

헬기를 이용한 모의 중환자 이송  
중의 자동제세동기의 기능 평가:  
시뮬레이션 연구

연세대학교 대학원

의 학 과

제 상 모

헬기를 이용한 모의 중환자 이송  
중의 자동제세동기의 기능 평가:  
시뮬레이션 연구

지도교수 박 인 철

이 논문을 석 사 학위논문으로 제출함

2010 년 12 월

연세대학교 대학원

의 학 과

제 상 모

# 제상모의 석사 학위논문을 인준함

심사위원\_\_\_\_\_인

심사위원\_\_\_\_\_인

심사위원\_\_\_\_\_인

연세대학교 대학원

2010 년 12 월

## 감사의 글

지난 2년간의 석사 과정을 돌이켜보면 남들보다 늦게 배움에 대한 꿈을 가지고 대학원에 입학하여 무사히 과정을 마무리 할 수 있게 되어서 무엇보다 뜻 깊게 생각하고, 이 논문이 완성되기까지 저를 도와주시고 지도해 주신 분들께 적은 지면을 빌려 감사의 마음을 전하고자 합니다.

우선 늘 부족했던 저를 지도해 주시고, 따끔한 충고를 아끼시지 않으셨던 박인철 교수님께 감사를 드립니다. 또한, 미흡한 저의 논문을 심사해 주셨던 이한식 교수님과 김덕원 교수님께도 감사를 드립니다. 배움의 길을 열어주셨던 김승호 교수님과 국외 연수 중에도 많은 힘이 되어주셨던 정성필 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 그리고 대학원 과정 동안 저에게 많은 가르침을 주신 의과 대학 여러 교수님들께도 감사를 드립니다.

항상 옆에서 함께 고민하고 사랑으로 곁을 지켜준 나의 아내 정혜진과 건강하게 자라준 딸 다미아와 함께 이 기쁨을 영원히 간직하려 합니다.

2010년 10월

강남세브란스 병원 응급실에서

제상모

## <차례>

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 국문 요약 .....                 | 1  |
| I. 서론 .....                 | 3  |
| II. 재료 및 방법 .....           | 4  |
| 1. 연구 디자인 .....             | 4  |
| 2. 연구에 사용한 헬기와 자동제세동기 ..... | 5  |
| 3. 연구 시행 순서 .....           | 5  |
| 4. 통계 분석 방법 .....           | 7  |
| III. 결과 .....               | 7  |
| IV. 고찰 .....                | 10 |
| V. 결론 .....                 | 15 |
| 참고문헌 .....                  | 16 |
| Abstract .....              | 20 |

## 그림 차례

|   |   |
|---|---|
| 그림 1. Block diagram of the study protocol .....   | 6 |
| 그림 2. Box plots of the intensity of vibration measured on the chest of the manikin, the chest of the volunteer, the stretcher, and the floor (n=80) ..... | 8 |
| 그림 3. Examples of downloaded ECG rhythms connected to a volunteer in an in-motion helicopter .....  | 9 |

## 표 차례

|  |    |
|--|----|
| 표 1. Performance of the AEDs according to the flying conditions in a manikin model and a human volunteer study ..... | 13 |
|--|----|

## 국문요약

헬기를 이용한 모의 중환자 이송 중의 자동제세동기의 기능 평가: 시뮬레이션 연구

## 내 용

목적: 환자 이송용 헬기는 중증도가 높은 환자들을 전문 처치가 가능한 병원으로 옮기기 위해서 운영된다. 중환자 이송 중에는 심정지 상황이 발생할 수 있으나, 비행 중인 환자 이송용 헬기 안에서 자동제세동기가 정확하게 심장리듬을 분석해낼 수 있는지에 대해서는 알려지지 않았다. 본 연구는 헬기 이송 도중 발생하는 진동이 자동제세동기의 심전도 판독에 영향을 준다는 가설을 확인하기 위해서 시행하였다.

연구방법: 시판 중인 자동제세동기를 중환자 이송용 헬기 내부에 설치하고 마네킹과 지원자의 심전도 리듬을 분석하였다. 부정맥 리듬 발생 장치를 이용하여 마네킹에서 심실세동, 정상동성리듬, 그리고 무수축리듬을 평가하였고, 지원자의 정상동성리듬도 평가하였다. 자동제세동기의 분석 정확도를 평가하였고, 분석을 시작하여 제세동을 결정하는 순간까지의 시간을 측정하였다. 헬기가 비행 중인 경우와 지상에 정지한 경우를 각각 실험하여 비교하였다.

결과: 실험에 사용한 모든 자동제세동기는 마네킹과 지원자의 심전도 리듬을 정확하게 분석하였다. 심실세동 분석에 대한

민감도는 100.0% (CI95: 91.2-100.0)였으며, 정상동성리듬과 무수축리듬에 분석에 대한 특이도는 100.0% (CI95: 91.2-100.0)였다. 비행중인 헬기에서 지원자의 심전도 리듬은 진동에 의해 흔들리는 노이즈를 보였지만 정상동성리듬을 정확히 분석하였다. 헬기의 진동은 진동측정계를 이용하여 평가하였는데, 헬기 바닥의 진동은 중위수값  $6.6 \text{ m/s}^2$  (IQR  $5.5-7.7 \text{ m/s}^2$ )으로 측정되었고, 환자이송용 침상에 놓힌 마네킹과 지원자의 흉부에서는 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. (마네킹 진동 중위수값  $3.1 \text{ m/s}^2$  IQR  $2.2-4.0 \text{ m/s}^2$  ; 지원자 진동 중위수값  $0.95 \text{ m/s}^2$  IQR  $0.65-1.25 \text{ m/s}^2$ ).

결론: 본 연구 결과는 중환자 이송 헬기에서 시판 중인 자동제세동기를 사용해 볼 수 있다는 것을 확인시켜 주었다. 하지만 실제 환자에게 적용하기 전에 동물 실험을 이용해서 확인할 필요가 있을 것이다.

---

핵심되는 말 : 자동제세동기; 제세동; 항공 중환자 이송; 지원자; 마네킹.



헬기를 이용한 중환자 이송에서 자동제세동기의 기능 평가:  
시뮬레이션 연구

<지도교수 박인철>

연세대학교 대학원 의학과

제 상 모

I. 서론

항공 이송은 전체 환자 이송 체계 내에서 주로 중환자 이송에 많이 사용한다. 항공 이송은 외상 환자를 현장에서 빠르게 전문 병원으로 옮길 때, 불안정한 내과적 중환자를 병원간에 이송할 때, 특수 진료가 필요한 환자를 이송할 때 주로 사용한다. 미국의 항공 환자 이송 협회의 자료에 따르면 2009년 307개의 업체가 1176곳의 항공기를 이용하여 환자를 이송하고 있다.<sup>1</sup> 각 항공 이송 프로그램은 연간 평균 876명의 환자를 이송 했고, 이중 68.5%가 병원간 환자 이송이었다고 한다.<sup>2</sup>

헬기를 이용한 환자 이송은 특히 중환자 이송에 초점을 맞추고 있다. 기존의 보고에 의하면 헬기 환자 이송 도중 약 3.4%에서 5%에서 심정지가 발생하였다고 한다.<sup>3,4</sup> 그리고 이송팀이 처치했던 심정지 환자의 환자의 13.1%에서 17.8%에서 제세동이 시행되었다고 한다.<sup>4,5</sup> 심정지 환자는 헬기 환자 이송의 모든 단계에서 관찰된다. 많은 헬기 환자 의료진은 외상 환자 발생 현장이나 병원간 이송 중에 제세동기를 준비한다.<sup>6</sup> 헬기 이송은 매우 시끄럽고, 좁고, 헬기의

진동 때문에 전문심폐소생치료를 시행하기가 어렵다.<sup>7,8</sup>

현재의 심폐소생술 지침은 이동 중인 구급차에서는 차량의 움직임 때문에 발생하는 심실세동과 유사한 노이즈가 자동제세동기의 분석을 방해할 수 있고, 이 때문에 구급차에서 자동제세동기를 사용하지 말도록 권장하고 있다.<sup>9</sup> 반면에 자동제세동기를 이송 중인 차량, 배, 구명 보트에서 사용할 수 있다는 연구들도 있었다.<sup>10,11</sup> 하지만 아직 중환자를 이송하는 헬기에서 시행된 연구는 아직 없었다. 이번 연구는 비행 중인 헬기에서의 자동제세동기의 성능을 평가하기 위해서 계획되었다. 이번 연구에서는 헬기 이송 도중에 발생하는 진동이 자동제세동기의 심전도 판독에 치명적인 영향 (i.e., inappropriate shocks, analysis delay)을 줄 수 있다고 가정하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 연구 디자인

이번 연구는 자동제세동기를 이용한 무작위 대조군 비교 연구이다. 비행 중인 헬기에서 시행한 자동제세동기 성능 평가를 실험군으로 정지 중인 헬기에서 시행한 자동제세동기 성능 평가를 대조군으로 비교하였다. 이 연구는 마네킹과 지원자를 이용하여 두 차례 반복하였다: (a) 마네킹 1개 (ALS simulator, Laerdal, Norway, height 167 cm, weight 24 kg) and (b) 남성 지원자 1명 (height 180 cm, weight 81 kg, BMI 25.0 kg/m<sup>2</sup>). 부정맥 시뮬레이터 (VitalSim for the ALS simulator, Laerdal, Norway)를 이용하여 세 가지 심장 리듬 (정상동성리듬, 심실세동, 무수축리듬)을 무작위 순서로 발생시켜 심장 리듬과 제세동기마다 각각 40회씩 평가하였다.

## 2.2. 연구에 사용한 헬기와 자동제세동기

이번 연구에 사용된 헬기는 대한민국 공군에서 환자 이송용으로 사용하는 UH60 (Sikorsky, USA)이었다. 환자 이송용 침상은 헬기 진행 방향에 맞게 고정되었다. 각 실험은 훈련 중에 시행되었으며, 헬기 이륙이나 착륙 동안에는 시행하지 않았다. 비행 속도는 80에서 120노트이었고, 풍속은 비행에 큰 영향을 주지 않는 강도(30노트 이하)이었다. 실험 중에 난기류는 발생하지 않았다.

세가지 자동제세동기 (A: Lifegain HD1, CU Medical Systems Inc., Korea; B: Heartstart MRx, Phillips, USA; C: Lifepak 12, Medtronic, USA)가 마네킹 실험에 사용되었다. 실험을 위해서 각 판매회사의 협조를 구하여 시판 중인 자동제세동기를 제공받았다. 모든 제세동기는 제세동 버튼을 직접 눌러야 하는 반자동 형태였으며, 심전도와 혈압, 산소포화도 등을 모니터 할 수 있으며, 수동제세동과 경피심박조율도 가능한 다목적 모니터 겸용 자동제세동기였다. 지원자에 대한 실험에서는 자동제세동기 C의 판매회사의 협조가 어려워 자동제세동기 A와 B만 평가할 수 있었다.

## 2.3. 연구 시행 순서

먼저 마네킹을 헬기 내부의 환자 이송용 침상 (35-A Mobile Transporter, Ferno Aviation, Inc.)에 고정시킨다. 그 다음 제세동기 패드를 마네킹의 흉부에 부착된, 두 개의 1.5 인치 지름의 원형 금속판에 부착시킨다. 패드는 면 테이프를 이용하여 마네킹 피부와 다시 한 번 고정하여, 불필요한 패드와 마네킹 피부 간의 접촉 불량을 최소화시켰다. 사람(지원자)을 이용한 시험에서는 자동제세동기 패드를 우측 흉부와 좌측 흉부 외측 (conventional sterno-apical position)에 부착시켰다. 지원자는 무의식 상태를

흉내내어 누워있었다. 사람의 피부는 마네킹 피부처럼 진동에 의하여 심하게 흔들리지 않았기 때문에, 면테이프로 고정하지는 않았다. 연구자들은 마네킹의 심전도 리듬을 미리 정해놓은 난수표를 이용하여 무작위 순서로 발생시켰고, 자동제세동기의 분석 시작 순간부터 분석을 끝마치고 제세동을 안내할 때까지의 시간을 기록하였다. 실험 시행 순서는 그림 1에 표시하였다. 헬기의 소음 때문에 관찰자들은 자동제세동기의 음성 안내를 들을 수가 없었고, 모니터 상에 표시되는 제세동 안내를 기준으로 시간을 기록했다. 이 때문에 시간을 측정하는 관찰자가 무작위로 발생된 리듬을 연구 중에 확인할 수 있었다.

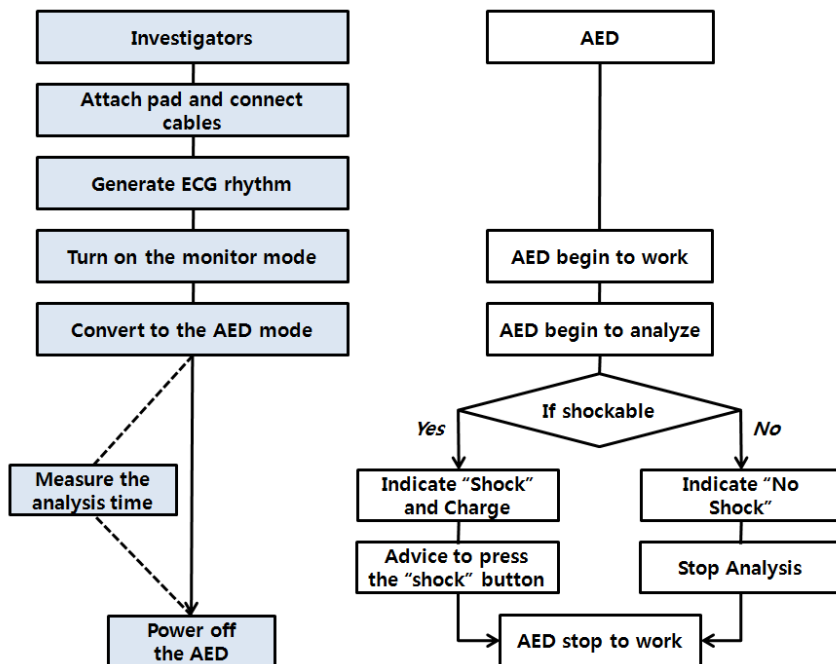


Fig. 1. Block diagram of the study protocol.

이번 실험에서는 헬기에서 전달되는 진동 강도를 진동 측정계

(VM-6360, LANDTEK, Norway)를 이용하여 평가하였다. 진동 계는 진동 측정 지표 (e.g. acceleration, velocity)를 평가하여 관찰 대상의 상태를 평가하는 기계이다<sup>12,13</sup>. 진동 센서는 마네킹과 지원자의 흉부(심폐소생술 시의 흉부압박 위치)에 부착하여, 상하 진동 (Z-axis)을 각각 80회 측정하였다. 헬기의 바닥과 환자 이송 침상에서의 진동도 각각 80회 측정하였다.

#### 2.4. 통계 분석 방법

통계 분석을 위해서 SPSS 12.0 (SPSS Inc., USA)를 사용하였다. 진동 강도는 중위수와 사분위범위를 이용하여 표현하였고, 마네킹과 지원자에서의 진동, 헬기 바닥의 진동, 환자 이송 침상의 진동은 Kruskal-Wallis test를 이용하여 비교하였다. 비행 중인 헬기와 지상에 정지한 헬기에서의 자동제세동기 분석시간 비교는 Mann-Whitney U test를 이용하여 분석하였다. P값이 0.05 이상일 때 통계적으로 의미있다고 하였다.

### III. 결과

모든 제세동기들은 헬기가 비행 중일 때와 정지 상태일 때 모두에서 정확하게 심전도 리듬을 분석하고 제세동 실행 여부를 안내하였다. 심실 세동의 분석에 대한 민감도는 100.0% (CI95 91.2-100.0)였으며, 정상동성리듬과 무수축 리듬 분석에 대한 특이도 역시 100.0% (CI95 91.2-100.0)였다. 비행 중인 헬기에서 지원자에게 자동제세동기를 연결하여 실험하였을 때에도 모두 정확하게 판정하였다. 실험 중 리듬 분석에 문제를 보인 자동제세동기는 없었으며, 지원자의 정상동성리듬 분석에 대한 특이도는 100.0%

(CI95 91.2-100.0)였다.

Table 1. Performance of the AEDs according to the flying conditions in a manikin model and a human volunteer study. Data are presented as time data from the start of the AED analysis to shock recommendation (seconds, Interquartile range).

| ECG rhythms              | AEDs | Stationary helicopter (n=40) | In-motion helicopter (n=40) | P-value* |
|--------------------------|------|------------------------------|-----------------------------|----------|
| Normal sinus rhythm      | A    | 9.0 (8.9-9.1)                | 9.1 (9.0-9.2)               | <0.01    |
|                          | B    | 8.2 (8.0-8.4)                | 8.3 (8.1-8.5)               | <0.01    |
|                          | C    | 6.7 (6.4-7.0)                | 8.7 (7.9-9.6)               | <0.01    |
| Asystole                 | A    | 8.9 (8.8-9.0)                | 9.0 (8.9-9.1)               | <0.01    |
|                          | B    | 8.1 (8.0-8.2)                | 8.3 (8.1-8.5)               | <0.01    |
|                          | C    | 6.7 (6.0-7.4)                | 7.3 (6.2-8.4)               | 0.01     |
| VF                       | A    | 14.4 (14.2-14.6)             | 14.8 (14.3-15.3)            | <0.01    |
|                          | B    | 11.9 (11.8-12.0)             | 12.1 (12.0-12.2)            | <0.01    |
|                          | C    | 13.4 (12.5-14.3)             | 14.2 (13.1-15.3)            | <0.01    |
| Volunteer's sinus rhythm | A    | 9.0 (8.9-9.1)                | 9.1 (9.0-9.2)               | <0.01    |
|                          | B    | 7.7 (7.5-7.9)                | 7.8 (7.7-7.9)               | <0.01    |

\* P values were calculated by Mann-Whitney test.

자동제세동기가 분석을 시작하는 순간부터 제세동을 결정하여 안내하는 시간을 기록하여 분석한 결과는 표 1과 같다. 여기에서는 분석 시간이 헬기가 정지 중일 때와 비행 중일 때가 통계적으로

유의한 차이를 보였다.

진동량을 측정된 결과는 그림 2와 같다. 비행 중인 헬기의 진동은 헬기의 바닥에서부터 환자 침상, 마네킹과 지원자의 흉부를 통해 전달되면서 점차로 줄어들었다. 마네킹에서의 진동 (median 3.1 m/s<sup>2</sup>, IQR 2.2-4.0 m/s<sup>2</sup>)은 지원자에서의 진동 (median 0.95 m/s<sup>2</sup>, IQR 0.92-0.98 m/s<sup>2</sup>)보다 훨씬 컸다.

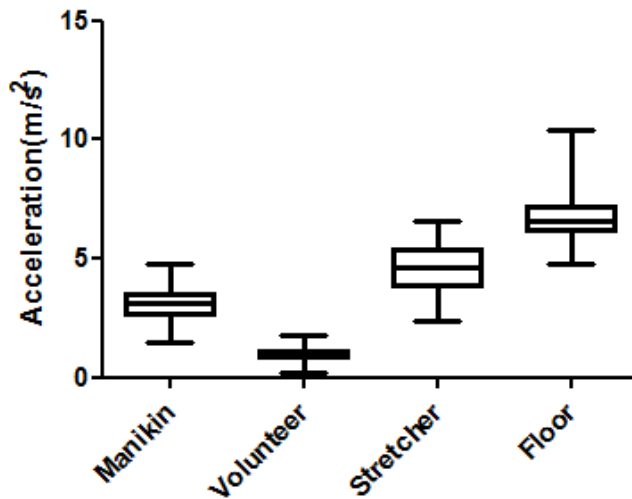


Fig. 2. Box plots of the intensity of vibration measured on the chest of the manikin, the chest of the volunteer, the stretcher, and the floor (n=80). P values are statistically significant by the Kruskal-Wallis test. The Mann-Whitney test are conducted to calculate p values between the volunteer and the manikin test, the manikin and the stretcher test, and the stretcher and the floor test (p <0.01, <0.01, <0.01, respectively).

#### IV. 고찰

최근 시판되는 자동제세동기는 심전도 분석을 방해하는 주변의 노이즈 신호를 제거할 수 있는 기술을 갖추었다. 본 연구에서는 시판되고 있는 자동제세동기를 비행 중인 헬기에서 평가하였다. 실험 결과 자동제세동기의 분석 정확도는 비행 중인 헬기에서도 변하지 않았다. 총 880번의 실험에서 자동제세동기가 심전도 리듬을 잘못 판단한 경우는 한 번도 없었다. 하지만 자동제세동기의 분석 시간은 헬기가 비행 중일 때 지연되었다. 제세동기별로 측정 시간의 차이(중위수)는 헬기가 정지하였을 때와 비교하여 0.2초에서 2초였다. 심실세동의 분석의 경우에는 분석에서 제세동 가능한 시점까지 모든 제세동기가 10초 이상 걸렸다. 제세동까지의 시간이 많이 걸릴수록 제세동의 성공률이 떨어진다는 기존의 연구와 비교하면<sup>14</sup>, 이러한 시간 지연을 줄일 수 있는 기술이 더욱 개발되어야 한다는 사실을 알 수 있었다.

현재의 한국 공용 심폐소생술 지침은 자동제세동기를 이송 중인 차량 안에서는 사용하지 않도록 권고하고 있다.<sup>9</sup> 하지만 항공 이송은 지상 이송과는 다르게 자동제세동기 분석을 위해서 항공기를 잠시 정지하기 어렵다. 또한 많은 상업항공사들이 자동제세동기를 비행 중인 항공기에서 사용하고 있고, 실제 환자의 심실세동과 심실빈맥을 자동제세동기를 이용하여 성공적으로 치료한 경우를 보고하고 있다.<sup>15,16</sup> 미국 연방 항공청 (Federal Aviation Administration; FAA)은 2001년 안전 관리 지침에서 2004년까지 모든 상업 항공사들이 자동제세동기를 구비하고 승무원 중 1명 이상에게 사용법을 교육하여야 한다고 정했다.<sup>17</sup> 상업 항공사에서 자동제세동기 사용 기록을 분석한 연구에서는 자동제세동기가 비행 중에 발생한



심실세동과 심실빈맥 환자의 50%를 회복시켰으며, 전체 심인성 심정지 환자의 15%를 회복시키는데 도움이 되었다고 한다. 또한 자동제세동기는 항공기로 이송 중인 환자의 지속 평가를 위해서도 자주 사용된다고 한다.<sup>18</sup>

이번 연구에서 사용된 세가지 자동제세동기는 비행 중인 헬기 안에서 심전도를 정확하게 분석하였다. 이것은 미국심폐소생 협회가 정한 자동제세동기의 성능 평가 기준을 만족하는 것이다.<sup>19</sup> 기존의 다른 연구들에서도 이동 중인 차량이나 배, 구명보트에서도 자동제세동기를 사용할 수 있었다는 기록이 있다.<sup>10,11</sup> 조 등은 다섯 가지의 시판 중인 자동제세동기를 마네킹을 이용해서 이동 중인 구급차에서 평가하였고, 자동제세동기가 제세동이 필요한지를 정확하게 분석하였다고 보고하였다.<sup>20</sup> 윤 등은 두 가지의 자동제세동기를 진동발생장치를 이용하여 만들어진 진동 ( $0.5\text{--}5\text{ m/s}^2$ ) 환경에서 평가하였다. 두 가지 마네킹과 돼지를 이용한 실험에서 진동이 커질수록 자동제세동기의 분석 정확도가 감소하였다고 보고하였다.<sup>12</sup> 이 실험에서는 구급차에서 마네킹의 흉부에서 진동을 측정하고 이와 유사한 강도의 진동 발생 실험을 하였다. 하지만 이번 논문에서는 헬기에서의 진동을 헬기의 바닥에서의 진동 (median  $6.6\text{ m/s}^2$ , IQR  $5.5\text{--}7.7\text{ m/s}^2$ )까지 측정하였으며, 이것은 윤 등이 평가한 강도의 진동 ( $0.5\text{--}5\text{ m/s}^2$ )보다 강한 것이었다. 하지만 윤 등의 실험에서와 다르게 이번 실험에서는 자동제세동기의 정확도가 높게 평가되었다. 이에 대한 이유는 구급차와 헬기의 진동 특성이 다르기 때문으로 추정된다. 헬기의 진동은 기본적으로 주기적 (sinusoidal)인 진동이다. 진동을 일으키는 엔진과, 회전 날개는 서로 간섭 현상을 일으키며 일정한 진동을 발생시킨다. 하지만 지상의 차량에서 발생하는 진동은 진폭도 크고 무작위로 발생하는 특성을 가진다.

땅과 도로 상태, 자동차의 현가 (suspension) 장치, 이의 상호작용 모두가 진동을 발생시킨다.<sup>21</sup>

이번 연구에서는 헬기의 바닥에서 측정된 진동은 헬기의 바닥에서 환자 침상, 그리고 마네킹이나 지원자로 전달되면서 상당히 감소한다는 사실을 알 수 있었다. (floor median  $6.6 \text{ m/s}^2$  IQR  $5.5\text{--}7.7 \text{ m/s}^2$ ; stretcher median  $4.6 \text{ m/s}^2$  IQR  $3.8\text{--}5.4 \text{ m/s}^2$ ; manikin median  $3.1 \text{ m/s}^2$  IQR  $2.2\text{--}4.0 \text{ m/s}^2$ ; human volunteer median  $0.95 \text{ m/s}^2$  IQR  $0.65\text{--}1.25 \text{ m/s}^2$ ) 기존의 연구<sup>22,23</sup>에서 밝혀진 상업용 차량의 진동 (e.g. car  $0.5 \text{ m/s}^2$ , bus  $0.6 \text{ m/s}^2$ , helicopter  $0.8 \text{ m/s}^2$ )과 비교하면 마네킹과 지원자의 흉부에서 측정된 진동도 상당히 큰 편이었다. 중환자 이송용 헬기에서의 진동 노출에 대한 연구는 이전에는 없었기 때문에, 이번 보고가 첫 참고 자료가 될 것으로 생각된다. 자동제세동기의 자동 분석 기능에 영향을 주는 진동에 의한 노이즈는 환자의 몸과 환자에게 붙이는 패드 사이의 진동에서 발생할 것으로 보인다. 따라서 헬기에서의 진동이 컸지만 그 진동이 환자에게로 전달되면서 감소하였고, 환자와 패드 사이의 진동도 헬기의 진동이 모두 전해지는 것은 아니라는 사실을 알 수 있었다. 이 때문에 자동제세동기의 분석에도 헬기의 진동 영향이 적었을 것으로 생각된다. 앞으로 환자 이송용 침상의 진동을 더욱 감소시킬 수 있는 기술을 적용할 수 있다면, 자동제세동기의 분석에 영향을 미치는 진동의 영향도 더욱 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

이번 연구에서 자동제세동기가 높은 정확도를 보였지만, 이번 연구만으로 비행 중인 헬기에서 환자에게 안전하게 자동제세동기를 사용할 수 있다고 말할 수는 없다. 실제로 지원자에서 심전도 리듬이 흔들리며 심실세동과 흡사한 모습을 보이는 것을 관찰할 수 있었다(그림 3). 자동제세동기는 1-30Hz 범위 바깥의 신호는

노이즈로 판단하고 분석과 기록에서 자동적으로 배제시킨다. 따라서 관찰된 노이즈는 생체 심전도 신호와 비슷한 파형의 신호라고 생각할 수 있다. 이러한 생체 심전도와 유사한 노이즈는 자동제세동기의 제세동 결정에 영향을 미칠 수 있다. 진동에 의한 노이즈를 심실세동으로 잘못 분석하면 정상동성리듬을 가진 환자에서 제세동을 가할 수도 있다. 부적절한 제세동은 치명적인 제세동을 야기할 수 있다.<sup>24</sup> 더구나 심실세동 형태의 노이즈는 무수축 리듬에도 불필요한 제세동을 가하게 함으로써 효과적인 심폐소생술을 지연시키고 해를 가할 수 있다.<sup>25</sup>

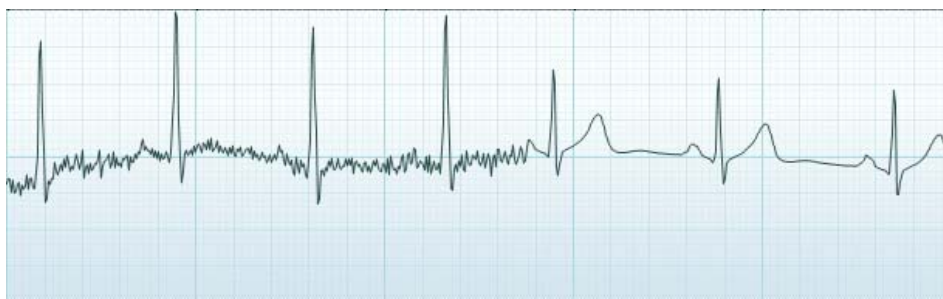


Fig. 3. Examples of downloaded ECG rhythms connected to a volunteer in an in-motion helicopter. VF-like baseline artifacts were found in the recorded ECG rhythms during a simulated rotor wing critical care transport.

그렇다면 자동제세동기를 비행 중인 헬기에서 어떻게 사용해야 할 것인가에 대한 질문이 발생한다. 이번 연구를 수행하면서 생긴 의문은 자동제세동기가 비행 중인 헬기에서 분석 에러를 일으킬 가능성이 있다는 사실이다. 하지만 헬기의 진동은 자동제세동기 뿐만 아니라 환자 이송 중인 의료진의 판단에도 영향을 줄 수 있다. 또한

환자의 리듬을 전송받아서 협력 진료를 하는 지상의 의료진에게도 혼란을 줄 수 있다. 노이즈가 없는 일반적인 환자 분석 상황에서도 의료진에 의한 수동 제세동의 결정이 자동제세동기보다 빠르지만 더 부정확하다는 기존의 연구<sup>26</sup>를 고려한다면, 헬기의 진동과 진동에 의한 심전도의 노이즈는 자동제세동기보다 의료진에게 더 나쁜 영향을 줄 수도 있을 것이라고 판단된다. 이러한 점을 밝히기 위해서는 더 많은 연구가 필요하며, 비행 중인 헬기에서 안전하게 환자에게 사용할 수 있는지 확인하기 위해서는 자동제세동기가 진동에 의한 노이즈를 더욱 줄일 수 있는지에 대한 연구도 필요하다.

이번 연구에서는 해결하지 못한 몇 가지 제한점이 있었다. 먼저 이 연구는 마네킹을 이용해서 시행되었다. 윤 등의 연구에서는 마네킹은 돼지를 이용한 실험에서 보다 진동에 의한 심전도의 변화가 더욱 적었다고 한다.<sup>12</sup> 본 연구에서도 마네킹의 실리콘 피부가 얇고 진동에 심하게 반응하며 더 많은 노이즈를 보였지만, 실리콘 피부의 진동을 줄이기 위해서 면테이프를 붙이자 심전도의 변화가 적어졌다. 헬기에서도 사람에게 얻은 자료나 동물 실험을 시행한다면 현실에 더 가까운 결과를 얻을 수 있을 것이다. 두 번째로 이번 실험에서는 다양한 부정맥을 실험해보지 못했다. 이번 실험에 사용한 부정맥 발생기는 시판 중인 마네킹에 사용하는 모델로서 내부 메모리에 기록된 심전도만 재생시킬 수 있었다. 따라서 다양한 환자의 심전도 리듬을 평가하지 못하고 같은 리듬을 반복해서 평가해야 했다. 또한 자동제세동기의 분석 기능 평가에 중요한 심실빈맥 평가를 수행하지 못했다. 녹화된 심실세동은 단형성 심실세동인데, 자동제세동기는 다형성 심실세동만을 제세동 가능한 리듬으로 인식하기 때문에 이번 실험에서는 사용할 수 없었다. 세 번째로 측정 채널이 하나인 진동 측정기를 사용하였다. 헬기의 바닥과 환자 침상, 마네킹과 지원자의

진동을 측정할 때 측정 채널이 여러 개인 진동 측정기를 사용하면 동시간대의 진동량을 비교할 수 있다. 그러나 측정 채널이 하나인 진동 측정계를 사용하였기 때문에 진동을 비교함에 있어서 오차가 있을 수 있다. 마지막으로 헬기 이송 중 발생하는 소음에 의한 영향을 연구 과정에 고려하지 못했다.

## V. 결론

이번 연구에 사용한 자동제세동기들은 모두 비행 중인 헬기 내에서 심전도 리듬을 정확히 분석하였다. 마네킹을 이용한 모의 훈련에서는 비행 중인 헬기의 진동이 자동제세동기의 심전도 분석 정확도에 영향을 주지 않았다. 이번 연구에서 자동제세동기는 높은 정확도를 보여주었지만, 앞으로 실제 환자에서 사용하기 위해서 추가적인 임상 연구와 실험 연구가 필요하다.

## 참고문헌

1. Association of Air Medical Services. Atlas and database of air medical services. 7th Ed. September 2009. Available at [http://www.adamsairmed.org/pubs/ADAMS\\_Intro.pdf](http://www.adamsairmed.org/pubs/ADAMS_Intro.pdf). Accessed June 11, 2010.
2. Mayfield T. 1994 annual transport statistics and transport fees survey. *Air Med J* 1994;13:132-5.
3. Herron H, Johnson R, Childress S, Falcone RE. Trauma and non-trauma cardiopulmonary arrest: A national survey. *Air Medical J* 1995;14:61-4.
4. Frakes M, O'Donnell S, Sahjian M. Need for defibrillation during cardiac arrest management by rotor wing critical care transport teams. *Air Med J* 2006;25:211.
5. Falcone RE, Herron H, Johnson R, Childress S, Lacey P, Scheiderer G. Air medical transport for the trauma patient requiring cardiopulmonary resuscitation: A 10-year experience. *Air Med J* 1995;14:197-203.
6. Frakes MA, Neher SW. Defibrillator availability on rotor-wing. *Critical Care Transports*. *Air Med J* 2007;26:144-6.
7. Thomas SH, Stone CK, Bryan-Berge D, Hunt RC. Effect of an in-flight helicopter environment on the performance of ALS interventions. *Air Med J* 1994;13:9-12.
8. Hunt RC, Bryan DM, Brinkley VS, Whitley TW, Benson NH. Inability to assess breath sounds during air medical transport by helicopter. *JAMA* 1991;265:1982-4.

9. European Resuscitation Council. Part 4: The automated external defibrillator: key link in the chain of survival. *Resuscitation* 2000;46:73–91.
10. Neubauer B, Green WG. Automated external defibrillators on board merchant vessels? Preliminary report article for discussion. *Int Marit Health* 2005;56:78–89.
11. de Vries W, Bierens JJ, Maas MW. Moderate sea states do not influence the application of an AED in rigid inflatable boats. *Resuscitation* 2006;70:247–53.
12. Yun JG, Jeung KW, Lee BK, Ryu HH, Lee HY, Kim MJ, et al. Performance of an automated external defibrillator in a moving ambulance vehicle. *Resuscitation* 2010;81:457–62.
13. Chung TN, Kim SW, Cho YS, Chung SP, Park IC, Kim SH. Effect of vehicle speed on the quality of closed–chest compression during ambulance transport. *Resuscitation* 2010;81:841–7.
14. Edelson DP, Abella BS, Kramer–Johansen J, Wik L, Myklebust H, Barry AM et al. Effects of compression depth and pre–shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest *Resuscitation* 2006;71:137–45.
15. O’Rourke MF, Donaldson E, Geddes JS. An airline cardiac arrest program. *Circulation* 1997;96:2849–53.
16. Page RL, Joglar JA, Kowal RC, et al. Use of automated external defibrillators by a U.S. airline. *N Engl J Med* 2000;343:1210–6.
17. Federal Aviation Administration (FAA), DOT. Emergency medical equipment. Final rule. *Fed Regist* 2001;66:19028–46.
18. Brown AM, Rittenberger JC, Ammon CM, Harrington S, Guyette

FX. In-flight automated external defibrillator use and consultation patterns. *Prehosp Emerg Care* 2010;14:235-9.

19. Kerber RE, Becker LB, Bourland JD, Cummins RO, Hallstrom AP, Michos MB, et al. Automatic external defibrillators for public access defibrillation: recommendations for specifying and reporting arrhythmia analysis algorithm performance, incorporating new waveforms, and enhancing safety. *Circulation* 1997;95:1677-82.

20. Cho JH, Chung SP, Chung HS, Kim SH, Lee HS. Accuracy of automated external defibrillators during ambulance transport: simulation study. *J Korean Soc Emerg Med* 2008;19:449-53.

21. MIL-STD-810G. Department of defense test method standard: environmental engineering considerations and laboratory tests. October 2008. Available at [http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD+\(0800+--+0899\)/MIL-STD-810G\\_12306/](http://www.everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD+(0800+--+0899)/MIL-STD-810G_12306/) Accessed June 11. 2010.

22. Palmer KT, Griffin MJ, Bendall H, Pannett B, Coggon D. Prevalence and pattern of occupational exposure to whole body vibration in Great Britain: findings from a national survey. *Occup Environ Med* 2000;57:229-36.

23. Bongers PM, Hulshof CTJ, DIJKSTRA L, Boshuizen HC, Groenhout HJM, Valken E. Back pain and exposure to whole body vibration in helicopter pilots. *Ergonomics*. 1990;33:1007-1026.

24. Lederer W, Wiedermann FJ, Cerchiari E, Baubin MA. Electricity-associated injuries I: outdoor management of current induced casualties. *Resuscitation* 1999;43:69-77.

25. Kramer-Johansen J, Edelson DP, Abella BS, Becker LB, Wik L,



Steen PA. Pauses in chest compression and inappropriate shocks: A comparison of manual and semi-automatic defibrillation attempts. *Resuscitation* 2007;73:212-20.

26. Aramendi E, de Gauna SR, Irusta U, Ruiz J, Arcocha MF, Ormaetxe JM. Detection of ventricular fibrillation in the presence of cardiopulmonary resuscitation artefacts. *Resuscitation* 2007;72:115-23.

## Abstract

Performance of an Automated External Defibrillator  
During Simulated Rotor-Wing Critical Care Transports

Sang Mo Je

*Department of Medicine*  
*The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor In Cheol Park)

**Objective:** This study aimed to evaluate whether three automated external defibrillators (AED) function properly in analyzing the heart rhythm during a simulated rotor wing critical care transport. We hypothesized that AED analysis of the simulated rhythms during a helicopter flight result in significant errors (i.e, inappropriate shocks, analysis delay).

**Methods:** Three commercial AEDs were tested for the accuracy in analyzing the heart rhythm in a helicopter using a manikin and a human volunteer. Ventricular fibrillation (VF), sinus rhythm, and asystole were simulated by using an arrhythmia simulator of the manikin. The time required to recommend shock delivery were collected on a stationary and in-motion helicopter. Sensitivity and specificity of three AEDs were also calculated. Vibration intensities were measured

with a digital vibration meter placed on the chest of the manikin / human volunteer both on the stretcher and on the floor of the helicopter.

Results: All AEDs correctly recommended shock delivery for the cardiac rhythms of the manikin. Sensitivity for VF was 100.0% (CI95: 91.2–100.0) and specificity for sinus rhythm and asystole were 100.0% (CI95: 91.2–100.0). Although the recorded ECG rhythms of the volunteer in an in-motion helicopter showed baseline artifacts, all AEDs analyzed correctly the cardiac rhythms of the volunteer and did not recommend shock delivery. On the floor of the helicopter, the median measured vibration intensity was  $6.6 \text{ m/s}^2$  (IQR  $5.5\text{--}7.7 \text{ m/s}^2$ ) with significantly less vibrations were transmitted to the manikin and human volunteer chest (manikin median  $3.1 \text{ m/s}^2$  IQR  $2.2\text{--}4.0 \text{ m/s}^2$ ; human volunteer median  $0.95 \text{ m/s}^2$  IQR  $0.65\text{--}1.25 \text{ m/s}^2$ ).

Conclusion: This study suggested that current AEDs could correctly analyze the heart rhythm during simulated helicopter transport. Further studies using an animal model would be needed before applying to patients.

---

Key Words : Automated external defibrillator; Defibrillation; Rotor Wing Critical Care Transport; Volunteer; Manikin.