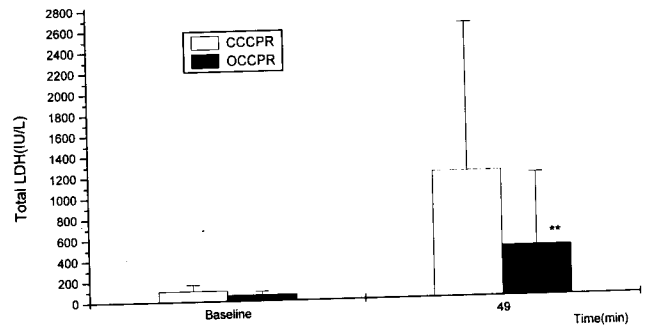


Fig. 11. Changes of total LDH enzyme. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*\*p<0.05 within group

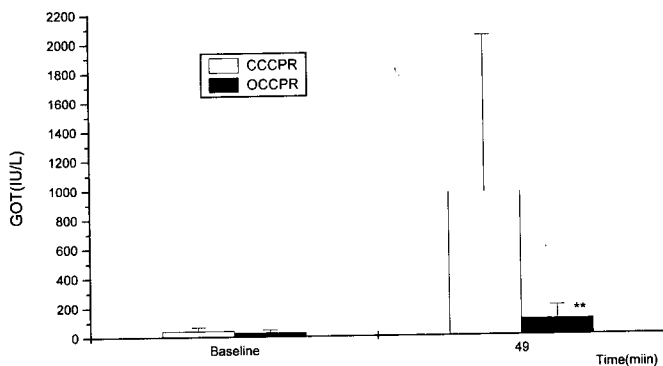


Fig. 10. Changes of GOT. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*\*p<0.05 within group

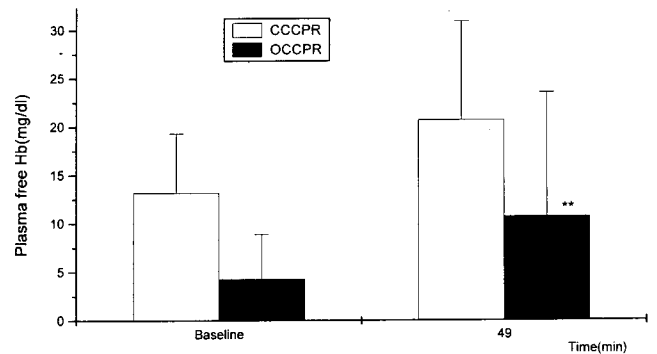


Fig. 12. Changes of plasma free Hb. CCCPR; closed chest cardiopulmonary resuscitation, OCCPR; open chest CPR, \*\*p<0.05 within group

지 전에 비해 심정지 후 49분에 의미있게 증가되었다(Fig. 11). CK-MB 효소량은 49분에 두 군 모두, 특히 개흉식군에서 더 증가되었다. 통계적인 유의성은 없었다. 혈장 유리 헤모글로빈값은 두 군 모두 심정지 전에 비해 49분에 증가하는 소견을 보였으나 개흉식군에서만 의미있게 증가하였다(Fig. 12).

## 고 찰

심폐소생술시 동맥압과 관상동맥 혈류 유지가 매우 중요하다는 것은 잘 알려져 있다<sup>2-4</sup>). 이에 대해 Weiser 들은 개흉식 소생술시 심박출량이 심정지전의 약 61%정도 유지되었으나 폐쇄식에서는 약 20%정도 유지되었으며, 대동맥 평균압 또한 높게 유지되었다고 하였다<sup>5</sup>). 또한 Del Guercio 들에 의하면 인체에서 개흉식과 폐쇄식을 비교한 결과 동일환자에서 심박출지수가 개흉식에서 2배로 높았으며 대동맥압 또한 현저히 높게 유지되었다고 하였다<sup>6</sup>). Bircher 들도 대동맥의

이완기압과 평균압 및 뇌관류압이 개흉식 방법을 시행할 때 높게 유지되었다고 하였다<sup>8,9</sup>). 한편 개흉식 심폐소생술은 이러한 혈액학 기능 향상뿐만 아니라 심정지 후에 소생성공률도 증가시킨다고 알려져 있다<sup>2,12,15</sup>). 비록 폐쇄식 심폐소생술이 효과적이지 못한 경우에 반드시 개흉식 심폐소생술을 시행하여야 하는가에 대해서는 대한 이견이 있을지라도, 개흉식 심폐소생술은 폐쇄식 심폐소생술로 효과가 없었던 환자에서 성공한 소생결과를 보여주고<sup>16,17</sup>) 또한 동물실험에서 혈액역학적 기능 측면에 미치는 효과가 우수하다는 보고들을 고려할 때<sup>5-10</sup>), 폐쇄식 심폐소생술이 효과적이지 못하다고 판단될 때는 즉시 개흉식 소생방법으로 전환하는 것이 좋으리라 생각된다.

폐쇄식 심장압박에서 수축기압이 개흉식 심장압박을 하는 경우와 비슷하게 높게 유지될 수도 있다. 그러나 높은 수축기압을 보이는 시간은 1회의 심장압박 시간 중 차지하는 비율이 매우 짧고 또한 이완기압이 매우 낮으므로 평균동맥압은 개흉식에 비해 폐쇄식 심폐소생술에서 현저히 낮게 유지

된다. 따라서 심근 혈류공급에 필요한 효과있는 관류압 유지가 어려워 결국 심근의 허혈로 인한 비가역성 손상이 초래되므로 소생가능성이 낮아지게 되는 것이다.

심폐소생술이 효과가 있는지를 알기위해 대퇴동맥의 맥박을 촉지하는 방법이 있지만 이것이 실제 혈류를 반영해주는 것은 아니다. 이에 비해 평균 체동맥압과 심박출량은 심근 혈류량 및 전신 혈류량을 효과있게 나타내주는 매우 중요한 지표들이다. 심근 혈류는 관상동맥 관류압, 즉 대동맥과 우심방의 이완기압 차이와 밀접한 관련이 있고<sup>2,3,18)</sup>, 또한 동물 실험에서 성공한 심폐소생술 결과 및 장단기간의 생존율은 관상동맥 관류압과 직접적으로 연관이 있다고 하므로<sup>2,19,20)</sup> 이 관류압을 효과있게 증가시킬 수 있는 한 방법이 바로 개흉식 심장맛사지법이다<sup>12,21)</sup>. 하지만 비외상성으로 인한 심장마비 발생시 환자를 처치하게되는 의사들이 대부분 개흉술에 익숙한 흉부외과의사가 아니라는 점 때문에 개흉식 심폐소생술을 초기에 적극성으로 사용하는데 한계가 있다. 결국 폐쇄식 심폐소생술법으로 계속 소생술을 시행하다가 맨 마지막 단계로 이 방법을 시도하는 경우가 대부분이어서 임상에서 개흉식 심폐소생술이 낮은 성공률을 보이고 실제 드물게 시행되고 있다. 미국심장협회에서도 이차심폐소생술의 치료 방침의 하나로 자리를 잡지 못하고 있는 실정이다<sup>22)</sup>.

본 연구에서는 정상 개에서 4분 간의 심폐정지 후에 폐쇄식과 개흉식 심폐소생술을 이용해 각각 15분 간의 일차심폐소생술과 30분간의 이차심폐소생술을 실시하면서 효과를 비교하여 본 결과, 개흉식 심폐소생술군에서 더 높은 평균 체동맥압을 유지하였다. 장단기 생존율에서도 폐쇄식군에서는 자발성 순환회복이 잘 유발되지 않고 또 유발되었다 할지라도 부정맥 발생이 심하여 결국 모든 개가 사망하는 결과를 보여주었지만, 제대로 관류압이 유지되었던 개흉식 심장압박을 한 경우에는 5마리중 4마리가 생존하는 효과있는 심폐소생 결과를 보여주었다. 이는 심정지 후 소생술동안에 적절한 체동맥압 및 심근 관류의 유지가 매우 중요하다는 점을 반영해주고 있다고 생각된다.

심장마비에서 개흉식 심폐소생술을 적용해야 할 적절한 시점에 대해서는 아직 논란의 여지가 있다. 인간에서 심정지 후 개흉식 심폐소생술의 시점에 대해서 보고자들에 따라 이견이 있지만<sup>11,17,22)</sup>, Sanders 등은 동물실험에서 15분간의 폐쇄식 심폐소생술 후 개흉식 심폐소생술을 했을 경우 8마리 중 6마리가 소생하였지만 20분에서는 단지 3마리에서, 그리고 25분 이후에는 한마리도 생존하지 못했다고 하였다<sup>13)</sup>. 이것은 부적절한 관상동맥 혈류에 의한 심근의 비가역성 손상이 일어나지 않은 경우에만 관상동맥 관류압 증가가 의미가 있으며, 일단 비가역성 심근 손상이 온 경우에는 심근 관류압을 증가시킨다고해도 소생 가능성은 낮다는 것이다. 또한

Bedell 들도 병원내에서 발생한 심정지 환자를 대상으로 15분내에 효과적인 소생술을 시행한 경우 환자의 44%에서 생존하였지만, 15분에서 30분사이에 시행된 경우는 단지 5%에서, 30분 이후에 시행된 경우에는 한 명도 생존하지 못했다고 하였다<sup>23)</sup>. 그렇지만 25분동안 폐쇄식 심장압박 후에 개흉식 심장압박을 시행했던 군에서도 대동맥의 수축기 및 이완기압과 관상동맥 관류압의 향상을 보였다고 하였다. 그러나 오래동안 폐쇄식 심폐소생술을 시행한 이후에 개흉식 심폐소생술을 적용하면 높은 소생 가능성을 기대하기는 힘들다고 본다. 관상동맥혈류가 오래동안 적절히 유지되지 못하면 심근의 비가역성 손상이 발생되고, 그 후에 관상동맥혈류량을 적절히 유지한다고해서 심근수축력을 향상시키기는 어려울 것이며 결국 소생가능성은 적어지게 될 것이다. 이것은 가능하면 초기에 개흉식 심장압박법을 적용하여야 초기 소생가능성을 증가시킬수 있음을 시사해 준다.

심폐소생술 방법이 혈액성분에 미치는 효과에 대해서는 특별한 보고가 없다. 본 실험에서는 폐쇄식 소생술군에서 헤모글로빈과 헤마토크리트값이 심정지 전에 비해 심정지 후 19분과 49분에 감소되는 양상을 보였고 개흉식 소생술군에서는 오히려 증가하는 소견을 보였으나 통계적 의의는 없었다. 혈소판수의 변화에서도 심정지전에는 개흉식군에서 폐쇄식군에 비해 적었으나 BLS 직후인 19분과 49분에는 오히려 유의하게 증가되는 소견을 보였다. 따라서 개흉식 소생술이 폐쇄식 소생술에 비해 혈구성분에 미치는 효과가 덜한 것으로 생각된다.

동정맥혈가스 상태의 변화에서는 4분간의 심폐정지와 15분간의 BLS이후인 19분 짜에 동맥혈과 정맥혈 간의 pH, 산소압과 이산화탄소압 및 base excess 차이가 개흉식군에 비해 폐쇄식군에서 더 크게 나타났다. 이는 개흉식군에 비해 폐쇄식군에서 평균 동맥압이 떨어지므로 말초장기들에 대한 혈액 순환이 부적절하여 산염기 평형이 원활히 이루어지지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 한편 동정맥혈의 산소포화도 차이는 두 군 모두 심정지 후 19분 짜에 현저히 증가되는, 즉 정맥혈의 산소포화도가 현저히 감소되는 소견을 보였다. 이는 심폐정지 및 BLS기간 중 전신 혈류가 감소되면서 말초장기들의 동맥혈 내 산소섭취가 현저히 증가하기 때문인데, 이후에도 적절한 산소공급이 되지 않을 경우 저산소증이 발생되어 결국 신체장기의 기능부전증을 초래하게 된다. 따라서 심정지가 발생되면 신체 중요장기에 혈액과 산소를 가능한 빨리 효과적으로 공급하는 것이 중요하다.

개를 이용한 본 실험에서 얻은 결과자료를 임상에서 환자에게 직접 적용하는 데는 주의가 필요하다고 하겠다. 상당히 큰 개들은 흉곽구조가 용골형 흉부(keel-chest)형태로 인체의 흉곽형태와 달라 폐쇄식 심장압박을 할 때 인체에서 유지할



수 있는 효과있는 대동맥압 및 심근관류량을 유지하지 못할 수도 있기 때문이다. 그러나 10kg이하의 작은 개에서는 비교해서 인체와 유사한 흉곽구조를 가지므로 적절한 폐쇄식 심장압박과 에피네프린 같은 것으로 적절한 관류압을 유지할 수 있으므로 인체에서와 유사한 소생술의 혈액학상의 결과를 나타내줄 수도 있다<sup>13)</sup>. 그러므로 비교적 큰 개에서는 심장압박이 적절하지 못했다는 기술적인 문제가 있을 수 있으므로 이 결과를 임상에 엄격히 적용할 수는 없을 것이다. 또한 추후 실험동물의 표본수를 늘려 본 연구결과에 포함시켜야 한다.

### 결 론

1. 고려대학교 흉부외과학교실에서는 한국형 이동식 심폐소생기 개발을 위한 전단계로 적절한 심폐정지 모델을 결정하고 기존의 표준 폐쇄식/개흉식 심폐소생술에 따른 결과 비교와 관찰지표를 설정하기 위해 준비실험을 실시하였다.
2. 일차 심폐소생술(basic life support)과 이차 심폐소생술(advanced life support) 기간 동안 평균 폐동맥압은 폐쇄식군에서, 평균 체동맥압은 개흉식군에서 높게 유지되었으나 통계상의 유의성은 없었다.
3. 자발성 순환회복 (restoration of spontaneous circulation) 및 심폐소생 성공과 장단기 생존률에서 개흉식군이 폐쇄식군보다 현저히 좋았다.
4. 본 실험 결과에서는 비록 통계적인 차이는 없었다 할지라도 하여도 개흉식 심폐소생술이 폐쇄식 소생술에 비해 소생술 기간 동안 비교적 안정된 혈액학 상태를 유지하여 자발성 순환회복 및 장단기 생존율을 향상시켰다고 할 수 있겠다.

### 감사의 글

본 실험에 기술적인 조언과 도움을 아끼지 않은 인하대학교 응급의학과 김준식, 백광재, 전영진 교수에게 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. J Am Med Assoc 1980;244:453-509.
2. Sanders AB, Ewy GA, Taft TV. The prognostic and therapeutic importance of the aortic diastolic pressure in resuscitation from cardiac arrest. Crit Care Med 1984; 12:871-3.
3. Ditchey RV, Winkler JV, Rhodes CA. Relative lack of

- coronary blood flow during closed-chest resuscitation in dogs. Circulation 1982;66:297-302.
4. Crile G, Dolley DH. Experimental research into resuscitation of dogs killed by anesthetics and asphyxia. J Exp Med 1906;8:713-38.
5. Weisner FM, Adler LN, Kuhn LA. Hemodynamic effects of closed and open-chest cardiac resuscitation in normal dogs and those with acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1962;10:555-61.
6. Del Guercio LRM, Feins NR, Cohn JD, Coomaraswamy RP, Wollman SB, State D. Comparison of blood flow during external and internal cardiac massage in man. Circulation 1965;31(suppl. I):1171-80.
7. Cohn JD, Del Guercio LRM. Cardiorespiratory analysis of cardiac arrest and resuscitation. Surg Gynecol Obstet 1966;123:1066-9.
8. Bircher N, Safar P. A comparison of standard, "mast" augmented and open-chest CPR in dogs. Crit Care Med 1980;8:147-52.
9. Bircher N, Safar P. Comparison of standard "new" closed-chest CPR and open-chest CPR in dogs. Crit Care Med 1981;9:384-5.
10. Bartlett RL, Stewart NJ, Raymond J, Anstadt GL, Martin SB. Comparative study of three methods of resuscitation: closed-chest, open-chest manual and direct mechanical ventricular systems. Ann Emerg Med 1984;13:773-80.
11. Geehr EC, Lewis FR, Auerbach PS. Failure of open-heart massage to improve survival after prehospital nontraumatic cardiac arrest. N Eng J Med 1986; 314:1189-90.
12. Sanders AB, Kern KB, Ewy GA, Atlas M, Bailey L. Improved resuscitation from cardiac arrest with open-chest massage. Ann Emerg Med 1984;13:672-5.
13. Sanders AB, Kern KB, Atlas M, Bragg S, Ewy GA. Importance of the duration of inadequate coronary perfusion pressure on resuscitation from cardiac arrest. J Am Coll Cardiol 1985;6:113-7.
14. Bircher N, Safar P. Cerebral preservation during cardiopulmonary resuscitation. Crit Care Med 1985;13:185-90.
15. Kern KB, Sanders AB, Ewy GA. Open-chest cardiac massage after closed -chest compression in a canine model: when to intervene. Resuscitation 1987;15:51-7.
16. Shocket E, Rosenblum R. Successful open cardiac massage after 75 minutes of closed chest massage. JAMA 1967; 200:157-9.
17. Sykes MK, Ahmed N. emergency treatment of cardiac arrest. Lancet 1963;2:347-9.
18. Michael JR, Guerci AD, Koehler RC, et al. Mechanisms by which epinephrine augments cerebral and myocardial perfusion during cardiopulmonary resuscitation in dogs. Circulation 1984;69:822-35.
19. Redding JS, Pearson JW. Resuscitation from ventricular fibrillation. JAMA 1968;203:255-60.
20. Kern KB, Sanders AB, Badylak SF, et al. Long-term result survival with open-chest cardiac massage after ineffective closed-chest compression in a canine

- preparation. *Circulation* 1987;75:498-503.
21. Bircher N, Safar P. *Manual open chest cardiopulmonary resuscitation*. *Ann Emerg Med* 1984;13:770-3.
22. Jaffe AS, McIntyre KM, Lewis AJ, eds. *Textbook of Advanced Cardiac Life Support*. Dallas: American Heart Association, Inc., 1992.
23. Bedell SE, Delbanno TL, Cook EF, Epstein FH. *Survival after cardiopulmonary resuscitation in the hospital*. *N Eng J Med* 1983;309:569-76.

=국문초록=

**배경:** 고려대학교 흉부외과학교실에서는 심폐소생술에서 인공심폐기의 사용이 기존의 표준 심폐소생술에 비해 나은 결과를 보인다는 점에 착안하여 한국형 이동식 심폐소생기를 개발하고자 하였다. 1997년 1월부터 8월까지 한국형 이동식 심폐소생기 개발의 전단계로 심폐정지 모델 결정 및 표준 폐쇄식/개흉식 심폐소생술의 비교와 관찰지표 설정을 위한 준비실험을 실시하였다. **대상 및 방법:** 실험은 한국산 잠견 9마리(28-35kg)를 대상으로 폐쇄식 심폐소생술군 4마리와 개흉식 심폐소생술군 5마리로 나누어, 4분 간의 심정지 및 15분간의 일차 심폐소생술(basic life support; BLS)과 30분간의 이차 심폐소생술(advanced life support; ALS)을 실시하였다. 심장압박은 폐쇄식군의 경우 흉부에 압박을 가하였고 개흉식군에서는 직접 심장을 마사지하였다. 소생술기간에 양군 모두 동일한 조건의 폐환기상태를 유지하였으며, 자발성 순환회복은 이차심폐소생술 기간 초기부터 재세동과 에피네프린 및 탄산수소나트륨을 투여하여 유도하였다. **결과:** 심폐소생술 기간안에 평균 체동맥압은 BLS 동안 폐쇄식군이  $33 \pm 11$  mmHg인데 비해 개흉식군은  $45 \pm 15$  mmHg로 높게 유지되었으며, ALS 동안에도 폐쇄식군  $44 \pm 15$  mmHg에 비해 개흉식군이  $83 \pm 36$  mmHg로 높게 유지되었으나 통계상의 유의성은 없었다. 한편 평균 폐동맥압은 BLS 동안 폐쇄식군에서  $32 \pm 10$  mmHg로 평균 체동맥압과 비슷한 정도로 증가하였으나 개흉식군은  $22 \pm 4$  mmHg로 평균 체동맥압의 약 50%정도까지만 증가하였고, ALS 동안에도 폐쇄식군은  $32 \pm 15$  mmHg로 개흉식군의  $24 \pm 10$  mmHg보다 높게 유지되었으나 통계처리상 유의성은 없었다. 자발성 순환회복(restoration of spontaneous circulation; ROSC) 및 심폐소생 성공 여부에서 폐쇄식군은 4마리 모두 사망하였으나 개흉식군은 5마리중 4마리가 생존하였고 생존기간은  $384 \pm 705$ 시간이었다 ( $p < .05$ ). **결론:** 본 연구 결과 개흉식 심폐소생술은 폐쇄식 소생술에 비해 비록 통계학상의 차이는 없었으나 소생술 기간 동안 비교해서 안정된 혈역학 상태를 유지하여서 자발성 순환회복 및 장단기 생존율을 향상시킬 수 있었다고 판단된다.