

전신마취시 흡기압력기준의 양압조절호흡이 폐포환기 정도에 미치는 영향

영남대학교 의과대학 마취과학교실
 서일숙 · 강희주 · 김홍대

서 론

흡입전신마취시 과거에는 용수조절양압 호흡이 주로 시행되었으나 근래에는 전신마취시 충분한 근이완제 투여후 기계조절양압호흡을 시행함이 보편화 되어가고 있으며, 마취시의 기계양압호흡방법에는 용량조절호흡기(volume ventilator)가 압력조절호흡기(pressure ventilator)보다 더 많이 사용되고 있는 추세이다.

기계양압호흡에 의하여 환자의 호흡이 유지될 때에는 각 환자가 필요로 하는 적절한 양의 폐포환기가 유지되어야 함이 필수적이며 환자의 1회 호흡량(tidal volume) 결정에는 대체로 체중에 따른 방법이 이용되어지고 있으나 이는 임상적으로 많은 문제점을 내포하고 있다.

따라서 저자들은 충분히 근이완이 이루어지고 있는 흡입전신마취하에서는 호흡기계의 총탄성(total compliance)이 각 환자에서 서로 비슷할 것이라는 가정하에서 기계양압호흡시 어느 정도의 흡기압력(inspiratory pressure)이 유지되면 충분한 폐포환기가 이루어질 수 있는가를 알아 보고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

1. 대상

1988년 3월 1일부터 6월 30일까지 본 영남대학교 의과대학 부속병원 수술실에서 전신마취하에 수술을 받은 환자중 수술전 X선검사, 심전도검사, 소변검사, 혈액검사등의 결과가 정상범위이며 미국마취과학회 환자 상태 분류법으로 class 1 또는 class 2에 해당하고 폐포환기량에 영향을 미칠수 있는 개흉수

Table 1. Distribution of patient on department, age and sex

Age	GS		OS		ENT		EYE		PS		Uro		Total	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	MM	F
20-29	1		1		1	2	1				1		5	2
30-39		3							1				1	3
40-49		2	3			1	1						3	4
50-59	3	4					1						4	4
60-69	2			1									2	1
70-79	1												1	
Total	7	9	4	1	1	3	3		1		1		16	14
	16		5		4		3		1		1			

술, 복와위수술 또는 횡경막운동에 장애를 줄수 있는 수술환자를 제외한 수술환자 30명을 대상으로 하였다.

이들의 성별, 연령, 과별 분포는 Table 1과 같다.

2. 방법

마취전 투약은 마취 예정시간 30분전에 atropine sulfate 0.5mg, hydroxyzine hydrochloride 50mg, meperidine hydrochloride 50mg을 근주하였다. 마취유도는 2.5% thiopental sodium 4~5mg/kg을 정주하여 수면상태에 이른 것을 확인한 후 100% 산소로 보조호흡을 실시하면서 succinylcholine chloride 1mg/kg을 정주하여 용수조절호흡시키고 충분한 근이완이 이루어진 다음에 기관내삽관을 시행하였다. 0.5~1.0% halothane이나 1.0~2.5% enflurane과 O₂와 N₂O를 각각 분당 2.5ℓ 투여하여 마취를 유지하였으며 수술을 위한 근이완제는 pancuronium bromide 0.07~0.1mg/kg을 정주하였다.

전신마취는 반폐쇄식으로 방법을 이용하여 용수조절호흡으로 유지하다가 마취유도가 된 후에 기계조절호흡 방법으로 전환하였다. 사용된 마취호흡기는 용량호흡기인 Dräger Ventilog(Ventilog, Drägerwerk, Lübeck, Germany)로써 마취기의 호흡회로 내에 부착된 압력계기로 흡기압력이 10cmH₂O가 되도록 1회호흡량을 조절하였고 호흡회수는 분당 12회로 하였다.

기계조절호흡으로 마취를 유지한 30분 후에 요골동맥 또는 대퇴동맥에서 heparin으로 처리된 주사기로 동맥혈을 채취하여 즉시 주사침 끝을 고무마개로 꽂아 공기와의 접촉을 차단시킨후 곧바로 동맥혈가스 분석기로 보내었으며 사용된 동맥혈가스분석기는 Coring사의 PH 178 Blood Gas Analyzer이었다.

성 적

용량조절 마취호흡기 사용시 마취기호흡회로에

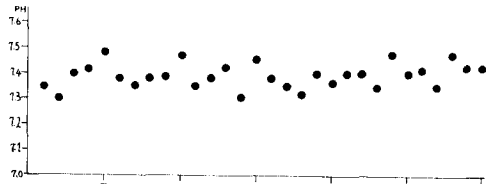


Fig. 1. Distribution of pH. during anesthesia.

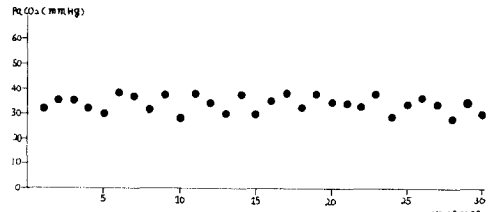


Fig. 2. Distribution of PaCO₂ during anesthesia.

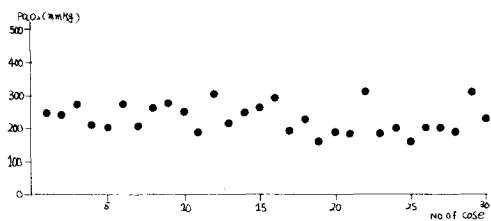


Fig. 3. Distribution of PaO₂ during anesthesia.

부착된 압력계기로 흡기압력이 10cmH₂O가 되도록 1회호흡량을 조절하고 호흡회수를 12회로 하여 양압조절호흡을 시키면서 동맥혈중 가스분압치를 측정하여 보았던바 다음과 같은 성적을 얻었다(Table 2).

- 1) 산도(PH) : 7.39 ± 0.01(최저 7.297, 최고 7.478)로서 정상범위이었다 (Fig. 1).
- 2) 이산화탄소분압(PaCO₂) : 34.0 ± 0.6mmHg(최저 28.0mmHg, 최고 38.6mmHg)로서 약간의 과환기상태 이었다(Fig. 2).
- 3) 산소분압(PaO₂) : 228.0 ± 8.2mmHg(최저

Table 2. Arterial blood gas analysis before and during general anesthesia

	PH	PaCO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	HCO ₃ (mEq/l)
before anesthesia	7.41 ± 0.02	39.8 ± 2.8	92.5 ± 4.0	25.2 ± 1.8
during anesthesia	7.39 ± 0.01	34.0 ± 0.6	228.0 ± 8.2	20.7 ± 0.3

Mean ± S. E.

152.3mmHg, 최고 323.3mmHg)로서 FiO_2 0.5인 상태에서 정상범위이었다(Fig. 3).

4) 완충염기(Buffer base): 20.7 ± 0.3 mEq/l (최저 17.2mEq/l, 최고 23.3mEq/l)로서 약간의 완충염기 부족상태이었다(Fig. 4).

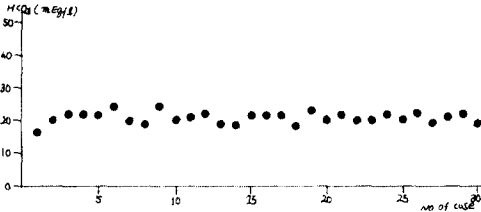


Fig. 4. Distribution of HCO₃⁻ during anesthesia.

5) 염기초과(Buffer excess): -3.0 ± 0.4 mEq/l (최저 -7.5mEq/l, 최고 0.1mEq/l)이었다.

고 찰

호흡은 심장과는 달리 적절한 자극이 전달되지 않으면 수축하지 않는 골격근에 의하여 작동된다. 정상인에서는 뇌교와 연수에 위치한 호흡중추에서 자극을 호흡근으로 보내어 자발호흡이 이루어지는데 정상적 자발호흡시에는 $PaCO_2$ 가 40mmHg 전후로 유지되도록 호흡이 이루어진다. 그러나 전신마취시에는 흡입마취제나 마약제투여로 호흡중추가 억압될 뿐만 아니라 수술을 위한 근이완제 투여는 호흡근을 마비시키고 또한 마취중 폐포과환기는 호흡중추에 대한 이산화탄소의 자극을 제거하므로써 호흡억제나 무호흡이 유발되므로^{11,2)} 마취중에는 폐포환기의 유지를 위하여 보조호흡이나 조절호흡을 시행해야 한다. 용수적 보조호흡의 경우에는 대체로 경한 과이산화탄소혈증 상태가 초래되지만^{3,4)} 용수적 조절호흡시에는 술자의 임의에 의해 환기상태가 바뀌어질 수 있어서 대부분의 경우 폐포과환기경향을 보이게 된다.^{3,4,5)}

마취시 기계호흡에 의하여 환기를 유지시키는 경우에는 수시로 동맥혈 가스분석을 하여 1회환기량을 조절하므로써 적절한 가스교환이 이루어지고 있는지를 평가해야 함이 기본적이나⁶⁾ 실제로는 술전에

호흡계에 특별한 이상이 없는 경우에는 동맥혈 가스분석을 하지 않고 있음이 대부분이다.

대체로 기계 조절호흡에 의하여 마취가 유지되고 있는 경우에는 과환기 경향이 있으며 과환기로 인하여 호흡성 알칼리증이 초래될 수 있다.^{3,4)} 이러한 경우 여러가지 신경계, 심혈관계, 혈액학적 변화뿐 아니라 제왕절개술의 경우에는 태아에게 심각한 후유증을 야기하며 또한 근이완제의 효과에도 영향을 끼친다.⁷⁾ 반면에 과환기의 이점으로는 적절한 폐포환기로 인하여 충분한 혈액 산소화가 유지될 뿐만 아니라 마취제의 요구량이 감소되고, neostigmine의 심근에 대한 효과가 극소화되며, 국소적 무기폐 발생 빈도가 감소된다.

마취호흡기의 경우 흔히 사용되는 종류로는 압력 조절 호흡기와 용량조절 호흡기가 있다.

압력조절 호흡기는 미리 조절된 압력에 흡기압력이 도달되면 환자로의 가스공급이 중지되는 것으로써 환자의 기도저항과 호흡기 탄성의 변화에 의해 1회 호흡량이 바뀔 수 있다.⁸⁾ 즉, 기도내에 과도한 분비물축적이 있는 경우나 폐탄성이 감소되는 경우에는 1회 호흡량의 감소가 초래될 수 있다는 점이 단점이다. 그러나 마취 유도후 근육이완된 상태에서나 의식불명의 환자에서는 흉벽탄성(chest wall compliance)은 비교적 일정하므로 1회 호흡량이 적절히 유지되며 또한 호흡회로의 단절(disconnect)이 있는 경우 보상(compensation)이 될수 있음이 장점이다.

용량조절 호흡기는 미리 조절된 1회 호흡량이 환자에게 공급되므로 충분한 폐포환기가 이루어질수 있음이 장점이나 환자에 따른 정확한 1회환기량 책정에 어려움이 있으며 특히 전신마취시의 큰 문제점으로는 마취회로에 단절이 있는 경우에 환기저하로 인하여 과이산화탄소혈증이 유발될 수 있다. 환기 저하가 있는 경우의 특징적 혈액가스 소견은 $PaCO_2$ 증가와 PH감소이며 일반적으로 높은 농도의 산소가 흡입되는 경우에는 PaO_2 는 정상으로 유지될 수 있다.¹⁰⁾

많은 보고에 따르면¹¹⁻¹⁴⁾ 전신마취중에 동맥혈이 저산소혈증을 보이면 이는 폐내 shunt(혹은 venous admixture)의 증가, 기능적 잔기용량(F. R. C)과

폐탄성의 감소등이 원인일수 있으므로 심호흡(sigh)을 시행하거나 산소농도를 증가시켜야 되는데 너무 고농도의 산소투여는 흡수성 무기폐가 발생할 수 있으며 100% 산소를 장시간 흡입시키면 산소중독증이 발생할 수 있으므로 일반적으로 전신마취시에는 33~50%의 산소투여가 안전하다고 한다.¹⁵⁻¹⁷⁾

환기저하로 인하여 파이산화탄소혈증이 초래된 경우에는 첫째, 심혈관계에 대한 영향은 교감신경계 자극효과에 의하여 혈중 catecholamine치가 증가되어 심수축력과 심박수를 증가시키고 혈압을 상승시킬 뿐만 아니라 부정맥의 빈도가 높아지며, 둘째, 뇌혈류량이 증가하여 뇌압이 증가될 수 있으며 셋째, 호흡자극효과가 있고 넷째, 혈중 K^+ 농도가 증가되며 산소해리곡선이 우측으로 이동되고 다섯째, 여러가지 기전에 의해 약제의 작용에 영향을 끼친다.¹⁸⁾

대체로 근이완제가 투여된 전신마취시 용량조절 기계호흡기를 사용하는 경우 대부분 1회호흡량은 체중 1kg당 10~15ml/kg, 호흡횟수는 분당 8~15회가 되도록 조절하는데 이런 경우의 동맥혈 가스분석 결과는 $PaCO_2$ 가 20~35mmHg 정도의 과환기 양상을 보인다고 한다.¹⁹⁾

일반적으로 마취되지 않은 상태에서의 기계양압 호흡시는 경계압력이 16~20cmH₂O가 되어야 충분한 폐포환기가 이루어질 수 있으나²⁰⁾ 근이완제를 사용한 전신마취하에서는 흥벽의 탄성이 증가되므로 더 낮은 기도압력에서도 폐포환기가 이루어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 흡기압력이 10cmH₂O가 되도록 1회환기량을 조절하고 호흡수를 12회로 유지하였던 바 이때의 평균 1회 호흡량은 475±13.0ml이었으며 이는 체중 kg당 8.3±0.2ml이었고 동맥혈 가스분석결과는 $PaCO_2$ 가 34.0±0.6mmHg로써 전신마취하에서는 매우 바람직한 폐포 환기가 이루어졌다. 그리고 마취중 흡기압력이 증가되면 근이완제의 효과 소실이나 상기도내 분비물 축적등을 조기에 발견할 수 있으며, 또한 흡기압력의 하강시에는 마취기의 호흡회로 단절을 조기발견할 수 있다. 따라서 충분히 근이완된 전신마취시에는 용량조절마취호흡기 사용시에도 체중에 따른 1회 환기량 조절

보다는 흡기압력을 기준으로 하여 1회환기량을 조절하는 방법이 보다 더 바람직하다고 사료된다.

요 약

흡입전신마취시에 마취호흡기를 사용할 경우 환자에게 가장 적절한 1회호흡량을 흡입시킬수 있는 방법을 알아보기 위하여 전신마취환자 30명에서 흡기압력이 10cmH₂O가 되도록 용량조절마취호흡기의 1회호흡량을 조절하고 호흡수를 분당 12회로 하여 기계조절양압호흡을 유지시켜 보았던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) PH : 7.39±0.01로서 정상범위내 이었다.
- 2) $PaCO_2$: 34±0.6mmHg로서 약간의 과환기상태 이었다.
- 3) PaO_2 : 228.0±8.2mmHg 이었다.
- 4) Buffer base : 20.7±0.3mEq/l로서 약간의 염기부족상태 이었다.

이상의 결과로 미루어 보아 전신마취시 충분한 근이완상태에서 기계조절호흡을 시행하는 경우 1회호흡량 조절은 흡기압력을 10cmH₂O로 유지함이 가장 바람직한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Churchill-Davidson, H. C. : A practice of anaesthesia. 5th ed., W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1984, P. 67.
2. 각 일용 : 임상마취의 실제, 고문사, 서울, 1984, P. 41-42.
3. 양홍석, 이명애, 및 김혜경 : 마취중 호흡상태에 따른 동맥혈 기체분석 비교연구, 대한마취과학회지, 13 : 355-359, 1980.
4. Nunn, J. F. : Applied respiratory physiology. 2nd ed., Butterworth Co., London, 1977, P. 354
5. 서정국, 서일숙, 및 김홍대 : 용수조절호흡이 폐포환기 정도에 미치는 영향, 영남의대학술지, 1 : 95-100, 1984.
6. Dripps, R. D., Eckenhoff, J. E., and Vandam, L. D. : Introduction to anaesthesia. 7th ed., W. B. Saun-

- ders Co., philadelphia, 1982, P. 466.
7. Atkinson, R. S., Rushman, G. B., and Lee, J. A. : A synopsis of anesthesia. 9th ed., John Wright & Sons, Bristol, 1982, P. 82-83.
 8. Miller, R. D. : Anesthesia. 2nd ed., Churchill Livingstone, New York, 1986, P. 2188.
 9. Dueck, R., Wagner, P. D., and West, J. B. : Effects of positive end-expiratory pressure on gas exchange in dogs with normal and edematous lungs. *Anesthesiology*, 47 : 359-366, 1977.
 10. 김 성덕 : 폐 환기와 순환, 대한마취과학회지, 18 : 357-369, 1985.
 11. Shapiro, B. A., Harrison, R. A., and Walton, J. R. : Clinical application of blood gases. 3rd ed., Year Book Medical Publisher, Chicago, 1982, P. 86.
 12. Bendixen, H. H., Bullwinkel, B., Laver, M. B., et al. : Atelectasis and shunting during spontaneous ventilation in anesthetized patients. *Anesthesiology*, 25 : 297-301, 1964.
 13. Lichtiger, M., and Moya, F. : Introduction to the practice of anesthesia. 2nd ed., Harper and Row Co., Hagerstown, 1978, P. 387.
 14. Gold, M. I., and Helrich, M. : Pulmonary compliance during anesthesia. *Anesthesiology*, 26 : 281-288, 1965.
 15. Atkinson, R. D., Rushman, G. B., and Lee, J. A. : A synopsis of anesthesia, 9th ed., John Wright & Sons, Bristol, 1982, P. 810-811.
 16. Churchill-Davidson, H. C. : A practice of anesthesia. 5th ed., W. B. Saunders Co., philadelphia, 1984, P. 282.
 17. Lichtiger, M., and Moya, F. : Introduction to the practice of anesthesia. 2nd ed., Harper and Row Co., Hagerstown, 1978. P. 478.
 18. Atkinson, R. D., Rushman, G. B., and Lee, J. A. : A synopsis of anesthesia. 9th ed., John Wright & Sons, Bristol, 1982, P. 80-81.
 19. Churchill-Davidson, H. C. : A practice of anesthesia. 5th ed., W. B. Saunders Co., philadelphia, 1984, P. 280.
 20. Atkinson, R. D., Rushman, G. B., and Lee, J. A. : A synopsis of anesthesia. 9th ed., John Wright & Sons, Bristol, 1982, P. 322.

— Abstract —

Effects of Inspiratory Pressure Preset on Alveolar Gas Exchange Using Anesthetic Ventilator

Ill Sook Suh, Hee Ju Kang, and Heung Dae Kim,

*Department of Anesthesiology,
College of Medicine, Yeungnam University
Taegu, Korea*

The study was undertaken to determine the most adequate tidal volume when used volume preset ventilator during anesthesia. The thirty patients were received controlled mechanical ventilation with constant inspiratory pressure of 10cmH₂O and respiratory frequency of 12/minute.

The results were as follows :

- 1) The PH was 7.39 ± 0.01 and it is within normal limit.
- 2) The PaCO₂ was 34.0 ± 0.6 mmHg and it is a slightly hyperventilatory state.
- 3) The PaO₂ was 228.0 ± 8.2 mmHg.
- 4) The Buffer base was 20.7 ± 0.3 mEq/l and it is a slightly buffer base deficient state.

From the above results. We concluded that if patients were fully relaxed during general anesthesia, it is desirable to maintain the inspiratory pressure of anesthetic mechanical ventilator to 10cmH₂O for adequate alveolar ventilation.