

한국형 이동식 심폐소생기 개발 보고

II. 응급소생술을 위한 이동식 심폐소생기의 동물 실험 연구

김 형 목* · 이 인 성* · 백 만 종* · 선 경** · 김 광 택* · 이 혜 원*** ·
이 규 백**** · 장 준 근***** · 김 종 원***** · 김 학 제* ·

=Abstract=

Report for Development of Korean Portable Cardiopulmonary Bypass II. Experimental Study of Portable Cardiopulmonary Bypass for Emergency Cardiopulmonary Resuscitation after Cardiac Arrest 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. *, Hye Won Lee, M.D. ***, Kyu Back Lee, M.D. ****,
Jun Kuen Chang, Ph.D. *****, Chong Won Kim, Ph.D. *****, Hark Jei Kim, M.D. *

Background: Portable cardiopulmonary bypass(CPB) technique has been used increasingly as a potent and effective option for emergency cardiopulmonary resuscitation(CPR) because it can maintain more stable hemodynamics and provide better survival than conventional CPR techniques. This study was designed to develop a prototype of Korean portable CPB system and, by applying it to CPR, to discriminate whether it would be superior to standard open-chest CPR. **Material and Method:** By using adult mongrel dogs, open-chest CPR(OCPR group, n=4) and portable-CPB CPR(CPB group, n=4) were compared with respects to restoration of spontaneous circulation(ROSC), hemodynamics, effects on blood cells, blood gas patterns, biochemical markers, and survivals. Ventricular fibrillation-cardiac arrest(VF-CA) of

* 고려대학교 의과대학 흉부외과학교실

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

** 인하대학교 의과대학 흉부외과학교실

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

*** 고려대학교 마취과학교실

Department of Anesthesiology, Korea University, College of Medicine

**** 한국과학기술원

Korea Institute of Science and Technology

***** 서울대학교 병원 의공학과

Department of Biomedical Engineering, Seoul National University Hospital

***** 주식회사 바이오메드랩

Biomed Lab, Co., Seoul, Korea

† 본 연구는 1997년도 복지부 G7 의료공학 선도기술개발과제 지원비로 연구되었음.

‡ 본 연구결과는 제 29차 대한 흉부외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

논문접수일: 98년 4월 16일 심사통과일: 98년 8월 26일

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

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다.

arrest(VF-CA) of 4 minutes followed by basic life support(BLS) of 15 minutes was applied in either group, which was standardized by the protocol of American Heart Association. Then, advanced life support(ALS) was applied to either group under the support of internal cardiac massage or CPB. ALS was maintained until ROSC was achieved but not longer than 30 minutes regardless of the presence of ROSC. All of the measured values were expressed as means \pm SD percent change from baseline. **Result:** During the early ALS, higher mean arterial pressure was maintained in CPB group than in OCPR group(90 ± 19 vs. 71 ± 32 %; $p < .05$) and lower mean pulmonary arterial pressure was also maintained in CPB group than in OCPR group(105 ± 24 vs. 146 ± 6 %; $p < .05$). ROSC was achieved in all dogs. Post-ROSC levels of hematocrit, RBC, and platelet were decreased and plasma free hemoglobin was increased significantly in CPB group compared to OCPR group($p < .05$). Changes in blood gas patterns, lactate, and CK-MB levels were not different between groups. Early mortality was seen in 3 dogs in OCPR group(survival time 31 ± 36 hours) and 2 in CPB group(228 ± 153 hours, $p = ns$). The remainders in both groups showed prolonged survival. **Conclusion:** These findings indicate that portable CPB can be effective to maintain stable hemodynamics during cardiac arrest, to achieve ROSC and to prolong survival. Further study is needed to refine the portable CPB system and to meet clinical challenges.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1998;31:1147-58)

Key word : 1. Cardiopulmonary bypass
2. Cardiopulmonary resuscitation

서 론

효과적이며 즉각적인 심폐소생술을 통해서 심정지로 인한 순환혈류 정지기간을 최소한으로 줄일 경우 뇌와 심장기능의 정상적인 회복 가능성은 높아진다. 심폐소생술은 기본 심폐소생술(BLS; basic life support)이 우선 시행된 후 전문치료자에 의한 고급 심폐소생술(ALS; advanced life support)이 시행되는데, 이것은 주로 뇌와 심장 기능 보호에 중점을 두고 지속적인 심폐소생술(prolonged life support)로 이어진다¹⁾.

비록 심폐소생술을 조기에 시행해도 전체적인 생존율에 현저한 영향은 없다는 이견도 있지만^{2,3)}, 아직까지도 대부분의 의사들은 초기에 기도, 호흡, 순환혈류(A-B-C step; airway, breathing, circulation step) 유지를 통한 기본 심폐소생술을 할 경우 중요 장기의 허혈성 손상을 최대한 줄일 수 있으므로 더 나은 생존 결과를 보인다는데에 대해 공통된 의견이다. 기본 심폐소생술 시행시 때때로 순환혈류 정지상태에도 불구하고 뇌와 심장기능을 1시간 이상까지도 유지할 수 있고 적절한 심폐소생술로 관류압을 유지할 경우 생존 결과는 더욱 향상될 수 있다고 하였다^{4,5)}.

하지만 일반적으로 4분 이상의 심폐정지나 20분 이상의 기본 폐쇄식 심폐소생술 후에는 뇌나 심장기능의 정상적인 회복률은 인간이나 개 모두에서 낮다고 하였다⁶⁻⁹⁾. 또한 개를 이용한 실험에서 심정지 동안에 폐쇄식 심폐소생술을 시

행할 때 관류압, 경동맥 및 뇌혈류량, 심박출량은 정상의 약 5~30%^{8,10-12)}, 관상동맥 혈류량은 정상의 약 5% 정도¹³⁾밖에 유지하지 못하므로 뇌와 심근에 대한 부적절한 혈류공급으로 정상적인 회복이 어렵다고 하였다. 이것은 폐쇄식 심폐소생술동안에 흉골압박에 의해 우심방압과 폐동맥압이 거의 대동맥압과 비슷한 정도로 상승하고, 또한 관류압 특히 체동맥의 이완기압이 효과적으로 유지되지 않아 뇌와 관상동맥 및 중요장기의 혈류 유지가 어렵기 때문이다^{11,12)}.

관류압 유지가 부적절한 이러한 기존의 심폐소생술 방법을 수정하여 자발순환회복(ROSC; restoration of spontaneous circulation)을 향상시키고 뇌신경 손상을 줄이려는 많은 노력들이 있었으나 결과는 만족스럽지 못해^{1,8)}, 심폐정지가 발생하여 기본 심폐소생술을 시행하면서 병원에 도착하여 생존한 환자는 약 25% 정도이며¹⁴⁻¹⁶⁾, 생존자의 약 10~30%에서는 다양한 영구 뇌손상이 있다고 하였다¹⁾. 심폐정지시 생존율을 높이고 합병증을 최소화하기 위해서는 심폐소생술을 조기에 효과적으로 시행하여 적절한 관류압을 유지하고 산소화 혈액을 공급함으로써 조직의 저산소증을 방지하는 것이 매우 중요하다.

한편 심폐바이패스(cardiopulmonary bypass; CPB)는 혈액의 산소 농도 유지, 체온 조절, 관류혈액 성분 조절 등이 쉽고 또한 환자 상태에 따라 적절한 혈류량과 관류압을 조절하면서 지속적인 보조순환을 유지할 수 있다¹⁷⁾. 따라서 저체온이

나 정상 체온 상태에서의 심장마비나 심인성쇼크 상태에서 심폐바이패스를 사용하면 재래식 심폐소생술 방법에 비해 더 나은 생존결과를 보일 수도 있다¹⁸⁻²⁰. 특히 응급상황에서는 개흉술 없이 경피적으로 심폐바이패스를 사용하여 적절한 심폐소생술을 할 수도 있다^{17,19}.

본 연구는 한국형 이동식 심폐소생기 개발 보고 1차²¹)에 이어 응급 심폐소생술시 효과적인 관류압 유지와 혈액 공급을 위한 한국형 이동식 심폐소생기 초기모델을 제작하여 이것의 임상 적용 가능성 및 소생 능력과 장치들에 미치는 효과를 알아보려고 하였다. 고급 심폐소생술 기간에 개흉술 표준 심폐소생술과 이동식 심폐소생기를 이용해 보조순환을 하는 방법을 비교하는 동물실험을 하였다.

대상 및 방법

1. 실험 동물 및 준비

본 실험에서는 체중이 30~51 kg인 건강한 한국산 잡견 8마리를 실험 약 1주 전에 미리 들여와 동물관리실에서 전문 사육인의 관리로 될수록 건강하게 만든 다음, 4마리는 개흉식 심폐소생술군(open chest cardiopulmonary resuscitation; 이하 O CPR 군으로 약칭)으로 4마리는 심폐소생기를 이용한 군(cardiopulmonary bypass; CPB, 이하 CPB군으로 약칭)으로 나누어 실험하였다. 전신마취는 Ketamine 10~20 mg/kg 근주와 pentothal sodium 10~20 mg/kg을 정주하여 마취를 유도하고 기관내 삽관을 한 다음 Havard reapiator(Harvard apparatus, South Natick, MA)를 사용하여 일회환기량은 10~15 ml/kg, 호흡수는 12~20/분으로 인공호흡을 하여 가능한 한 PaO₂ >100 mmHg, PaCO₂ 30~35 mmHg가 되도록 하였고, 마취유지는 흡입마취(Halothane 1~1.5% : N₂O 3 L : O₂ 1.5~2 L)로 하였다.

실험견의 머리와 목은 앙와위 자세로, 흉부 이하 부위는 약 45도 정도 우측 측와위를 취했다. 수액 및 약물 투여를 위해 우측 외경정맥에 굵은 정맥관을 확보한 후 심장감시를 위해 심전도를 설치하고 혈압 측정 및 동맥혈 검사를 위해 우측 겨드랑이동맥에 삽관하여 Hewlett Packard 모니터에 연결하여 혈압을 지속적으로 감시하였다. 심박출량 및 폐동맥압 측정을 위해 열회색 Swan-Ganz 카테타를 좌측 외경정맥을 통해 폐동맥에 거치시켜 CO meter(Baxter, Edwards COM-2 Cardiac Output Computer)의 transducer에 연결하여 폐동맥압을 지속적으로 감시하였고, 정맥혈 가스검사와 젖산 농도 측정을 위한 정맥관을 좌측 외경정맥구(juglar bulb) 부위에 거치하였다. 한편 뇌혈류량 측정을 위해 좌경동맥을 노출한 후 Electromagnetic Blood Flowmeter(Carolina Medical Electronics Inc. Cliniflow II model, FM 701D)에 연결하여 뇌혈류량을 지

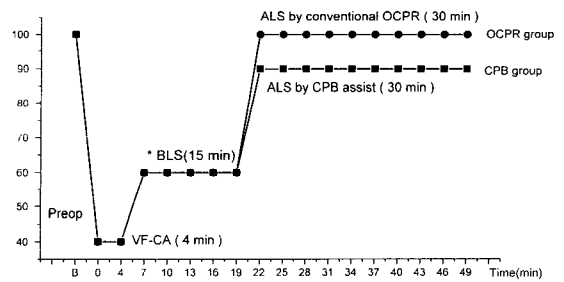


Fig. 1. Experimental designs for O CPR and CPB groups in normal dogs.

* BLS was performed to both groups in same manners including open chest cardiac massage.

O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation,

CPB; cardiopulmonary bypass,

VF-CA; ventricular fibrillation-cardiac arrest,

BLS; basic life support, ALS; advanced life support.

속성으로 측정하였다. 개흉식 심마사지를 위해 좌측 제5번 늑간을 통해 횡격막 신경 앞쪽으로 심막을 절개하여 심장을 충분히 노출하였다. 실험시작 전에 중심정맥압이 10~15 mmHg가 되도록 수액을 투여하였고 항생제는 cephalosporine을 실험 전과 실험 후 7일까지 투여하였다.

2. 실험 방법

1) 실험 개요 및 기본 심폐소생술(BLS) 실험

실험은 심정지 전 기간과 4분 간의 심실세동-심정지(ventricular fibrillation - cardiac arrest; VF-CA) 기간, 15분 간의 기본 심폐소생술(Basic Life Support: BLS) 기간, 30분 간의 고급 심폐소생술(Advanced Life Support: ALS) 기간으로 나누어 진행하였으며, 고급 심폐소생술 시작 후 자발순환회복(restoration of spontaneous circulation; ROSC)의 유무를 비교하였다(Fig. 1).

두 군 모두 심정지를 유도하기 15분 전부터 Halothane을 중단하고 N₂O 3L : O₂ 1.5L로 환기만 시키는 상태에서 심정지 전 기초검사(baseline)를 시행하였다. 두 군 모두 우심실유출로에 9v 직류를 직접 가해 심정지를 유발하였다. 심전도에서 심실세동을 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 기간은 심정지 유발 후 4분으로 하였다.

4분 동안의 심정지 후 BLS를 15분 동안 두 군 모두 동일하게 시행하였다. 심장마사지는 약 80~100회/분, 수축과 이완 비율은 50 : 50 정도로 심근에 손상을 주지 않도록 시행

하였다(미국 심장 협회 지침, 1992). BLS 기간 동안 폐환기는 두 군 모두 호흡수 분당 20회, 일회환기량 15 ml/kg, FiO₂ 20%로 유지하고 심장 압박과 호흡수의 비율은 가능한 한 5:1로 하였다.

2) 개흉식 심폐소생술(OCPR)의 고급 심폐소생술(ALS) 실험

BLS 15분이 경과한 후 ALS 기간에는 심장마사지는 BLS 기간의 방법과 동일하게 하면서 FiO₂를 100%로 공급하고 수액을 투여하면서 ALS를 시작하여 ROSC를 유도하기 시작하였다. ALS 시작 30초 전에 심실세동의 전기활동도(electrical activity)가 제세동하기에 적절하면 NaHCO₃ 1 mEq/kg만 투여하고, 부적절하면 Epinephrine 0.05 mg/kg과 NaHCO₃ 1 mEq/kg을 미리 투여하였다. ALS 시작 후 심장 제세동을 10 joule에서 시작하여 최고 30 joule까지 가했다. Epinephrine은 필요한 경우 추가로 투여하고 NaHCO₃는 동맥혈가스검사에서 Base deficit가 -7 mEq/L 이하인 경우에 수시로 투여하였다. 심실 빈맥 및 세동에는 lidocaine을 1~3 mg/kg을 투여하거나 제세동을 추가로 가하였다.

ALS 기간에 심전도에서 규칙적인 정상 리듬을 보이면서 평균 동맥압이 심정지 전 기초 혈압의 50% 이상 유지되면 자발적 혈액순환회복(ROSC) 상태라고 간주하였다. 이 상태가 되면 폐환기 상태를 N₂O : O₂(50 : 50, 각 1.5~2 L), 분당 호흡수 20회, 일회환기량 15 ml/kg으로 유지하여, PaO₂는 100 mmHg 이상, PaCO₂는 30~35 mmHg 이하가 되도록 하였다. 심장마사지와 Epinephrine투여를 중지하고 Norepinephrine(NE)을 0.05~2 ug/kg/min으로 정주하기 시작하여 필요시 최대 10 ug/kg/min까지 증량하여 혈압을 유지하였다. ALS 시작 30분이 경과해도 ROSC가 오지 않는 경우는 심폐소생술 사망으로 간주하였다.

기계호흡은 ROSC 이후 약 4~6시간 정도 유지하였으며, 개가 움직이거나 심박수가 분당 200회 이상, 평균 동맥압이 120 mmHg 이상 오르면 pancuronium 0.4 mg/kg으로 근육이완을 시켰다. 혈액학 상태가 혈압상승제나 항부정맥제의 투여 없이도 안정되고, 자발호흡의 일회 환기량이 5 ml/kg 이상되면서 동맥혈가스검사서 산소투여 없이 PaO₂ 75 mmHg 이상, PaCO₂ 45 mmHg 이하로 유지되면 기계호흡과 기도삽관을 제거한 후 개를 사육우리에 옮겨 72시간까지 경과를 관찰하였다. ROSC 이후에 발생하는 심정지는 제세동이나 약물투여로만 치료하고 심장마사지는 시행하지 않았다.

3) 심폐소생기(CPB)를 이용한 심폐소생술군의 고급 심폐소생술(ALS) 실험

CPB군 실험은 실험시작 전에 심폐소생기의 작동을 위한 준비를 추가로 시행하였다. 우측 대퇴동정맥을 충분히 노출하여 19Fr 동맥관과 23Fr 정맥관(Bio-vascular Co. USA)을 삽

관하고 이동식 심폐소생기(Hemopulsa[®], Korea)에 연결하였다. 심폐소생기 회로에 약 1리터의 하트만액과 개의 전혈 2파인트를 충전하고 충분히 순환하여 펌프 내 혈액의 헤마토크리트치가 약 25% 이상 유지되도록 하였다. 헤파린은 심폐소생기의 유출입관 삽입 직전에 2 mg/kg을 투여하였으며 순환혈액의 온도는 열교환기를 이용하여 37°C를 유지하도록 하였다.

본 연구에서 사용된 이동식 심폐소생기는 크게 박동성 펌프, 막형산화기와 정맥혈조, 열교환기로 구성되어 있고, 박동성 펌프는 다시 혈액펌프, 압력펌프, 제어기의 세부분으로 되어있다. 혈액펌프는 65 cc의 구출량을 갖는 혈액낭(Chany 200), 두 개의 단엽경사 기계판막(Medtronics, Co), 혈액낭 용기(outer case)로 구성된다. 압력펌프는 압력전달 매질인 물이 들어있는 벨로우즈와 전동기(Sanyo, 106-60001-1, 24 volt, servo DC motor, Japan), 전동기의 회전운동을 직선왕복운동으로 바꾸어 벨로우즈의 압축 및 팽창을 해주는 ball-screw (THK, lead 2 mm, Japan)인 energy converter와 벨로우즈와 혈액낭을 연결해주는 길이 약 1 m, 1/2인치 두께의 Tygon tube로 구성되고 벨로우즈의 용량은 135 ml, 행정거리는 40 mm로 되어 있다. 제어기(controller)는 전동기 구동부, 주제어기와 제어 콘솔(console)로 되어 기계의 동작 상태를 화면에 표시하도록 되어 있다. 박동성 펌프의 보조순환 혈류량은 분당 박동수(pumping rate; PR), 행정거리(stroke length; SL) 및 수축/이완기비(systolic/diastolic ratio; S/DR)를 임의로 조절하여 혈액학 상태에 따라 증감하였다. 본 연구에서 사용된 이동식 심폐소생기의 초기모델에서는 동기식 박동(synchronous pulsation)의 완전개발이 이루어지지 않아 비동기식 박동으로 실험을 하였다. 막형산화기는 기존의 상용화된 제품(Terumo, Oxyflow)을 사용하였다.

CPB군 실험은 심정지 전과 심정지 기간, BLS 기간까지는 OCPR 실험과 동일한 조건으로 하였다. ALS 기간에는 심장의 과도한 확장을 방지하기 위하여 ROSC가 유도되기 전까지 간헐적으로 심장마사지를 하면서 FiO₂를 100%로 공급하고 심폐소생기 작동 시작 30초 전에 심실세동의 전기활동 상태에 따라 NaHCO₃ 1 mEq/kg과 epinephrine 0.05 mg/kg을 미리 투여하고, BLS 기간이 끝나자마자 심폐소생기로 보조순환을 시작하였다. 심폐소생기는 PR 80회/분, SL 7000, S/DR 40%로 작동을 시작하여 관류압 및 혈액학 상태에 따라 보조순환량을 조절하면서, 심장 제세동을 하고 필요시 Epinephrine과 NaHCO₃ 및 lidocaine을 투여하여 ROSC를 유도하였다. 그 이후에는 심장마사지와 epinephrine투여를 중지하고 nrepinephrine 정주로 혈압을 유지하면서 보조순환을 30분 정도 하였다. nrepinephrine 용량이 최대로 필요하지 않거나 보조혈류량을 줄여도 평균 동맥압이 80 mmHg 이상 유지되

Table 1. Outcome in dogs after VF-CA(4 min) followed by BLS(15 min) and ALS(30 min)

A. O CPR group

Dog No.	Bwt (kg)	ALS method	ROSC time (sec)	Total Epi. (mg)	Total D/C (J)	Total Bivon (meq)	Lidocaine (mg)	Arrythmia	NE dose	Survival (hrs)
1	30	O CPR	450	2.4	60	270	150	high	high	6
2	32	O CPR	150	1.8	25	30	120	low	low	16
3	31	O CPR	180	0.6	15	30	0	no	no	72
4	32	O CPR	210	0.6	70	60	180	low	low	survival
Mean ± SD	31 ± 1		248 ± 137	1.4 ± 0.9	43 ± 27	98 ± 116	113 ± 79			31 ± 36*

B. CPB group

Dog No.	Bwt (kg)	ALS method	ROSC time (sec)	Total Epi. (mg)	Total D/C (J)	Total Bivon (meq)	Lidocaine (mg)	Arrythmia	NE dose	Survival (hrs)
1	51	CPB	1530	1.2	180	120	150	low	no	survival
2	48	CPB	120	0.6	20	40	0	no	no	336
3	41	CPB	210	0.6	35	40	40	low	no	survival
4	41	CPB	270	1.2	120	40	0	no	no	120
Mean ± SD	45 ± 5		533 ± 668	0.9 ± 0.3	89 ± 75	60 ± 40	48 ± 71			228 ± 153*
p value	0.002		0.46	0.387	0.29	0.576	0.819			0.312

VF-CA; ventricular fibrillation-cardiac arrest, BLS; basic life support, ALS; advanced life support, O CPR; open chest cardiopulmonary resuscitation, ROSC; restoration of spontaneous circulation, CPB; cardiopulmonary bypass, Epi.; epinephrine, NE; norepinephrine, D/C; defibrillation, *; mean ± SD in short-term survivals except prolonged survivals

고 부정맥이 없는 경우에는 보조혈류량을 감소시켜 심폐소생기의 보조를 중지하였다. 그 이후에는 O CPR 실험과 동일한 방법으로 진행하였다.

3. 관찰지표의 측정 및 자료 분석

두 군 모두 ALS 기간 중에 ROSC 유무 및 시간, 투여된 epinephrine과 sodium bicarbonate의 총량 및 심장 제세동에 필요한 총 용량, 부정맥 발생 정도, 생존 여부 및 시간 등을 비교하였다. 또한 혈액학적 변화를 알아보려고 평균 체폐동맥압과 경동맥혈류량을 심정지 전과 후 매 3분 간격으로 ALS 시작 후 30분까지 측정하였고, 심박출량 및 지수는 심정지 전과 ROSC 이후에 측정을 하였다. 혈액성분 변화를 알아보기 위한 CBC와 뇌 대사상태를 알아보기 위한 동정맥혈 lactate 농도를 심정지 전과 후 19, 34, 49분에, 동정맥혈가스 검사는 심정지 전과 후 19, 29, 39, 49분에 측정하였다. 또한 4분 간의 심정지와 15분 간의 BLS 및 30분의 ALS 기간이 생명장기에 미치는 효과를 알아보려고 생화학 검사로 혈장 유리해모글로빈, creatine kinase(CK)-MB, alanine aminotransferase(ALT)를 심정지 전과 ROSC 이후에 측정하였다.

모든 관찰값은 심정지 전에 측정한 두 군의 관찰값을 100%로 하여 이후의 측정값을 심정지 전의 측정값에 대한 변화율(%)로 교정하여 평균 ± 표준편차로 표시하였고 통계처

리는 SPSS 7.0을 이용하여 평균치 비교분석법인 비모수검정법을 이용하여 군 간 비교는 Man-Whitney test를, 시간경과에 따른 군내 변화는 Wilcoxon signed ranks test로 분석하였으며 p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

1. 자발순환회복 및 생존

ALS 기간 동안 ROSC는 두 군 모두에서 있었고, 유도까지의 시간은 O CPR군 248 ± 137초, CPB군 533 ± 668초였으며 (p=0.46), CPB군에서 한 마리는 ALS 시작 후 25분 30초에도 ROSC가 유도되었다. ROSC 이후 장기 생존은 실험을 통해서 장기의 손상이 부분적으로 있었다 할지라도 정상적으로 회복되어 2개월 이상 정상적인 생존을 하였던 개로 간주하였으며, O CPR군에서 1마리, CPB군에서 2마리였다. 이들 장기 생존을 제외한 개들의 평균 생존 기간은 장기 손상으로 정상적인 회복이 안돼 실험 후 단기간 내 사망한 개들의 평균 생존율로써 O CPR군 31 ± 36시간, CPB군 228 ± 153시간이었다(p=0.312)(Table 1).

ROSC 유도를 위한 총 제세동 용량은 O CPR군은 43 ± 27 joule, CPB군은 89 ± 75 joule이었고(p=0.29), epinephrine 총량은

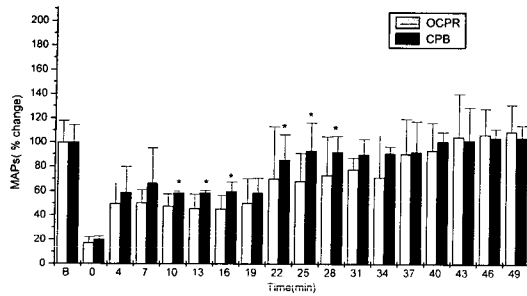


Fig. 2. Changes of mean systemic arterial pressure(MAPs) (* $p < 0.05$).
O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group,
CPB; cardiopulmonary bypass group.

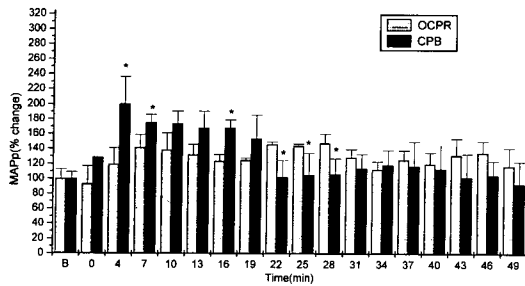


Fig. 3. Changes of mean pulmonary arterial pressure(MAPp) (* $p < 0.05$).
O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group,
CPB; cardiopulmonary bypass group

O CPR군 1.4 ± 0.9 mg, CPB군 0.9 ± 0.3 mg이었으며($p=0.387$), NaHCO_3 총량은 O CPR군 98 ± 116 mg, CPB군 60 ± 40 mg이었다($p=0.576$). 한편 자발순환회복 후 부정맥 발생 정도는 CPB군에서 비교적 드물었다(Table 1).

2. 혈액학 및 경동맥 혈류량 변화

심정지 동안에 두 군의 평균 체동맥압은 심정지 전에 비해 O CPR군은 $17 \pm 5\%$, CPB군은 $20 \pm 3\%$ 로 두 군 모두 감소하였다. BLS 기간 동안에 두 군의 평균 체동맥압은 O CPR군은 $48 \pm 13\%$, CPB군은 $60 \pm 12\%$ 정도 유지하였으나 심정지 후 10, 13, 16분에 측정된 값에서만 CPB군에서 유의하게 높았다. ALS 기간 동안에 평균 체동맥압은 두 군 모두 BLS 기간에 비해 더 증가하였으며 특히 심정지 후 22, 25, 28분에는 CPB군에서 유의하게 높았다(Fig. 2).

평균 폐동맥압은 심정지 전에 비해 심정지 기간에는 O CPR군 $93 \pm 24\%$, CPB군 $129 \pm 0\%$ 였다. BLS 동안에는

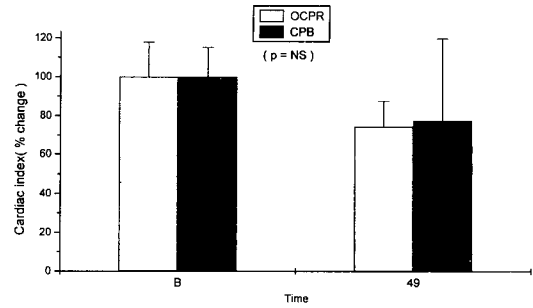


Fig. 4. Changes of cardiac index after restoration of spontaneous circulation(ROSC).
O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group,
CPB; cardiopulmonary bypass group

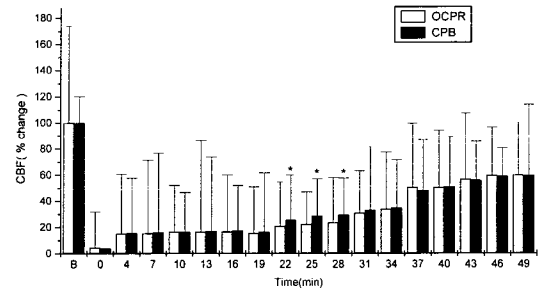


Fig. 5. Changes of carotid blood flow(CBF) (* $p < 0.05$).
O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group,
CPB; cardiopulmonary bypass group

O CPR군 $130 \pm 15\%$, CPB군 $190 \pm 25\%$ 로 두 군 모두 심정지 기간에 비해 평균적으로 증가하였으나 시간변화에 따른 유의한 차이는 없었다. 한편 두 군사이에서는 심정지 후 4, 7, 16분에 측정된 값에서 O CPR군에 비해 CPB군에서 유의하게 높았다. 또한 ALS 시작 초기인 심정지 후 22, 25, 28분에 평균 폐동맥압은 CPB군에서는 두 군간에 유의한 차이로 감소하였다(Fig. 3).

심정지 및 BLS 이후 ROSC가 유도된 다음 실험종료 전에 측정된 평균 심박출지수는 O CPR군 $75 \pm 13\%$, CPB군 $78 \pm 42\%$ 로 두 군 모두 심정지전에 비해 감소하였으나 시간변화에 따른 차이는 없었으며 또한 두 군사이에 유의한 차이는 없었다(Fig. 4).

경동맥혈류량은 심정지가 이루어지면서 O CPR군 $5 \pm 27\%$, CPB군 $4 \pm 0\%$ 로 두 군 모두 심정지 전 측정값에 비해 현저히 감소하였다가 BLS 기간 동안 다시 증가하여 O CPR군은 평균 $16 \pm 48\%$, CPB군은 $17 \pm 45\%$ 정도 유지하였고, ALS 기

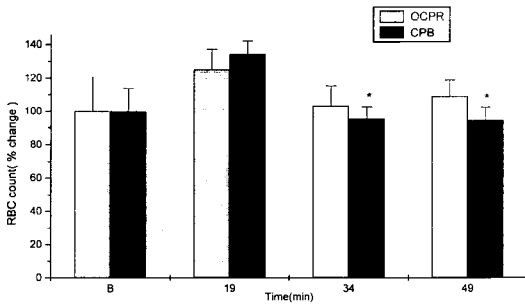


Fig. 6. Changes of red blood cell(RBC) count(*p<0.05). O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group, CPB; cardiopulmonary bypass group

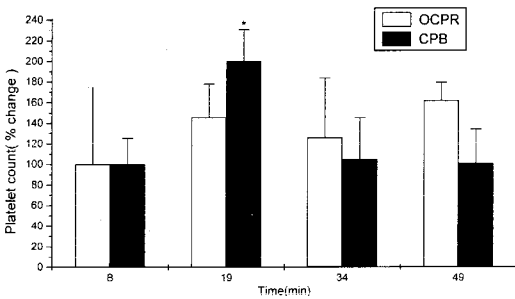


Fig. 7. Changes of platelet count(*p<0.05). O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group, CPB; cardiopulmonary bypass group

간 동안에는 O CPR군은 평균 $41 \pm 29\%$, CPB군 $43 \pm 36\%$ 정도 유지하였으나, 각 기간 동안에 평균치에서는 두 군의 시간변화에 따른 차이 및 군간 차이는 없었다. 그러나 심폐소생기 작동 초기인 22, 25, 28분에는 CPB군에서 유의하게 높았다 (Fig. 5).

3. 혈액성분변화

평균 헤마토크리트치는 심정지 전에 비해, BLS가 끝난 후에 두 군 모두 증가하였다가 심정지 후 34분과 49분에 측정 한 값에서 감소하였으나 두 군 모두 시간변화에 따른 차이는 없었다. 하지만 심정지 후 34분과 49분에 두 군 사이에 평균 헤마토크리트치는 CPB군에서 유의하게 낮았다. 적혈구수 변화 또한 헤마토크리트치와 비슷하게 심정지 후 34분과 49분에 CPB군에서 유의하게 낮았다(Fig. 6).

평균 혈소판수는 두 군내에 시간변화에 따른 유의한 차이는 없었으며, 두 군사이에는 심정지 후 19분에는 O CPR군

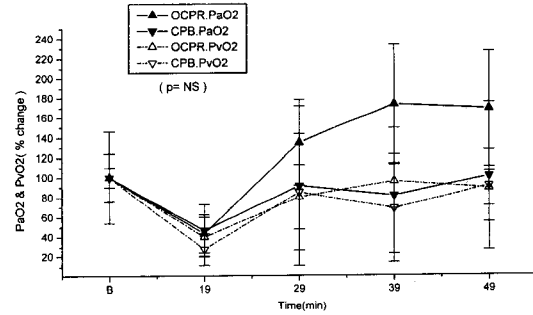


Fig. 8. Changes of arterial and venous oxygen tensions (PaO₂ and PvO₂).

O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group, CPB; cardiopulmonary bypass group

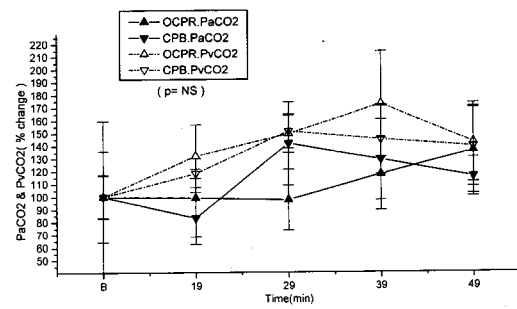


Fig. 9. Changes of arterial and venous carbon dioxide tensions(PaCO₂ and PvCO₂).

O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group, CPB; cardiopulmonary bypass group

146 \pm 32%, CPB군 201 \pm 30%로 CPB군에서 유의하게 높았다 (Fig. 7).

4. 동정맥혈가스검사

우측 액와동맥과 좌측 경정맥구에서 채혈한 동정맥혈가스 검사에서 두 군 모두 동맥과 정맥혈의 평균 pH가 시간에 따른 변화의 차이가 없었으며 두 군사이에도 유의한 차이는 없었다.

평균 산소압의 변화는 심정지 후 19분에 두 군 모두 동정맥혈 pO₂가 현저히 낮았다가 ALS 시작 이후 다시 증가하는 양상을 보였으나 각 군내에 시간변화에 따른 차이는 없었으며 또한 두 군사이에도 유의한 차이는 없었다(Fig. 8). 이산화탄소압 또한 두 군 모두 시간변화에 따른 유의한 차이는 없었으며 또한 두 군사이에도 유의한 차이는 없었다(Fig. 9).

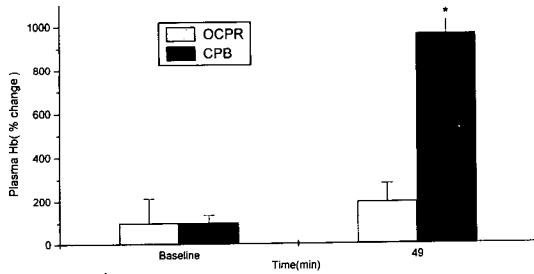


Fig. 10. Changes of plasma hemoglobin concentrations (*p<0.05).

O CPR; open-chest cardiopulmonary resuscitation group, CPB; cardiopulmonary bypass group

5. 생화학적 변화

겨드랑이동맥과 경정맥구에서 채혈한 혈중 lactate 농도는 심정지전(CPR군 동맥 3.5±1.3 mmol/L/ CPB군 동맥 2.3±0.6 mmol/L, CPR군 정맥 4.1±1.4 mmol/L/ CPB군 정맥 2.9±0.8 mmol/L)에 비해, 심정지 후 19분에는 두 군 모두 동정맥에서 현저히 증가하였고, 49분에는 CPR군 동맥 274±12%/ CPB군 동맥 344±15%, CPR군 정맥 246±34%/ CPB군 정맥 290±13%로 CPB군의 동정맥 내에서 lactate 농도의 증가율이 높게 유지되었으나 통계적인 유의성은 없었다. 혈장 유리헤모글로빈치는 두 군 모두 심정지 전에 비해 심정지 후 49분에 CPR군은 197±82%, CPB군은 963±61%로 두 군사이에 CPB군에서 유의하게 증가하였다(Fig. 10). CK-MB 분획량의 변화와 혈중 ALT치는 두 군 모두 심정지 전에 비해 심정지 후 시간 변화에 따른 차이는 없었으며 또한 두 군사이에 유의한 차이는 없었다.

고 찰

인공 심폐기는 적절한 관류압을 인위적으로 조절하여 지속적인 보조순환을 유지해줄 수 있어 저체온 상태나 정상 체온상태하에서의 심장마비나 심인성 쇼크 상태에서 재래식 심폐소생술 방법에 비해 더 나은 생존 결과를 보일 수 있다. 특히 응급상황에서는 개흉술 없이 경피적으로 심폐소생기를 사용함으로써 효과적으로 적절한 심폐소생술을 제공할 수도 있다.

본 교실에서는 이러한 인공 심폐기의 장점에 착안하여 응급소생술을 위한 박동성 한국형 이동식 심폐소생기의 초기 모델을 제작하였다. 이번 연구는 이 초기모델에 대해 임상 적용 가능성, 심폐소생 능력, 장기들에 미치는 효과 및 심폐소생기의 구조와 작동의 개선점들을 알아보고자 기존의 표

준 개흉식 심폐소생술을 적용한 방법과 동물실험을 통해 비교하였다.

임상에서 많이 사용되는 심실보조장치나 심폐바이패스는 대부분 비박동성 관류형이 많이 사용되고 있다. 하지만 혈액학, 조직 대사, 장기 기능, 미세 혈류 및 장기조직 변화 등에 미치는 영향이 비박동성과 박동성 관류형 중 어느 방법이 더 우수한지에 대해서는 이견이 많다²²⁾. 박동성 관류는 인간과 동물에서 비박동성 관류에 비해 적혈구나 혈소판 파괴가 많다고 하였으나 실제로 더 손상을 주는 지에 대해서는 의견이 다양하지만, 말초혈관저항 감소와 조직에서 비박동성 관류에 비해 미세혈류와 림프 혈행, 호기성 대사를 증가시켜 부종과 혐기성 대사로의 전환 억제 및 적절한 혈류량에서 젖산농도 저하와 알칼리성 혈액 유지와 체외순환 중 저체온과 재가온 속도가 빠르다고 알려져 있다²²⁾. 또한 심장에서 현저하게 심근 산소와 젖산 추출률을 증가시켜 저관혈류상태에서도 심근대사의 향상을 도모하고, 폐에서는 정상적인 가스교환에 영향을 주기보다는 폐혈관저항을 감소시킨다고 하였다²²⁾. 또한 급성기와 체외순환 2~3시간 후 만성 허혈성 상태에서 개의 뇌 조직 변화가 적고, 신기능의 정상적인 대사를 유지하며 renin분비를 감소하고 신피질 혈류를 증가시켜 장시간의 체외순환 중에 신장의 허혈성 변화를 감소시킨다고 하였다²²⁾. 본 연구에서는 비록 박동성과 비박동성 관류의 비교에서 우수한 차이에 대해서 논란이 있을지라도 이러한 보고를 기초로 박동성 관류형으로 초기모델을 계획하였다.

실험 결과 4분 간의 심정지와 15분 간의 기본 심폐소생술 후 자발순환회복 및 장단기 생존율에서는 심폐소생기를 사용한 경우에 개흉식 심폐소생술군보다 우수한 결과를 보였다. 고급 심폐소생술 시작 초기의 평균 체동맥압은 심정지 전에 비해 개흉식 심폐소생술군은 약 71%, 심폐소생기군은 약 90%, 폐동맥압은 개흉식 심폐소생술군은 약 146%, 심폐소생기군은 약 105% 정도 유지하여 심폐소생기를 적용한 군에서 비교적 높은 체동맥압과 낮은 폐동맥압을 유지하였다. 심폐소생술에서 장단기 생존율을 결정하는 중요한 인자가 각 장기들에 대한 관류압을 적절히 유지해주는 것이다. 본 실험 결과에서도 이와 같은 심폐소생기의 효과가 생존율의 향상을 보인 것으로 생각된다.

그러나, 비록 심폐소생기를 사용시 심폐소생술 초기에 관류압 유지가 우수하였지만, 심근 기능이 정상인 개를 4분 간의 단기간 심실세동으로 심근 손상을 가한 본 실험에서는 대부분 단기간내 자발순환회복이 이루어졌다. 따라서 심장기능 손상이 비교적 적어 자발순환회복 이후 혈압이 비교적 잘 유지됨으로써 관류압 유지를 위한 실질적인 보조순환 기간이 대부분 몇 분내로 짧아 30분 동안의 고급 심폐소생술

기간에 심폐소생기와 개흉식 심폐소생술 방법에 의한 혈압의 차이가 뚜렷하지가 않았다. 따라서 실질적인 관류압 유지 효과는 자발적인 정상박동이 이루어지더라도 혈압유지가 어려운 상태에서 두 방법을 적용하여 이때 보이는 관류압 차이를 보는 것이 필요하리라 생각되며, 다음 실험에서는 심실 세동 및 무혈류 손상을 정상 개에서 뇌의 소생이 가능하며 심근 손상을 줄 수 있는 10분에서 12분으로 하는 방법²³⁾도 필요할 것으로 보인다. 심폐소생기를 사용함으로써 폐동맥압의 변화는 비교적 뚜렷하게 보이는 것 같다. 기본 심폐소생술 기간에는 폐동맥압이 심폐소생기군에서 높았지만 심폐소생기 작동 시작 초기에 개흉식 심폐소생술군에 비해 유의하게 감소되었다. 이는 정맥탈혈로 인한 폐동맥 혈류의 현저한 감소로 인한 것 같다. 따라서 폐동맥 혈류량 감소로 좌심실 전부하는 감소하지만 동맥관으로 보조혈류를 공급해 적절한 관류압을 유지할 수 있고 또한 심정지 후 재관류 초기에 불안정한 심근 상태에 안정을 도모해 줄 수 있는 장점으로 보인다. 한편 심폐소생기 초기모델에서의 비동기식 박동은 심장자체의 박출과의 경쟁에 의한 후부하 증가를 초래하여 심장박출량의 감소와도 관계가 있으므로 이에 대한 개선이 필요하리라 생각된다.

뇌혈류량을 알아보고자 측정된 경동맥혈류량은 본 연구에서는 심정지 후 두 군 모두 현저한 감소가 있었고 심폐소생술이 시작되면서 다시 증가하였다. 정상적인 뇌혈류량은 50~55 ml/kg/min으로 체동맥압의 변화에 따라 뇌혈관의 자가 조절(autoregulation)에 의해 비교적 항상 일정하게 유지되는데 체외순환에 따른 뇌혈류량에 대해서는 여러 의견이 있지만 Kano 등²⁴⁾은 관류량보다는 체동맥압에 영향을 더 받는다고 하였다. 본 연구에서도 소생술 기간에 심폐소생기군에서 체동맥압이 비교적 안정하게 유지되고 경동맥혈류량 또한 체동맥압 변화와 비슷한 양상으로 심폐소생기 작동 초기에 유의한 증가를 보였다. 이러한 뇌혈류량의 변화는 이산화탄소압, 산소압, 수소이온, 칼륨이온, 외상 등 여러 대사성 인자와 관련되어 영향을 받지만 본 연구에 의하면 체동맥압과 더 밀접하게 관련이 있는 것 같다.

체외순환으로 인한 혈구성분의 손상에 대해서는 비교적 다양한 의견들이 있지만 표준 심폐소생술에 비해 심폐소생기를 사용할 때 혈색소, 혈소판, 단백질의 감소 등은 확실한 것으로 보인다²⁵⁾. 본 연구에서도 혈액내의 판막주위에서 발생하는 속도와 압력차이로 인한 와류와 산화기 및 유출입관 등 여러 충전 회로 등과의 혈액 접촉으로 인해 혈구 성분에 손상이 발생하여 개흉식 심폐소생술에 비해 헤마토크리트치와 적혈구 및 혈소판수가 유의하게 감소하였고 또한 혈장 유리헤모글로빈치가 증가하였다.

심폐소생기와 표준 심폐소생술을 비교시 동정맥가스

pH, base excess 감소가 심폐소생기군에서 유의하게 감소한다고 하였는데²⁵⁾, 본 연구에서도 동맥과 경정맥구에서 시행한 혈액가스검사서 두 군 모두 pH가 낮아졌고 특히 개흉식 심폐소생술군이 심폐소생기군에 비해 동정맥의 pH의 차이가 증가하였으나 실험종료 전에 측정된 동정맥의 pH는 심폐소생기군이 낮게 유지되었다.

한편 동정맥혈의 산소압은 심폐소생술 기간에 100% 산소와 심폐소생기를 통한 고산소화 혈액 공급으로 심폐소생기군에서 높아야 하나 실제로는 개흉식 심폐소생기군의 동맥에서 더 높았는데, 이는 실험 시작 후 인공호흡기나 폐기능의 장애 등으로 발생된 것으로 보인다. 이산화탄소압은 심정지 시작부터 실험이 끝날 때까지 두 군 모두 전반적으로 증가하는 양상을 보여 실험종료시 정맥내에서는 심정지전보다 약 40% 이상 증가하였다. 또한 동맥내 이산화탄소압이 심폐소생기군에서 더 증가하였는데 이는 산소공급 회로에서 압축공기와 산소를 혼합하여 투여하지 않고 100% 산소만 투여함으로써 이산화탄소압의 증가를 초래했기 때문인 것으로 보이며 향후에는 산소와 압축공기를 같이 투여할 수 있는 조절기를 부착하는 방안이 필요하다.

혈중 lactate의 측정은 조직내 산소 공급의 적절성을 평가하는데 자주 이용되며 표준 심폐소생술이나 심폐소생기 모두 시간이 경과함에 따라 혈중 젖산 농도의 증가는 알려져 있다^{25,26)}. 산소공급이 부적절하고 이산화탄소가 증가하면 pH의 감소와 bicarbonate의 증가로 phosphocreatine이 감소하고 lactate-pyruvate ratio가 증가하면서 포도당의 소모가 감소하는 혐기성 해당작용이 일어나 lactate의 생성이 증가하게 된다. 본 연구에서도 두 군 모두 혈중 lactate 농도의 증가가 있었지만 두 군간에 현저한 차이는 없었다. 한편 CK-MB나 ALT치의 변화는 두 군 간에 현저한 차이는 없어 단기간의 소생술 방법에 따른 차이는 없는 것으로 보인다.

한국형 이동식 심폐소생기의 개발에는 본 실험에서 발생한 위에서 언급한 문제점들의 해결뿐만 아니라 실제 임상 적용을 위해서는 더 연구, 개선되어야 할 부분들이 많이 있다. 심폐소생기 시스템 자체는 쉽게 구할 수 있고, 이동이 용이하도록 간편하고 안정되어야 하며, 회로의 충전(充塡)이 쉽고 가능한 충전용량은 작아야 하며, 고혈류에 적당한 산화기와 필터로 구성되어야 한다. 또한 응급소생술에 사용하기 위해서는 동정맥관의 설치가 필수적인데, 대부분 사용되는 대퇴동정맥외에 경동정맥이나 쇄골하동정맥이 사용되므로, 가능한 빨리 삽관이 가능해야 하고 또한 혈관 손상을 최소한으로 줄이며 적절한 혈류량을 공급할 수 있는 크기의 동정맥관이 필요하다. 본 실험에서는 실험 개의 크기가 비교적 큰 성견이었지만 실제로 대퇴동맥의 크기가 작아서 동맥절개를 통해 직접 19Fr 동맥관 삽입을 하였는데 이 방법 또한

습지 않았다. 따라서 파파베린 국소점적을 통한 동맥확장이
나 17Fr 동맥관 삽입 등을 이용하기도 하였다. 한편 23Fr 정
맥 삽관은 동맥에 비해 비교적 용이하였다. 임상에서는 빠른
시간내에 동정맥관을 경피적 방법이나 직접 동정맥 절개를
통해 삽관하는 것이 중요한데 경피적인 방법으로 개에서 적
용하기에는 어려움이 있었다. 그러나 임상에서는 성인의 대
퇴동맥혈관이 충분히 크므로 경피적인 방법으로 빨리 삽관
이 충분히 가능하리라 본다.

한편 심정지 상태에서 심폐소생기를 작동하여 자발순환회
복이 이루어질때까지는 본 연구에서와 같이 간헐적으로 심
장마사지를 해주는 등 심실의 과도한 확장을 방지하기 위한
적절한 방법이 필요하다. 충전용액으로서는 혈액이나 혈장
대치물 혹은 결정성 수용액 등을 사용할 수 있으나 용량을
최소화하면서 대사에 필요한 산소나 영양분 등 중요 성분들
의 공급이 필요하며 적절한 산소운반 능력을 갖고 있어야
한다. 또한 혈전 생성을 방지하기 위한 헤파린 투여의 적정
용량 및 투여시기 등에 대한 연구와 열교환기의 온도 조절
이 용이해야 한다. 이러한 제반 개선점들에 대해서는 향후
연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

실험연구의 한계 본 실험연구는 개흉식 심폐소생술을 적
용한 군과 기본 심폐소생술까지는 개흉식 심폐소생술과 동
일한 방법으로 하고 고급 심폐소생술만 이동식 심폐소생기
초기 모델을 이용한 심폐소생술 실험을 통하여 결과적으로
심폐소생기를 적용한 실험군에서 더 우수한 혈액학 상태와
자발순환회복 및 생존율 등을 보였지만 다소의 한계점은 있
었다. 우선 비록 통계상으로 유의한 차이를 보였다 할지라도
실험 대상군이 각각 4마리씩으로 실험표본수가 너무 적어
유의한 분석 결과라고 결론을 내는 것은 다소 한계가 있었
다는 점이다. 또한 실험기간에 측정된 값을 심정지 전의 기
초관찰값의 %로 환산하여 표시하였다할지라도 동일한 방법
을 적용한 기본 심폐소생술 기간에 심폐소생기를 적용한 군
에서 평균 체동맥압이 유의한 차이로 높게 유지되어 실제
고급 심폐소생술 기간에 두 군간의 유의한 차이에 영향을
주었을 수 있다는 점이다.

그러나 이러한 한계에도 불구하고 이동식 심폐소생기와
표준 심폐소생술에 대한 기존의 연구들은 주로 뇌기능 손상
과 혈액학적인 변화들에 대해 보고하였지만, 본 연구는 비록
실험표본수가 적은 단점은 있다할지라도 여러 장기들에 미
치는 효과들에 대해 구체적으로 알아본 실험적인 연구보고
라고 생각되며, 임상적용이 가능한 개선된 이동식 심폐소생
기 개발을 위해서는 계속 진행될 연구계획에 이러한 효과들
에 대해서 좀 더 보완하여 보다 개선된 이동식 심폐소생기
를 개발하기 위한 동물실험을 계속적으로 실시할 필요가 있
을 것이다.

결 론

본 연구진은 응급 심폐소생술을 위한 한국형 이동식 심폐
소생기를 개발하기 위해 한국형 이동식 심폐소생기 초기모
델을 제작하였다. 이 심폐소생기의 초기모델에 대해 임상 적
용 가능성 및 소생 능력과 신체 장기에 미치는 효과를 알아
보기 위하여 표준 개흉식 심폐소생술 방법과 비교하는 동물
실험을 하였다. 실험 결과에서 비록 실험표본수가 적은 한계
점은 있다할지라도 자발순환회복 및 장단기 생존율에서
CPB군이 O CPR군보다 우수한 결과를 보였다. 이는 동일한
방법으로 기본 심폐소생술을 시행 후, 두 군의 각각의 방법
에 따른 ALS 시작 초기에 평균 체동맥압과 경동맥 혈류량이
O CPR군에 비해 CPB군에서 유의하게 높게 유지되었고, 평균
폐동맥압은 유의한 차이로 낮게 유지되는 효과에 기인한 것
으로 보인다. 그러나 이러한 결과에 비해 심폐소생기를 사용
함으로써 신체조직에 미치는 여러 부작용들이 발생하는 단
점도 있었다.

결론적으로 본 연구를 통해서 제작한 한국형 이동식 심폐
소생기를 이용한 심폐소생술이 적혈구수와 혈소판수 감소와
혈장 유리헤모글로빈치의 증가 등에도 불구하고 기존의 개
흉식 심폐소생술에 비해 소생술 기간 동안 안정된 혈액학
상태를 유지하여 자발순환회복 및 장단기 생존율을 향상시
켰으며 장기간의 심폐소생술 후에도 자발순환회복을 가능하
게 하였다.

참 고 문 헌

1. Safar P, Bircher NG. *Cardiopulmonary-cerebral resuscita-
tion. An introduction to resuscitation medicine.* World
Federation of Societies of Anesthesiologists. Philadelphia,
PA, WB Saunders, 1987.
2. Kowalski R, Thompson DM, Horwitz, et al. *Bystander
CPR in prehospital coarse ventricular fibrillation.* Ann
Emerg Med 1984;13:1016-20.
3. Stueven HA, Waite EM, Troiano P, et al. *Prehospital
cardiac arrest-A critical analysis of factors affecting
survival.* Resuscitation 1989;17:251-9.
4. Stept WJ, Safar P. *Cardiac resuscitation following two
hours of cardiac massage and 42 countershocks.* Anesthe-
siology 1966;27:97-100.
5. Cleveland JC. *Complete recovery after cardiac arrest for
three hours.* N Engl J Med 1971;284:334-5.
6. Eisenberg MS, Hallstrom AP, Bergner L. *Long-term sur-
vival after out-of-hospital cardiac arrest.* N Engl J Med
1982;306:1340-8.
7. Vaagenes P, Cantadore R, Safar P, et al. *Amelioration of
brain damage by lidoflazine after prolonged ventricular
fibrillation cardiac arrest in dogs.* Crit Care Med 1984;12:
846-55.

8. Bircher NG, Safar P. *Cerebral preservation during cardiopulmonary resuscitation in dogs.* Crit Care Med 1985;13:185-90.
9. Safar P. *Cerebral resuscitation after cardiac arrest. A review.* Circulation 1985;74(Supp 4):138-53.
10. Safar P, Brown T, Holtey W, et al. *Ventilation and circulation with closed-chest cardiac massage in man.* JAMA 1961;176:574-6.
11. Del Guercio LRM, Feins NR, Cohn JD, et al. *A comparison of blood flow during external and internal cardiac massage in man.* Circulation 1965;31/32(suppl 1):171-80.
12. Bircher N, Safar P, Stewart R. *A comparison of standard, "Mast" augmented, and open-chest CPR in dogs.* Crit Care Med 1980;8:147-52.
13. Ditchey RV, Winkler JV, Rhodes CA. *Relative lack of coronary blood flow during closed-chest resuscitation in dogs.* Circulation 1982;66:297-302.
14. Safar P. *Resuscitation from clinical death: Pathophysiologic limits and therapeutic potentials.* Crit Care Med 1988;16:923-41.
15. Eisenberg MS, Horwood BT, Cummins RO, et al. *Cardiac arrest and resuscitation: A tale of 29 cities.* Ann Emerg Med 1990;19:179-86.
16. Cummins RO, Eisenberg MS. *Prehospital cardiopulmonary resuscitation.* JAMA 1985;253:2408-13.
17. Pretto E, Safar P, Saito R, et al. *Cardiopulmonary bypass after prolonged cardiac arrest in dogs.* Ann Emerg Med 1987;16:611-9.
18. Towne WD, Geiss WP, Yanes HO, et al. *Intractable ventricular fibrillation associated with profound accidental hypothermia-successful treatment with portable cardiopulmonary bypass.* N Engl J Med 1972;287:1135-6.
19. Mattox KL, Beall AC Jr. *Extending the art: Portable cardiopulmonary bypass.* JACEP 1975;4:528-31.
20. Baird RJ, DelaRocha AG, Miyagishima RT, et al. *Assisted circulation following myocardial infarction: A review of 25 patients treated before 1971.* Can Med Assoc J 1972 ;107 :287-91.
21. 김형목, 이인성, 백만중, 등. 한국형 이동식 심폐소생기 개발 보고. I. 실험견을 이용한 개흉식과 폐쇄식 심폐소생술 비교. 대흉외지 1998;31:827-36.
22. Hickey PR, Buckley MJ, Philbin DM. *Pulsatile and non-pulsatile cardiopulmonary bypass: review of a counter-productive controversy.* Ann Thorac Surg 1983;36:720-37.
23. Reich R, Safar P, Angelos M, et al. *Reversibility limits for heart and brain of ventricular fibrillation(VF) cardiac arrest(CA) in dogs.* Crit Care Med 1988;16:390(abstr).
24. Kano T, Hashiguchi A, Sadanaga M, Ashimura K, Sakamoto M, Morioka T. *Cardiopulmonary-cerebral resuscitation by using cardiopulmonary bypass through the femoral vein and artery in dog.* Resuscitation 1993;25(3):265-81.
25. Schwartz AE, Sandhu AA, Kaplon RJ, et al. *Cerebral blood flow is determined by arterial pressure and not cardiopulmonary bypass flow rate.* Ann Thorac Surg 1995;60:165-70.
26. Carden DL, Martin GB, Nowak RM, Foreback CC, Tomlanovich MC. *The effect of cardiopulmonary bypass resuscitation on cardiac arrest induced lactic acidosis in dogs.* Resuscitation 1989;17(2):153-61.

=국문초록=

배경: 이동식 인공심폐기는 심정지 기간 동안 안정한 혈액학 상태를 유지하여 생존율을 향상시킬 수 있기 때문에 강력하고 효과적인 심폐소생법의 하나로 그의 사용이 증가하고 있다. 본 연구진은 초기모델의 한국형 이동식 심폐소생기를 이용한 심폐소생술과 기존의 개흉식 심폐소생술을 비교하여 혈액학 유지와 소생 여부 및 신체장기들에 미치는 효과를 알아보려고 하였다. **대상 및 방법:** 한국산 잡견 8마리(30~51kg)를 대상으로 개흉식 심폐소생술군과 심폐소생기를 이용한 심폐소생술군으로 각각 4마리 씩 나누었다. 4분 간의 심실세동형 심정지 기간이 지난 후 15분 간의 기본 심폐소생술(basic life support; BLS)을 실시하고 30분 간의 고급 심폐소생술(advanced life support; ALS)을 실시하여 자발순환회복, 혈액학 상태, 혈구성분에 미치는 효과, 혈액 가스 검사, 생화학 검사 및 생존율 등을 알아보았다. 심장압박과 폐환기는 두 군 모두 동일한 조건으로 유지하였으며, 고급 심폐소생술 시작과 동시에 제세동을 하고 에피네프린 및 탄산수소나트륨을 투여하여 자발순환회복을 유도하였다. 측정된 관찰값은 심정지 전 관찰값으로부터의 변화율(%)로 환산하여 평균±표준편차로 표시하였다. **결과:** 고급 심폐소생술 초기에 평균 체동맥압은 심폐소생기군에서 개흉식 심폐소생술군 보다 높게 유지되었고 ($90 \pm 19\%$ vs. $71 \pm 32\%$, $p < .05$), 평균 폐동맥압은 심폐소생기군이 개흉식 심폐소생술군 보다 낮게 유지되었다 ($105 \pm 24\%$ vs. $146 \pm 6\%$, $p < .05$). 자발순환회복은 모든 실험견에서 나타났다. 자발순환회복 후 심폐소생기군에서 혈중 헤마토크리트치, 적혈구와 혈소판 수가 유의하게 감소하였고 혈중 유리헤모글로빈치는 유의하게 증가하였다($p < .05$). 혈액가스검사와 lactate 및 CK-MB치는 두 군간에 차이가 없었다. 실험 후 조기사망은 심폐소생기군에서 2마리, 개흉식 심폐소생술군에서 3마리에서 있었다(생존기간 228 ± 153 vs. 31 ± 36 시간, $p = ns$). 나머지는 모두 장기 생존율을 보였다. **결론:** 본 연구결과 이동식 심폐소생기를 이용한 심폐소생술은 심정지 기간 동안 안정한 혈액학 상태를 유지하여 자발순환회복 및 장단기 생존율을 향상시킬 수 있다. 추후 이동식 심폐소생기 개선과 임상적용을 위해 초기모델을 수정 보완하는 실험연구가 더 필요하리라 본다.

중심단어: 1. 이동식 심폐소생기
2. 개흉식 심폐소생술