

옥시레이터 EM-100을 활용한 환기량과 기도내압 비교

신소연 · 노상균*[†]

원광대학교 일반대학원 보건학과, *선문대학교 응급구조학과

Comparison of Ventilatory Volume and Airway Pressures Using Oxylator EM-100

So-Yeon Shin · Sang-Gyun Roh*[†]

Dept. of Public Health, Graduate School of Wonkwang Univ.

*Dept. of Emergency Medical Services, Sunmoon Univ.

(Received August 12, 2015; Revised August 25, 2015; Accepted August 25, 2015)

요 약

이 연구는 RespiTrainer를 활용한 옥시레이터 EM-100 환기에서 기관내삽관, 킹후두관기도기, 아이-겔, 마스크를 통한 호흡량과 기도압을 비교 분석하였다. 실험기간은 2015년 7월 20일부터 7월 21일까지이며, 수집된 자료는 SPSS 18.0을 이용하여 분석하였다. 연구결과 기관내삽관이 537 ml (95% CI 530~545 ml), 킹후두관기도기 502 ml (95% CI 499~506 ml), 아이-겔 488 ml (95% CI 485~491 ml), 산소마스크 499 ml (95% CI 496~503 ml)의 환기량을 보였다. 기도압력은 기관내삽관이 11.34 cmH₂O (95% CI 11.21~11.41 cmH₂O), 킹후두관기도기 10.67 cmH₂O (95% CI 10.60~10.75 cmH₂O), 아이-겔 10.42 cmH₂O (95% CI 10.35~10.67 cmH₂O), 산소마스크 10.61 cmH₂O (95% CI 10.55~10.68 cmH₂O)로 측정되었다. 결과적으로 옥시레이터 EM-100을 이용한 인공호흡으로 적절한 호흡량이 전달되는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the ventilatory volume and airway pressure of a facial mask, endotracheal intubation, King tube, and I-gel devices with an Oxylator EM-100 using a RespiTrainer. The data were obtained from July 20 to 21, 2015. Data were analyzed using SPSS WIN 18.0 software. The ventilatory volume for endotracheal intubation was 537 ml (95% CI 530~545 ml), that for the King tube was 502 ml (95% CI 499~506 ml), that for the I-gel was 488 ml (95% CI 485~491 ml), and that for the facial mask was 499 ml (95% CI 496~503 ml). The airway pressure for endotracheal intubation was 11.34 cmH₂O (95% CI 11.21~11.41 cmH₂O), that for the King tube was 10.67 cmH₂O (95% CI 10.60~10.75 cmH₂O), that for the I-gel was 10.42 cmH₂O (95% CI 10.35~10.67 cmH₂O), and that for the facial mask was 10.61 cmH₂O (95% CI 10.55~10.68 cmH₂O). As a result, we were able to identify the appropriate ventilatory volume using the Oxylator EM-100.

Keywords : Advanced airway, Airway pressure, Oxylator EM-100, Respitainer, Ventilatory volume

1. 서 론

1.1 연구의 필요성

심정지 환자에게 심폐소생술을 시행하는 동안 가슴압박 뿐만 아니라 기도유지와 적절한 환기를 제공해 주는 것은 대단히 중요하다. 기도유지가 잘 되지 않아 산소화가 불가능한 상황에서의 부적절한 환기는 환자의 생존과 사망, 정상기능의 회복과 장애를 결정하는 중요한 요인이 될 수 있다⁽¹⁾. 심폐소생술을 시행할 때 인공환기를 위해 주로 사용

되는 것은 백-벨브마스크(BVM)이며, 성공적인 백-마스크 환기를 위해서는 열려있는 기도와 적절한 마스크 밀착유무, 그리고 정확한 환기에 달려 있다. 2010년 미국심장협회 가이드라인에 따르면 효과적인 인공환기는 가슴이 올라올 정도로 대략 500~600 ml (6~7 ml/kg)의 일회 호흡량을 유지하여야 한다고 권장하고 있으며⁽²⁾, 과환기(hyperventilation) 및 과다량(high volume)의 인공호흡은 흉강내압의 증가로 심장으로 유입되는 혈류량을 방해하기 때문에 효율적인 가슴압박을 시행하여도 심박출량이 감소한다.

[†]Corresponding Author, E-Mail: emtno@hanmail.net
TEL: +82-41-530-2750, FAX: +82-41-530-2767

병원 전 심폐소생술 단계에서 구급차에 비치되어 있는 호흡보조 장비를 사용할 경우에는 전문기도삽관을 시행한 후 백-밸브마스크를 이용하여 환기하거나 전문기도삽관이 어렵거나 할 수 없을 경우에는 백-밸브마스크만을 사용하여 환기하고 있고, 자동식 산소소생기를 활용하여 호흡을 보조할 수 있다. 구조·구급에 관한 법률에 따르면 환자의 호흡보조를 위하여 후두경 등 기도삽관장치와 고정용·휴대용 자동식 산소소생기, 백-밸브마스크 등의 의료장비를 필수로 갖추도록 규정하고 있다⁽³⁾. 전문기도확보라 부르는 기관내삽관을 시행할 수 있는 세트와 후두튜브, 후두마스크, 아이-겔 등의 성문위기구로 구분할 수 있고, 이러한 기구를 이용한 기도확보를 전문기도확보라 하며, 국내 119 구급차에 비치되어 있다. 고정용·휴대용 자동식 산소소생기로 Oxy-Life[®] II, Oxylator[®] EM-100 등의 두 종류가 119 구급차에 비치되어 있으며, 이러한 자동식 산소소생기를 수요밸브 소생기(Demand valve)라 한다.

수요밸브 소생기와 관련된 선행 연구는 수요밸브와 포켓 마스크 환기에서 일회호흡량 비교⁽⁴⁾, 동물 기흉(pneumothorax) 모델에서의 수요밸브 환기비교⁽⁵⁾, 백-밸브마스크와 수요밸브 환기 비교⁽⁶⁾, 백-밸브마스크와 수요밸브 환기비교⁽⁷⁾ 등 국외에서 일부 찾아볼 수 있었고, 국내에서는 찾아볼 수 없었다. 수요밸브 소생기는 심폐소생술 단계에서 인공호흡을 위해 사용되기도 하고, 호흡이 불규칙한 상태에서 호흡보조를 위해 사용되기도 한다. 수요밸브 소생기는 백-밸브마스크에 비해 사용방법이 비교적 쉽고, 소생술 중 흡기 산소농도를 100%로 유지할 수 있어 고농도의 산소 공급이 가능하다. 반면, 매번 일정량의 산소 공급이 어려우며, 과도한 기도내압에 의해 위장으로 공기 유입을 발생시켜 역류성 및 흡입성 합병증이 발생할 수 있다⁽⁸⁻¹⁰⁾.

옥시레이터 EM-100을 이용하여 산소를 공급할 때에는 흡기 시간을 성인에서는 약 2초, 소아에서는 약 1초로 제한하여 사용할 것을 권고하고 있고, 전문기도삽관이 시행된 후부터 산소압력은 35 cmH₂O에 조정하여 시작하며, 필요시 압력을 조정하여 사용할 것을 권고하고 있다⁽¹¹⁾. 이는 2005년 미국심장협회 가이드라인 기준 이전의 권고 사항이며⁽¹²⁾, 2005년과 2010년 미국심장협회 가이드라인 기준에 따르면⁽²⁾ 인공호흡 방법은 과환기를 방지하기 위하여 성인에서는 1초 동안 가슴이 올라올 정도인 500~600 ml의 일회호흡량으로 호흡보조를 권고하고 있음에도 불구하고

고 새롭게 개정된 2010년 가이드라인의 권고사항을 따르지 않고 있다. 따라서 이 연구는 옥시레이터 EM-100의 사용설명서에 소개되어 있는 권고 기준이 아닌 2010년 가이드라인을 근거로 흡기시간을 1초, 기도내 공급압력은 수요밸브 소생기에 설정되어 있는 최소압력인 25 cmH₂O에 맞추어 환기량(ventilatory volume)과 기도압(airway pressure)을 평가하고자 한다.

1.2 연구의 목적

이 연구는 기관내삽관, 킹후두관기도기, 아이-겔 등의 전문기도삽관을 시행한 후 수요밸브 소생기를 이용한 환기, 그리고 입인두기도기를 삽입한 후 옥시레이터 EM-100에 산소마스크를 이용한 환기에서 호흡량과 기도압을 비교 분석하여 심정지 현장에서 옥시레이터 EM-100을 이용한 효과적인 환기 방법을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

2. 연구방법

2.1 실험설계 및 자료수집

이 연구는 옥시레이터 EM-100을 이용하여 폐에 전달되는 환기량을 RespiTrainer[®] Advance로 측정하여 비교 분석한 연구이다. 모든 삽관은 응급의료센터 근무 동안 다수의 기관내삽관의 경험을 갖고 있는 응급구조학과 교수 1인과 1급응급구조사 1인이 시행하였다. 전문기도삽관을 시행한 후 옥시레이터 EM-100을 이용하여 환기량과 기도압의 차이를 분석하였고, 입인두기도기(OPA)만 삽입한 후 옥시레이터 EM-100을 산소마스크와 연결하여 1인 환기법(one hand method)을 이용하여 환기량과 기도압 차이를 분석하였다.

환기방법은 옥시레이터 EM-100의 산소공급버튼을 1초 동안 누른 후 RespiTrainer[®] software를 이용하여 자료를 수집하였다. 연구자들은 초시계(stopwatch)를 이용하여 1초 동안 산소공급버튼을 누르는 연습을 30분 동안 충분히 시행하였고, 모든 장비 종류 별 각각 100회의 환기를 시행한 후 산소공급버튼을 1.10초 초과한 경우와 0.90초 미만으로 누른 경우를 제외하고, 1.10초에서 0.90초 이내에 산소공급버튼을 누른 경우만을 연구에 이용하였다. 종류 별 각각 70회의 환기 횟수를 수집하였고, 산소공급 소요시간은 평균 기관내삽관 1.00초(±.04), 킹후두관기도기 1.01초(±.05), 아이-겔 0.99초(±.05), 산소마스크 1.00초(±.04)에

Table 1. Time of Oxygen Supply

Variables	Number of ventilation	Mean (s)	Min	Max	SD	F	p
Endotracheal tube ^a	70	1.00	.91	1.09	.048	1.119	.342
King tube ^b	70	1.01	.90	1.10	.054		
I-gel ^c	70	.99	.90	1.10	.056		
Oxylator with mask ^d	70	1.00	.91	1.10	.041		

시행되었으며, 모든 변수 간 통계적 유의성이 없었으며, 각 변수 간 평균과 표준편차의 차이가 크지 않은 점을 고려한다면 실험에서 1초 동안 산소공급버튼을 적절히 누른 것으로 볼 수 있다(Table 1). 모든 환기 동안에는 연구자가 RespiTrainer® Advance의 가슴상승을 볼 수 없도록 가슴 부위를 가린 후 시행하였다. 실험기간은 2015년 7월 20일부터 7월 21일까지 진행하였다.

2.2 실험도구

2.2.1 옥시레이터 EM-100

옥시레이터 EM-100(Roswell, USA)은 기도저항(resistance)과 순응도(compliance)는 폐 질환이 없는 건강인의 평균치인 5 cmH₂O/L/s와 50 ml/cmH₂O, 기도내 공급압력(Airway pressure) 25 cmH₂O으로 설정한 상태에서 폐 실험을 시행 완료된 장비이다. 옥시레이터 EM-100을 호흡흡입시스템(respiration system)에 연결한 후 기도내 공급압력은 25 cmH₂O로 설정하여 사용하였다(Figure 1).

2.2.2 RespiTrainer®

RespiTrainer® Advance (version 1.1, IngMar, Pittsburgh, USA)는 광범위 전문기도삽관 교육과 숙련에 최적화된 장



Figure 1. Oxylator EM-100 with mask, switch for oxygen release button.

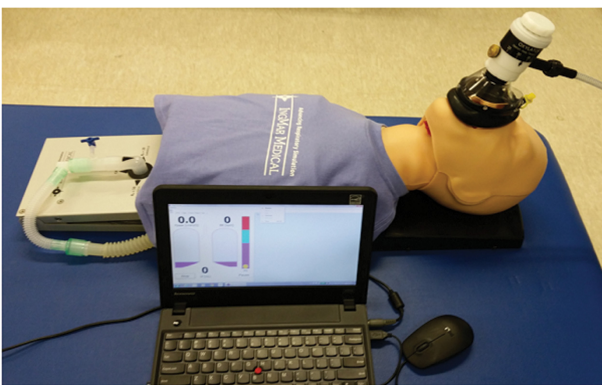


Figure 2. RespiTrainer® Advance.

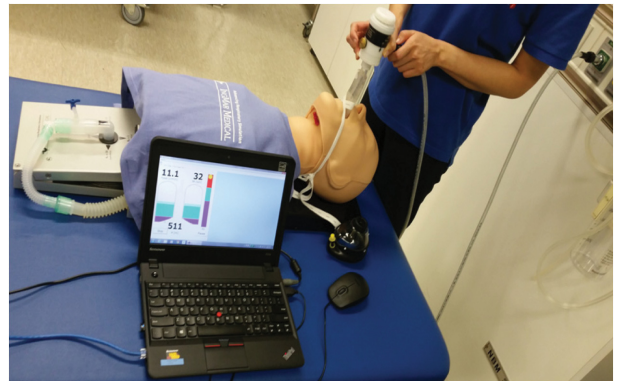


Figure 3. Ventilation of the I-gel using Oxylator EM-100.

비로 실제와 같은 재질과 해부학적 구조를 따르고 있다. 고성능의 시험 폐(QuickLung®)는 성인에서 실제와 같은 폐 용량을 구현할 수 있고, 소프트웨어를 통해 환기량, 기도압력 등의 데이터 확인이 가능하다. 기도저항(resistance)과 순응도(compliance)는 폐 질환이 없는 건강인의 평균치인 5 cmH₂O/L/s와 50 ml/cmH₂O로 설정하였다(Figure 2).

2.2.3 전문기도삽관 및 마스크

기관내삽관에 사용된 튜브는 Mallinckrodt® I.D. 7.5를 사용하였으며, 커프는 20 ml의 공기를 주입하였고, 22 cm에 고정하였다. King후두관기도기는 King LTS-D™ #4를 사용하였으며, 커프는 80 ml의 공기를 주입하였고, 위감압을 위해 열려 있는 끝부분(upper esophageal opening)을 막은 후 사용하였다. 아이-겔(I-gel®)은 #4를 사용하였으며, 위감압을 위해 열려 있는 끝부분을 막은 후 사용하였다. 옥시레이터 EM-100에 산소마스크를 연결하여 사용하였다(Figure 3).

2.3 분석방법

수집된 자료는 SPSS 18.0을 이용하여 기관내삽관, King후두관기도기, 아이-겔, 산소마스크의 환기량과 기도압을 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차로 분석하였고, 변수별 평균에 대해서는 ANOVA를 이용하였다. 사후분석은 Sheffe'를 이용하였다.

3. 결 과

3.1 환기량 비교

전문기도삽관 장비와 마스크를 이용한 환기량은 "Table 2"와 같다. 옥시레이터 EM-100을 이용하여 환기를 시행한 결과 환기량은 기관내삽관이 537 ml (95% CI 530~545 ml), King후두관기도기 502 ml (95% CI 499~506 ml), 아이-겔 488 ml (95% CI 485~491 ml), 산소마스크 499 ml (95% CI 496~503 ml)가 측정되었다. 환기를 시행한 변수 간 환기량 비교에서 통계적 유의성이 확인되었으며($p = .000$),

Table 2. Comparison of Delivered Volume

Variables	Mean (ml)	Min	Max	SD	F	p	Scheffe'
Endotracheal tube ^a	537.97	500	578	19.55	87.60	.000	a > bcd b < a, b > c c < abd d < a, d > c
King tube ^b	502.81	474	549	13.97			
I-gel ^c	488.19	447	511	13.02			
Oxylator with mask ^d	499.93	460	528	13.14			

Table 3. Comparison of Airway Pressure

Variables	Mean (cmH ₂ O)	Min	Max	SD	F	p	Scheffe'
Endotracheal tube ^a	11.34	10.40	13.10	.53	81.62	.000	a > bcd b < a, b > c c < abd d < a, d > c
King tube ^b	10.67	10.00	11.70	.32			
I-gel ^c	10.42	9.60	10.90	.27			
Oxylator with mask ^d	10.61	10.00	11.20	.28			

기관내삽관, 킹후두관기도기, 산소마스크, 아이-겔 순으로 환기량의 차이를 보였다.

3.2 기도압 비교

전문기도삽관 장비와 마스크를 이용한 기도압력은 “Table 3”과 같다. 옥시레이터 EM-100을 이용하여 환기를 시행한 결과 기도압력은 기관내삽관이 11.34 cmH₂O (95% CI 11.21~11.41 cmH₂O), 킹후두관기도기 10.67 cmH₂O (95% CI 10.60~10.75 cmH₂O), 아이-겔 10.42 cmH₂O (95% CI 10.35~10.67 cmH₂O), 산소마스크 10.61 cmH₂O (95% CI 10.55~10.68 cmH₂O)가 측정되었다. 환기를 시행한 변수 간 환기량 비교에서 통계적 유의성이 확인되었으며($p = .000$), 기관내삽관, 킹후두관기도기, 산소마스크, 아이-겔 순으로 기도압력의 차이를 보였다.

4. 고 찰

이 연구는 2010년 가이드라인에 근거해서 산소공급 시간을 1초 동안 시행하고, 기도내 공급압력을 가장 낮은 단계인 25 cmH₂O로 설정하여 환기하였을 경우 폐에 전달되는 환기량과 기도내압을 측정하였다. 연구결과 환기량은 기관내삽관이 537.97 ml, 킹후두관기도기 502.81 ml, 아이-겔 488.19 ml의 환기량이 측정되어 2010년 가이드라인 일회호흡량 500~600 ml (6~7 ml/kg)과 비슷한 환기량을 보였다. 기관내삽관에 비하여 다른 성문위기구가 환기량이 부족하였으며, 기도 내에서 밀착되는 기관내삽관에 비하여 성문위기구들은 성문위에서 고정되기 때문에 밀착이 어려워 환기량의 차이를 보인 것으로 생각된다. 그러나 각 변수들 간 환기량의 큰 차이는 보이지 않았기 때문에 현장에서 전문기도삽관 후 옥시레이터 EM 100의 사용이 가능할 것으로 생각된다. Joseph 등⁽⁶⁾의 옥시레이터 EM-100을 산소마스크와 연결한 마네킨 연구에서 보여준 1196 ml (1161~

1231)의 환기량보다 많이 낮았다. 이러한 차이는 1992년 가이드라인에 근거한 일회호흡량 700~1000 ml 권고기준과 2010년 가이드라인에 근거한 일회호흡량 500~600 ml 권고 기준의 차이 때문으로 생각되며, 새로운 지침에 맞게 옥시레이터 EM-100의 사용설명서를 수정하여 현장에서 사용하는 구급대원들에게 알려 장비 사용의 혼선을 차단하여야 한다.

또한 이 연구에서는 전문기도삽관을 하지 않고 입인두기도기(OPA)만을 삽입한 상태에서 옥시레이터 EM-100을 산소마스크에 연결하여 환기를 시행한 결과 499.93 ml의 환기량을 확인할 수 있었다. 신 등⁽¹³⁾의 백-밸브마스크의 1/3 백 압착법이 RespiTrainer[®] Advance를 활용한 환기량 비교에서 기관내삽관을 통한 환기량 496 ml와 비슷하였고, 입인두기도기 삽입 후 1인 백-밸브마스크 환기량 388 ml 보다는 높았으며, 2인 백-밸브마스크 환기량 471 ml보다 높았다. 또한 조 등의⁽¹⁴⁾ 1인 백-밸브마스크를 이용한 1/3 압착에서 나타난 320~326 ml, 조 등⁽¹⁵⁾의 백-밸브마스크를 이용한 1인 환기에서는 421 ml, 이 등⁽¹⁶⁾의 ResMed mask 압착에서 나타난 452 ml의 환기량보다 높았다. 이상의 연구들은 2010년 가이드라인에 근거한 일회호흡량을 전달하기 위한 1/3 백 압착 방법으로 진행된 연구였으며, 백-밸브마스크와 안면 밀착 및 압착 방법의 어려움으로 인해 전달되는 환기량의 차이를 보였다고 할 수 있다. 옥시레이터 EM-100을 이용한 1초 환기 방법이 일회호흡량과 비슷하게 전달되는바 현장 심폐소생술 단계에서 적절한 환기량을 제공하기 위한 장비로 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 이 실험은 고정된 침대 위에서 진행되었으므로 움직이는 상태에서 사용할 경우에는 안면 마스크의 밀착 및 산소공급버튼을 1초 동안 누르는데 어려움이 있을 것으로 생각되므로 추가적인 연구가 필요하다.

기도압은 20~25 cmH₂O를 초과할 경우 폐 손상을 가능성과 역류성 및 흡입성 합병증을 초래할 수 있다^(17,18). 옥

시레이터 EM-100을 이용하여 환기를 시행한 결과 기도압력은 기관내삽관이 11.34 cmH₂O, 킹후두관기도기 10.67 cmH₂O, 아이-겔 10.42 cmH₂O, 산소마스크 10.61 cmH₂O을 보여 변수들 간 큰 차이를 보이지 않았고, 전달되는 환기량의 순위에 따라 기도내압도 동일한 순위를 보여 산소공급이 적절히 전달되었던 것으로 생각된다. 신 등⁽¹³⁾의 연구에서는 기관내삽관을 통한 496 ml의 호흡량을 전달하기 위한 기도내압은 11.67 cmH₂O이었고, 1인 백-밸브마스크를 이용한 388 ml의 호흡량을 전달하기 위한 기도내압은 3.73 ml였다. 기존의 결과와 이 연구의 결과를 종합해보면 대략 500 ml의 산소를 공급할 때 필요한 기도내압은 11 cmH₂O인 것으로 생각해볼 수 있으며, 1초 동안 산소공급 버튼을 눌러 환기를 시행할 경우 일회호흡량의 전달이 가능한 것으로 확인할 수 있었다.

이 연구는 옥시레이터 EM-100에 부착되어 있는 산소공급버튼을 누르는 시간이 따라 폐에 전달되는 환기량에 차이가 난다. 산소공급버튼을 누르는 시간이 평균적으로 기관내삽관 1.00초(±.04), 킹후두관기도기 1.01초(±.05), 아이-겔 0.99초(±.05), 산소마스크 1.00초(±.04)에 시행된 것으로 확인되었지만 정확히 1초 동안 산소를 공급할 수 없는 부분은 연구의 제한점으로 남으며, 옥시레이터 EM-100을 사용하는 자는 과호흡과 과다기도압력을 피하기 위해 지속적인 연습과 교육을 통하여 문제점을 해결하여야 할 것이다. 또한 실제 환자를 대상으로 진행된 연구가 아닌 실험 폐를 이용한 연구이었던 관계로 기도저항, 해부학적 차이 등을 고려하지 못하였으며, RespiTrainer[®] Advance가 식도와 위장이 없는 관계로 옥시레이터 EM-100을 이용한 성문위기구, 안면마스크 환기에서 기도압력에 따른 위 팽창 및 역류를 확인하는데 제한이 있었고, 움직이는 상태에서 진행한 실험이 아니라 고정된 침대에서 실험을 진행한 관계로 일반화하는 데 무리가 있다. 따라서 기도저항 상태에 차이를 두거나 움직이는 상황에서 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

5. 결 론

이 연구는 소방 119 구급대에 필수 장비로 비치되어 있는 수요밸브 소생기 중 옥시레이터 EM-100을 이용하여 사용설명서의 권고사항이 아닌 2010년 가이드라인에 근거하여 1초 동안 산소공급버튼을 누를 경우 폐에 전달되는 환기량과 기도내압을 전문기도삽관별로 분류하여 평가하였고, 전문기도삽관을 하지 않은 상태에서 입인두기도기(oropharyngeal airway)를 삽입한 후 산소마스크를 연결하여 환기량과 기도내압을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다. 첫 번째, 전문기도삽관 별 환기량은 기관내삽관이 537.97 ml (± 19.55), 킹후두관기도기 502.81 ml (± 13.97), 아이-겔 488.19 ml (± 13.02), 산소마스크 499.93 ml (± 13.14)로 측정되었다. 두 번째, 기도압력은

기관내삽관이 11.34 cmH₂O (± .53), 킹후두관기도기 10.67 cmH₂O (± .32), 아이-겔 10.42 cmH₂O (± .27), 산소마스크 10.61 cmH₂O (± .28)로 측정되었다. 세 번째, 심정지 현장에서 전문기도삽관이 시행된 후 또는 전문기도삽관이 시행하지 않은 상태에서도 옥시레이터 EM-100을 활용하여 환기를 시행할 경우 적절한 호흡량의 전달이 가능함을 확인할 수 있었다. 이 연구는 국외에서 진행된 4편의 연구가 있지만 2005년, 2010년 가이드라인이 변경되기 전에 진행된 연구로 인해 충분한 논의를 하지 못하여 아쉬움이 남지만, 국내에서 처음 진행된 연구라는 점, 현장에서 옥시레이터 EM-100을 이용하여 적절한 인공호흡을 전달하기 위한 방법을 검증한 점 등 옥시레이터 EM-100사용에 대한 기초 자료를 제공하였다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다.

References

1. T. P. Aufderheide, G. Sigurdsson, R. G. Pirrallo, D. Yannopoulos, S. McKnite, C. von Briesen, C. W. Sparks, C. J. Conrad, et al., "Hyperventilation Induced Hypotension During Cardiopulmonary Resuscitation", *Circulation*, Vol. 109, No. 16, pp. 1960-1965 (2004).
2. AHA guidelines for CPR, AHA (2010).
3. Law for Rescue·Emergency Medical Services, Ministry of Government Legislation.
4. R. R. Jr. Fluck and J. G. Sorbello, "Comparison of Tidal Volumes, Minute Ventilation, and Respiratory Frequencies Delivered by Paramedic and Respiratory Care Students with Pocket Mask Versus Demand Valve", *Respir Care*, Vol. 36, No. 10, pp. 1105-1112 (1991).
5. J. M. Murray and D. C. Seaberg, "Demand Valve Ventilation in a Swine", *American journal of Emergency Medicine*, Vol. 14, No. 1, pp. 13-15 (1996).
6. J. Joseph, Osterwalder and W. Schuhwerk, "Effectiveness of Mask Ventilation in a Training Mannikin. A Comparison between the Oxylator EM100 and the Bag-valve Mask Device", *Resuscitation*, Vol. 36, pp. 23-27 (1998).
7. V. N. Jr. Mosesso, K. Lukitsch, J. Menegazzi and J. Mosesso, "Comparison of Delivered Volumes and Airway Pressures when Ventilating through an Endotracheal Tube with Bag-valve Versus Demand-valve", *Prehosp Disaster Med.*, Vol. 9, No. 1, pp. 24-28 (1994).
8. M. W. Ron and F. M. Michael, "Manual of Emergency Airway Management", 3rd ed., Koonja, Korea, pp. 108-109 (2013).
9. V. Wenaal, A. H. Idris, J. M. Banner, P. S. Kubilis and J. L. Williams Jr., "Influence of Tidal Volume on the Distribution of Gas between the Lungs and Stomach in the Nonintubated Patient Receiving Positive Pressure Ventilation", *Crit Care Med.*, Vol. 26, No. 2, pp. 364-368 (1998).

10. A von Goedecke, K. Bowden, V. Wenzel, C. Keller and A. Gabrielli, "Effects of Decreasing Inspiratory Times During Simulated Bag-valve-mask Ventilation", *Resuscitation*, Vol. 64, No. 3, pp. 321-325 (2005).
11. Oxylator EM-100 manual, CPR Korea Medical Co., Ltd., KOREA (2014).
12. Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees, American Heart Association. Part III. Adult Advanced Cardiac Life Support, *JAMA*, Vol. 268, No. 16, pp. 2199-2241 (1992).
13. S. Y. Shin, J. G. Lee and S. G. Roh, "Comparative Analysis of Tidal Volume and Airway Pressure with a Bag-valve Mask Using RespiTrainer", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 28, No. 6, pp. 76-81 (2014).
14. S. M. Jo and H. K. Jung, "Differentiation of Tidal Volume & Mean Airway Pressure with Different Bag-Valve-Mask Compression Depth and Compression Rate", *Korean Journal of Emergency Medical Services*, Vol. 16, No. 2, pp. 67-74 (2012).
15. Y. C. Cho, S. W. Cho, S. P. Chung, K. Yu, O. Y. Kwon and S. W. Kim, "HOW Can a Single Rescuer Adequately Deliver Tidal Volume with a Manual Resuscitator? An Improved Device for Device for Delivering Regular Tidal Volume", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 28, No. 1, pp. 40-43 (2010).
16. H. Y. Lee, K. W. Jeung, B. K. Lee, S. J. Lee, Y. H. Jung, G. S. Lee, Y. I. Min and T. Heo, "The Performances of Standard and ResMed Masks During Bag-valve-mask Ventilation", *Prehosp Emerg Care*, Vol. 17, No. 2, pp. 235-240 (2013).
17. R. M. Walls, M. F. Murphy and R. C. Luten, "Manual of Emergency Airway Management 3rd ed.", Philadelphia, USA (2008).
18. A von Goedecke, K. Bowden, V. Wenzel, C. Keller and A. Gabrielli, "Effects of Decreasing Inspiratory Times During Simulated Bag-valve-mask Ventilation", *Resuscitation*, Vol. 64, No. 3, pp. 321-325 (2005).