

## 수술 직후 신경외과 환자의 병원내 이송동안 환기의 적절성에 대한 용수환기와 기계적 환기의 비교

분당서울대학교병원 마취통증의학과

박희평 · 황정원 · 한성희 · 이가영 · 전영태 · 오용석

### A Comparison of Manual and Mechanical Ventilation in Terms of the Adequacy of Ventilation during Intra-hospital Transport of Neurosurgical Patients in the Immediate Postoperative Period

Hee-Pyoung Park, M.D., Jung-Won Hwang, M.D., Sung-Hee Han, M.D., Ka-Young Rhee, M.D., Young-Tae Jeon, M.D., and Yong-Seok Oh, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea

**Background:** Ambu-bags and portable ventilators can provide intubated patients with ventilation during intra-hospital transport, where it is desirable to maintain normocarbica. This study was designed to compare the amount of variation in ventilation that occur during the intra-hospital transport of neurosurgical patients ventilated either manually or with a portable ventilator.

**Methods:** 40 patients were randomized to receive either manual ventilation (Group A, n = 20) during transport or ventilation by a portable ventilator (Group P, n = 20) during the immediate postoperative period. In group A, an adult laerdal resuscitator bag with a reservoir bag (2,600 ml) was used and oxygen (15 L/min) was supplied from a portable oxygen tank. In group P, a portable ventilator was set to controlled mechanical ventilation or synchronized intermittent mandatory ventilation mode, 8.5-10 ml/kg of tidal volume, 1 : 2 of inspiratory to expiratory ratio, and 100% oxygen concentration. Respiratory rates were adjusted to maintain normocarbica. Hemodynamic parameters were recorded before and during transport. Arterial blood gas levels were also obtained before and during transport.

**Results:** PaCO<sub>2</sub> during transport was significantly lower in Group A than in Group P (P < 0.05). Manually ventilated patients showed greater deviations from normocarbica (35-45 mmHg) than mechanically ventilated patients (P < 0.01). PaO<sub>2</sub> during transport was no different in the two groups. Blood pressure and heart rates during transport increased significantly in both groups versus before transport (P < 0.01).

**Conclusions:** The use of a portable ventilator can effectively maintain normocarbica and produce the stable ventilatory pattern during the intra-hospital transport of neurosurgical patients during immediate postoperative period. (Korean J Anesthesiol 2005; 48: 624~9)

**Key Words:** ambu-bag, arterial carbon dioxide concentration, immediate postoperative transport, portable ventilator.

## 서 론

수술 직후 방사선학적 검사나 중환자실로의 환자 이송시 기관내 삽관된 환자의 환기를 위해 ambu-bag이 일반적으로 사용되고 있다. Ambu-bag은 조작이 단순하고 휴대가 간편하며 환기에 대한 신뢰성(reliability) 때문에 대부분의 병원

에서 선호되고 있으며 현재도 많이 사용되고 있다. 사용자가 적절한 환기 요령의 습득과 세밀한 환자 상태의 평가가 보장된다면 용수환기는 환자의 이송시 효율적으로 이용될 수 있다.<sup>1)</sup> 그러나 환자에게 삽입되거나 거치된 각종 감시 장치나 기구로 인해 환자 운반에 더 많은 주의를 필요로 하는 중환자의 이송시 ambu-bag의 사용은 의료 인력이 추가로 필요하고 또한 주위환경이 어수선하고 혼란스러워 환자상태에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않을 수 있다. 또한 저환기로 인한 저산소혈증과 과이산화탄소혈증의 위험을 피해야 한다는 심리적 부담감으로 인해 대부분 용수환기의 경우는 과환기가 행해지나 때때로 저환기도 일어날 수 있다.<sup>2-6)</sup> 환기에 있어서 이러한 변동(fluctuation)은 두개강

논문접수일 : 2005년 1월 21일

책임저자 : 전영태, 경기도 성남시 분당구 구미동 300번지

분당서울대학교병원 마취통증의학과, 우편번호: 463-707

Tel: 031-787-7493, Fax: 031-787-4063

E-mail: ytjeon@snuh.org

내압이 문제가 되는 환자나 폐고혈압이 있는 환자에게 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다.

휴대용 인공호흡기는 용수환기와는 달리 환기의 양상을 일정하게 제공함으로써 환기량의 변동을 최소화 할 수 있다. 뿐만 아니라 휴대용 인공호흡기의 사용은 ambu-bag으로 환기를 시켜야 하는 의료인의 손이 자유로워 환자 상태 감시 장치에 눈을 돌릴 수 있고 청진과 같은 환자 상태의 부가적인 감시가 가능하다는 장점도 가지고 있다.

본 연구는 수술 직후 신경외과 환자의 병원내 이송동안 ambu-bag을 이용한 용수환기와 휴대용 인공호흡기에 의한 기계적 환기를 시행하여 환자의 이송동안 나타나는 환기의 변화 정도를 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

임상 연구에 앞서 환자의 안전을 위해 ambu-bag을 이용한 용수환기와 휴대용 인공호흡기에 의한 기계적 환기시 환자에게 공급되는 흡입 산소 농도를 먼저 측정하였다 (Table 1). 본 연구에서 사용된 ambu-bag은 성인용 laerdal 실리콘 소생낭(Laerdal silicone resuscitators, Laerdal corporation,

Table 1. Measured Inspired Oxygen Concentration during Ventilation with Ambu-bag or Portable Ventilator

Measured inspired oxygen concentration (%)	
Ambu-bag	
Room air	21
Oxygen flow (5 L/min)	28 (27-35)
Oxygen flow (10 L/min)	30 (29-37)
Oxygen flow (15 L/min)	32 (30-42)
Ambu-bag with reservoir bag	
Room air	21
Oxygen flow (5 L/min)	58 (57-59)
Oxygen flow (10 L/min)	94 (94-95)
Oxygen flow (15 L/min)	95 (94-95)
Portable ventilator oxygen concentration(%)	
21	21
30	30 (29-30)
40	40 (39-40)
50	49 (49-50)
60	59 (58-60)
70	67 (66-68)
80	78 (77-78)
90	87 (86-88)
100	93 (91-93)

Data are expressed as the maximal frequency (range).

Stavanger, Norway)이었으며 휴대용 인공호흡기는 Pulmonetic systems LTV 1000<sup>®</sup> (Pulmonetic systems corporation, USA)이었다. 흡입 산소 농도는 Capnomac ultra (Datex-ohmeda, Finland)를 이용하여 측정하였다. Ambu-bag의 경우 2,600 ml의 저장낭 부착 유무와 가스 유량의 변화에 따라 달라지는 흡입 산소 농도를 측정하였으며 분당 12회로 10분간 용수환기를 하면서 산소 농도를 측정하였다. 이러한 과정을 3회 반복하여 측정된 산소 농도를 기록하였다. 휴대용 인공호흡기는 test-lung을 부착시킨 후 일회호흡량 600 ml, 호흡수 분당 12회로 설정하였다. 인공호흡기에 설정된 산소 농도를 달리하여 10분간 인공 환기를 실시한 후 실제로 측정되는 산소 농도를 관찰하였다.

환자의 이송에 앞서 환자의 이송시 용수환기를 담당하는 의료인과 또한 용수환기에 직접 참여하진 않지만 용수환기시 자신의 일회호흡량과 분시환기량을 알고 싶어하는 의료인의 용수환기시 나타나는 일회호흡량을 마취기(Datex-ohmeda, Aestiva/5, Finland)에 부착된 일회호흡량 측정 장치를 통해 조사하였다(Table 2). 의료인은 용수환기시 일회호흡량을 모른 상태에서 양손 또는 우세한(dominant) 한손을 이용하여 20회의 용수환기를 시행하였고 각각의 측정된 일회호흡량과 분시환기량의 평균을 기록하였다.

연구 대상은 전신마취 하에 개두술 및 뇌종양제거술 또는 뇌동맥류 결찰술을 받은 정귀수술 환자 중 수술 후 중환자실로 이송 예정인 성인 환자 40명을 대상으로 하였다. 마취 전 방문을 통해 연구 목적과 방법, 안전성 등에 관하

Table 2. Measured Tidal Volume and Minute Ventilation during Manual Ventilation with Ambu-bag

	Group I	Group II	Group III
Sex (M/F)	3/7	2/8	5/15
Height (cm)	167 ± 8	165 ± 7	166 ± 7
Body weight (kg)	60 ± 13	59 ± 14	60 ± 13
Two-hand tidal volume (ml)	594 ± 134	649 ± 115	628 ± 125
Two-hand minute ventilation (L/min)	11.0 ± 3.12	9.08 ± 2.04	10.1 ± 2.69
One-hand tidal volume (ml)	515 ± 129	510 ± 117	513 ± 123
One-hand minute ventilation (L/min)	9.92 ± 2.84	7.54 ± 2.06	8.73 ± 2.63

Group I: participate in patient transport, Group II: want to know his or her tidal volume and minute ventilation during manual ventilation without participating in patient transport, Group III: the sum of Group I and Group II.

여 설명하고 환자 또는 보호자의 동의를 얻었다. 수술 중 동맥혈 산소분압과 흡입산소분율의 비율(PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>)이 400 이상인 환자만을 대상으로 하였으며 심폐기 질환이나 다른 질병으로 인해 동맥혈 산소포화도의 감소를 초래하는 경우는 연구대상에서 제외하였다.

모든 환자에서 마취전 투약은 하지 않았으며 midazolam 2 mg 정주 후 요골동맥에 동맥관을 거치 하였고 alfentanil 1 mg 또는 fentanyl 200µg, lidocaine 30 mg과 목표 농도 조절 주입 장치(Target controlled infusion pump)를 이용한 4µg/ml 농도의 propofol 또는 thiopental로 마취 유도하였으며 근이완을 위해 vecuronium을 사용하였다. 마취 유지는 O<sub>2</sub> 1 L/min, N<sub>2</sub>O 1 L/min의 신선가스유량의 공급하에 isoflurane 0.5-1.2 vol% 또는 목표농도조절 주입 장치를 이용한 propofol (2-6 µg/ml) 지속적 투여로 하였고 마취 보조제로 alfentanil 또는 fentanyl을 사용하였다. 수술 종료 후 흡입마취제 또는 propofol의 지속적 투여를 중단하였다. 환자의 이송 준비가 완료되기 직전 수축기/이완기 혈압, 심박수를 기록하였고 동맥혈가스분석을 위한 채혈을 하였다. 컴퓨터단층촬영 동안 환자의 움직임을 예방하기 위해 midazolam 3 mg, vecuronium 2 mg을 추가적으로 투여하였다. 환자는 기관내삽관된 상태로 컴퓨터단층촬영실을 거쳐 중환자실로 이송되었다.

대상 환자는 무작위적으로 두 군으로 나뉘어졌다. Group A (n = 20)는 환자의 이송시 환기를 위해 2,600 ml 저장낭이 부착된 ambu-bag을 사용하였고 Group P (n = 20)는 휴대용 인공호흡기를 사용하였다. 저장낭이 부착된 ambu-bag을 이용한 용수환기시 이동형 산소 탱크로부터 15 L/min의 산소유량이 공급되었다. 환자의 이송시 용수환기를 담당하는 의료인은 양손환기 또는 우세한 한손 환기에 대한 일회호흡량을 미리 숙지한 상태에서 둘 중 하나 또는 모두를 선택하여 용수환기에 사용하였으며 동맥혈 이산화탄소 정상 분압(35-45 mmHg)을 유지하기 위해 각각의 환자에서 예상되는 대략적인 분당 환기수가 얼마인지를 교육받았다. 휴대용 인공호흡기는 조절 기계 환기(controlled mechanical ventilation) 또는 동시 간헐적 강제 환기(synchronized intermittent mandatory ventilation)의 환기 양식을 사용하였으며 흡기와 호기 시간분율을(I : E ratio) 1 : 2, 흡입산소농도 1.0으로 설정하였고 일회호흡량은 마취시 설정되었던 8.5-10 ml/kg를 유지하였고 호흡수는 동맥혈 이산화탄소 정상 분압을 유지하기 위해 마취시 설정되었던 횟수를 그대로 사용하던지 또는 1-2회 정도 증감하여 조절하였다. 환자가 중환자실 도착 후 중환자실 침대로 옮기기 전 수축기/이완기 혈압, 심박수를 측정하였고 기계적 환기를 위해 인공호흡기를 부착하기 전에 동맥혈가스분석을 위한 채혈을 하였다.

예비 실험으로 용수환기와 인공호흡기를 이용한 환기시 측정된 흡입 산소 분율을 제외한 모든 측정치는 평균 ±

표준편차로 표시하였고, 두 군간의 나이, 체중, 신장, 환자 이송시간, 동맥혈 가스 분석 자료, 혈액학적 자료는 unpaired t-test를 사용하여 비교분석 하였다. 두 군간의 동맥혈 이산화탄소 정상 분압(35-45 mmHg)을 벗어난 환자의 수는 Mann-Whitney Test를 이용하여 비교 분석하였고 이송 전후의 동맥혈 가스 분석 자료, 혈액학적 자료는 paired t-test를 사용하여 비교 분석하였으며 P < 0.05인 경우를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

용수환기와 휴대용 인공호흡기를 이용한 환기시 측정된 산소 농도는 Table 1과 같다. 15 L/min의 산소유량이 공급된 상태에서 저장낭이 부착된 ambu-bag을 이용한 용수환기시 측정된 산소 농도는 95%이었다. 흡입산소농도 100%로 설정된 휴대형 인공호흡기 환기시 측정된 산소 농도는 93%이었다. 용수환기시 일회호흡량 측정에 참가한 의료인은 모두 10명(남자 3명, 여자 7명)이었으며 양손을 이용한 용수환기시 일회호흡량은 594 ± 134 ml이었고 분시환기량은 11.0 ± 3.12 L/min이었다. 우세한 한손을 이용한 용수환기시 일회호흡량과 분시환기량은 각각 515 ± 129 ml와 9.92 ± 2.84 L/min이었다(Table 2).

대상 환자의 두 군간에 나이, 체중, 신장, 환자 이송 시간 등은 유의한 차이는 없었다(Table 3). 환자 이송중의 동맥혈 이산화탄소 분압은 ambu-bag을 이용한 용수환기(Group A)에서 29.5 ± 9.3 mmHg이었고 휴대용 인공호흡기를 이용한 경우(Group P)는 38.0 ± 2.8 mmHg로 Group A에서 보다 의미 있게 낮았다(P < 0.01, Table 4). 동맥혈 이산화탄소 정상 분압(35-45 mmHg)을 벗어난 경우는 Group P에서 1명, Group A에서 14명으로 Group A에서 많았다(P < 0.01, Fig. 1). 동맥혈 산소 분압은 Group P에서 458 ± 34 mmHg이었고 Group A에서는 448 ± 33 mmHg를 보여 군간 유의한 차이는 없었다. 환자 이송전의 동맥혈 이산화탄소 분압, pH, 동맥혈 산소 분압은 두 군간에 유의한 차이가 없었다.

Table 3. Demographic Data

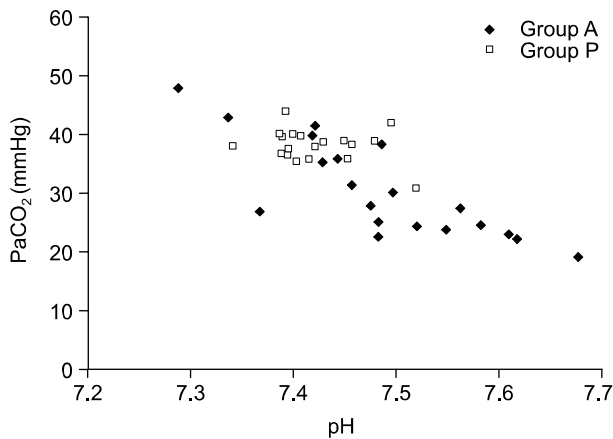
	Group A	Group P
Age (yr)	48 ± 19	43 ± 14
Sex (M/F)	9/11	10/10
Body weight (kg)	62 ± 13	61 ± 7
Height (cm)	162 ± 9	164 ± 6
Transport time (min)	25 ± 3	24 ± 3

Group A: the use of ambu-bag during transport, Group P: the use of portable ventilator during transport.

**Table 4.** Arterial Blood Gas and Hemodynamic Data before and during Transport

	Before transport		During transport	
	Group A	Group P	Group A	Group P
Arterial blood gas				
pH	7.42 ± 0.04	7.43 ± 0.05	7.49 ± 0.10	7.42 ± 0.04*
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	37.0 ± 2.4	37.7 ± 3.4	30.5 ± 8.2	38.0 ± 2.8*
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	239 ± 36	226 ± 37	448 ± 33 <sup>†</sup>	458 ± 34 <sup>†</sup>
The patients with normocarbida (%)	15 (75%)	15 (75%)	6 (30%)	19 (95%)*
Hemodynamic parameters				
SBP (mmHg)	121 ± 12	119 ± 14	152 ± 37 <sup>†</sup>	143 ± 24 <sup>†</sup>
DBP (mmHg)	68 ± 7	69 ± 9	84 ± 16 <sup>†</sup>	86 ± 16 <sup>†</sup>
Heart rate (beats/min)	73 ± 14	81 ± 18	91 ± 15 <sup>†</sup>	94 ± 18 <sup>†</sup>

Group A: the use of ambu-bag during transport, Group P: the use of portable ventilator during transport. SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure. \*: P < 0.01 vs. Group A during transport, <sup>†</sup>: P < 0.01 vs. Before transport within two groups.



**Fig. 1.** Distribution of PaCO<sub>2</sub> during transport in between groups. Manual ventilation with Ambu-bag during transport (Group A) shows greater deviation from normocarbida (35-45 mmHg) than does use of a portable ventilator (Group P, P < 0.01).

수축기, 이완기 혈압과 심박수는 두 군 모두에서 이송전 보다 이송 중에서 유의한 증가를 보였다(P < 0.01, Table 4).

## 고 찰

본 연구에서 신경외과 환자의 수술 직후 컴퓨터단층촬영을 하고 중환자실로의 이송시 ambu-bag을 이용한 용수환기에서 정상탄산혈증(normocarbida)의 범주를 벗어난 경우가 70%로 휴대용 인공호흡기를 사용한 경우(5%)보다 많았고 PaCO<sub>2</sub>의 평균값도 ambu-bag을 사용한 군에서 30.5 mmHg로

휴대용 인공호흡기를 사용한 군(38 mmHg)에 비해 의미 있게 낮음을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 ambu-bag과 휴대용 인공호흡기를 이용한 환자의 이송시 PaCO<sub>2</sub>의 변화에 대한 다른 연구들에서도 볼 수 있으며<sup>2-6)</sup> 이의 원인으로는 저환기로 인한 저산소혈증과 과이산화탄소혈증의 위험을 피해야 한다는 심리적 부담감이 작용했기 때문이다.

본 연구에서 용수환기 동안 얻어진 PaCO<sub>2</sub>가 20 mmHg 이하인 경우를 1예에서 볼 수 있었다(Fig. 1). 이러한 PaCO<sub>2</sub>의 급격한 감소는 산화혈색소 해리 곡선을 좌측으로 편향시키고 뇌혈류량의 감소를 초래하여 심하면 뇌혈혈을 일으킬 수도 있다.<sup>7)</sup> 일반적으로 두개내 고혈압의 예방 또는 치료로 이용되는 과환기의 경우에도 PaCO<sub>2</sub>를 25-30 mmHg로 유지함을 원칙으로 하고 있으며 그 이하가 될 정도로 심한 과환기를 하게 되면 혐기성 포도당 대사과 유산의 생성을 초래한다.<sup>7)</sup> 이처럼 과환기의 위험성을 피하기 위하여 용수환기를 하는 사람은 환자의 분시 환기량에 대한 올바른 평가를 해야만 한다. 그러나 용수환기를 하는 의료인이 환자의 분시 환기량에 대한 지식이 결여되어 있는 경우가 대부분이고 설사 있다하더라도 환자의 이송시 주위환경이 어수선하고 혼란스러워 환자상태에 대한 평가가 제대로 이루어지지 않고 있음을 본 연구에서도 확인할 수 있었다.

본 연구의 결과는 환자의 이송시 안정적인 환기의 제공과 정상탄산혈증의 유지를 위해 ambu-bag보다는 휴대용 인공호흡기의 사용이 더 적절함을 제시하고 있다. 휴대용 인공호흡기의 사용은 병원내 또는 병원간의 환자이송에서 안정적인 환기의 양상을 제공함으로써 환기의 변동을 최소화할 수 있다는 장점이 있을 뿐만 아니라 가정에서 척수손상 환자, 폐결핵으로 인한 심한 제한성 폐질환(restrictive lung

disease)을 가진 환자, 선천성 척추골단 이형성증(spondyloepiphyseal dysplasia congenital) 환자의 재활 치료에도 성공적으로 이용되고 있다.<sup>8-11)</sup> 또한 휴대용 인공 호흡기는 중환자의 환기시에도 호흡기, 순환기 및 산소 전달 능력과 관련된 인자에 대한 영향은 거의 없으며 안전하고 만족스럽게 이용될 수 있다.<sup>12)</sup> 휴대용 인공호흡기는 용수환기에 비해 또 다른 장점을 가지고 있다. 신경외과 환자의 수술 후 합병증의 유무 판단을 위해 행해지는 컴퓨터전산화단층촬영시 방사선 노출 위험을 피할 수 있다. 컴퓨터전산화단층촬영시 발생하는 방사선양은 구체적으로 밝혀지지 않았지만 산란된 방사선의 강도(intensity)는 거리의 제곱에 반비례한다.<sup>13)</sup> 용수환기의 경우 컴퓨터전산화단층촬영의 위치가 두 부이므로 매우 가까운 거리에 용수환기자가 위치하게 되어 방사선에의 노출이 불가피하다. 반면 휴대용 인공호흡기의 사용은 컴퓨터전산화단층촬영시 방사선 노출의 위험을 피할 수 있다.

일반적으로 70-100%의 산소가 심폐소생술, 급성 심폐불안정, 환자의 이송시 필요하다.<sup>14)</sup> 본 연구에서 측정된 PaO<sub>2</sub>는 용수환기시 448 mmHg, 휴대용 인공호흡기 사용시 458 mmHg로 두 군간 의미있는 차이는 없었다. 예비실험의 결과에서 보듯이 15 L/min의 산소유량이 공급된 상태에서 2,600 ml 저장량이 부착된 ambu-bag을 이용한 용수환기시 측정된 산소 농도는 95%이었고 흡입산소농도 100%로 설정된 휴대용 인공호흡기 환기시 측정된 산소 농도는 93%이었다. 따라서 환자의 이송 동안 두 군 간의 동맥혈 산소 분압의 차이를 관찰할 수 없었고 환자의 이송 중 발생할 지도 모르는 저산소증의 위험을 피하기 위해 본 연구에서는 환자의 선택에 있어서 수술 중 흡입 산소 분율과 동맥혈 산소분압의 비가 400이상인 환자만을 대상으로 하여 환자의 이송간 안정성을 유지하려 하였다.

용수환기시 호기 가스의 재호흡을 방지하기 위해 분시 환기량의 최소 2-3배의 신선가스유량이 필요하다. 한 연구에 의하면<sup>15)</sup> 일회 호흡량을 500 ml로 고정시킨 상태에서 분당 호흡수를 10에서 20으로 증가시 저장량이 부착된 소생량의 전달산소농도는 산소 공급량이 5 L/min일 때 대략 95%에서 70%로 감소하며 이를 극복하기 위해서는 산소 공급량을 적어도 7.5 L/min 이상으로 증가시켜야 한다고 보고하였다. 본 연구에서 용수환기자는 용수환기시 환자에게 제공되는 일회 호흡량을 예비 실험을 통해 일정 정도 알고 있었으며 환자의 이송 시 필요한 분당 호흡수를 사전 교육 받았다. 그러나 본 연구의 결과에서 보듯이 용수환기시 동맥혈 이산화탄소 분압의 감소는 분당 호흡수의 증가를 의미하므로 환자의 이송간 저산소증을 예방하기 위해서는 많은 산소 공급량이 요구된다. 따라서 본 연구에서 제공한 15 L/min의 산소 공급량은 동맥혈 저산소증의 예방에 적어도

부족하지는 않았을 것으로 생각한다.

본 연구에서 환자의 이송전과 이송동안에 측정된 혈압과 심박수의 비교에서 두 군 모두에서 환자의 이송동안 측정된 수축기, 이완기 혈압과 심박수는 이송전에 비해 의미있는 증가를 보였다. 이는 환자가 마취에서 서서히 각성됨을 의미하는 것으로 사료된다. 그러나 일부 환자들의 경우는 수축기 혈압이 200 mmHg이상인 심한 고혈압을 보였으며 이러한 혈압 상승의 변화의 시점을 본 연구에서 확인 할 수 없었다. 이러한 수술 후 심한 고혈압은 뇌종양 제거 후 뇌출혈이나 주변 정상조직들의 부종을 초래할 수 있어 적극적인 치료가 필요하다. 환자의 이송동안 환자의 혈역학적 변화를 알 수 있는 휴대용 감시 장치의 사용은 불미스런 사고를 예방하는데 큰 도움을 줄 것으로 생각한다.

Ambu-bag은 조작이 단순하고 휴대가 간편하며 신뢰성(reliability) 때문에 대부분의 병원에서 선호되고 있으며 현재도 많이 사용되고 있다. 적절한 환기 요령의 습득과 세밀한 환자 상태의 평가가 보장만 된다면 용수환기는 환자의 이송시 효율적으로 이용될 수 있다.<sup>1)</sup> 용수환기자가 용수환기시 자신의 일회 호흡량을 아는 것은 매우 중요하다. 호흡수를 조절함으로써 환자에게 적절한 분시 환기량을 제공할 수 있기 때문이다. 소생량을 통한 일회 호흡량은 소생량의 종류, 사용자의 손의 크기 및 사용된 손의 수에 따라 다르게 나타날 수 있다.<sup>16)</sup> 본 연구의 예비실험에서 보여준 남자 5명과 여자 15명의 양손을 이용한 용수환기시 일회 호흡량의 평균은 628 ml이었고 우세한 한 손만을 이용한 용수환기시 일회 호흡량의 평균은 513 ml이었다. 이는 Hess와 Spahr가<sup>16)</sup> 발표한 양손 환기시 840 ml, 한 손 환기시 620 ml의 일회 호흡량과는 다소 차이가 있지만 이에 대한 해석은 인종에 따른 신체적 조건과 성별에 따른 영향을 고려해야 할 것이다.

결론적으로 신경외과 환자의 술 후 이송시 휴대용 인공 호흡기의 사용은 환기의 양상을 일정하게 유지시켜 정상탄산혈증을 유지하는데 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Phillips GD, Skowronski GA: Manual resuscitators and portable ventilators. *Anaesth Intensive Care* 1986; 14: 306-13.
2. Szem JW, Hydo LJ, Fischer E, Kapur S, Klempner J, Barie PS: High-risk intrahospital transport of critically ill patients: Safety and outcome of the necessary "road trip". *Crit Care Med* 1995; 23: 1660-6.
3. Ridley S, Carter R: The effects of secondary transport on critically ill patients. *Anaesthesia* 1989; 44: 822-7.
4. Weg JG, Haas CF: Safe intrahospital transport of critically ill

- 
- ventilator-dependent patients. *Chest* 1989; 96: 631-5.
5. Gervais HW, Eberle B, Konietzke D, Hennes HJ, Dick W: Comparison of blood gases of ventilated patients during transport. *Crit Care Med* 1987; 15: 761-3.
  6. Dockery WK, Futterman C, Keller SR, Sheridan MJ, Aki BF: A comparison of manual and mechanical ventilation during pediatric transport. *Crit Care Med* 1999; 27: 802-6.
  7. Alexander SC, Smith TC, Strobel G: Cerebral carbohydrate metabolism of a man during respiratory and metabolic alkalosis. *J Appl Physiol* 1968; 24: 66-70.
  8. Chawla JC: Rehabilitation of spinal cord injured patients on long term ventilation. *Paraplegia* 1993; 31: 88-92.
  9. Yang GF, Alba A, Lee M: Respiratory rehabilitation in severe restrictive lung disease secondary to tuberculosis. *Arch Phys Med Rehabil* 1984; 65: 556-8.
  10. Asano T, Enokido H, Fujino O, Hashimoto K: Improvement in daily activities using a portable ventilator in a patient with spondyloepiphyseal dysplasia congenita. *Pediatr Int* 2001; 43: 316-8.
  11. Romano M, Raabe OG, Walby W, Albertson TE: The stability of arterial blood gases during transportation of patients using the RespirTech PRO. *Am J Emerg Med* 2000; 18: 273-7.
  12. McCluskey A, Gwinnutt CL, Hardy L, Haslett R, Bowles B, Kishen R: Evaluation of the PneuPac Ventipac portable ventilator in critically ill patients. *Anaesthesia* 2001; 56: 1073-81.
  13. Arnold WP: Environmental safety including chemical dependency. *Anesthesia*. 5th ed. Edited by Miller RD: Philadelphia, Churchill Livingstone. 1995, pp 2701-17.
  14. The Korean Society of Anesthesiologists: *Anesthesia*. 3rd ed. Seoul, Yeo Moon Kak. 1996, pp 464-6.
  15. Kim KJ, Nam YT, Ku MW, Chon SS, Koh SO: The changes in delivered oxygen fractions using laerdal resuscitator bag with corrugated tubes. *Korean J Anesthesiol* 2000; 38: 327-32.
  16. Hess D, Spahr C: An evaluation of volumes delivered by selected adult disposable resuscitators: the effects of hand size, number of hands used, and use of disposable medical gloves. *Respir Care* 1990; 35: 800-5.
-