소아 중환자에서 폐내진동환기법이 무기폐의 치료에 미치는 효과*

서울대학교 의과대학 마취과학교실

고 홍·김 성 덕·김 석 곤

= Abstract =

Effects of Intrapulmonary Percussive Ventilation on Atelectasis in Critically Ill Pediatric Patients

Hong Ko, M.D., Seong Deok Kim, M.D. and Seok Kon Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Seoul National University

Thirty six pediatric patients who were diagnosed as pulmonary atelectasis by chest radiography were managed with one of the following techniques for the treatment of atelectasis: 1) intermittent positive pressure breathing (IPPB) with extrathoracic chest percussion and vibration, 2) IPPB and intrapulmonary percussive ventilation (IPV) and 3) IPV only. Chest X-ray films and arterial pH, Pco₂ and Po₂ were obtained for all patients in the morning and the afternoon. And systolic and diastolic blood pressure and heart rate were measured at that time. Alveolar arterial oxygen tension difference was calculated from inspired oxygen fraction and arterial oxygen tension. The rate of treatment of atelectasis was significantly low in the patients with IPPB and chest physiotherapy. But the durations for the treatment were not significantly different among the three groups. There were no significant differences in blood pressures, heart rates and arterial blood gases between pre-treatment and post-treatment states in all groups.

Key Words: IPV, Atelectasis

서 론

술후 회복실이나 중환자실에서 기관지내의 분비물을 제거하기 위하여 고식적으로 사용되는 방법은 기관지확장제 분무를 흡입한 후 체위를 이용한 배출법이나 외흉부 타박법(extrathoracic percussion)등의 흉부 물리요법이 있다^{1,2)}. 그러나 이러한 요법의 효과적 수행은 전적으로 시행자에 의하여 좌우되고, 효과적인 흉부 물리요법은 쉬운 일이 아니며 시술자가 쉽게 피로하여지기 때문에 사용에 제한을 받게 된다.

폐내진동환기법(intrapulmonary percussive ventilation, IPV)은 1979년 Bird에 의하여 고안되어 1980년 처음 임상적으로 사용된 것으로, Percussionator라는 소형 장비를 사용하여 1회 호흡량 보다 적은 양의 호흡

량을 분당 200회 이상으로 기도에 진동을 주면서 산소를 투여하고 가슴을 하는 방법으로³⁾, 기관지내 분비물 제거에 가장 효과적이라고 평가받는 분무제 흡입과 외흉부 타박법을 결합한 것이다.

저자들은 소아 수술 환자 중 술후 호흡요법을 받던 중 무기폐가 발생한 환자에서 고식적인 간헐적 양압호흡법(intermittent positive pressure breathing, IPPB)과 병행하여 분무제 투여 및 흉부 물리요법을 시행한 환자 와 IPV를 사용한 환자간에 무기폐 치료 성적의 차이 및 동맥혈 가스분석, 생명징후의 차이를 규명하고자 본 실험에 임하였다.

연구대상 및 방법

서울대학교병원 소아수술실에서 수술받은 후 소아중환자실에서 호흡요법을 시행받은 환자중 흉부 방사선 소견상 무기폐로 진단받은 환자 36명을 대상으로 하여 3군

*본 논문은 1988년도 서울대학교병원 임상연구비의 보조로 이루어진 것임.

Table 1. Patient Characteristics

Subject	Group	Age (Mon)	Sex	BW (KG)	Diagnosis	Operation	Ventilator	Position of atelectasis	Day of improvement
1	1	18	F	9	TOF	OHS	Bear CUB	LLL,RUL	—
2	1	84	F	18	TOF	OHS	Bear 2	LUL	—
3	1	12	M	7.7	VSD	OHS	Bear CUB	LLL	—
4	1	2	F	4.5	PA,PDA	OHS	Bear CUB	LLL	—
5	1	2	F	5.0	VSD,MR	OHS	Bear CUB	LLL	1
6	1	24	F	10	TOF	OHS	Bear 2	RUL	0
7	1	3	M	4.1	PDA,ASD	PDA	Bear CUB	LWL	0
8	1	24	F	9.7	C-ECD	OHS	Bear CUB	RUL	2
9	1	5	F	4.3	Optic glioma	Partial Tumorectomy	Bear CUB	RUL	0
10	2	6	M	6.8	COA,VSD	OHS	Bear CUB	LUL	0
11	2	7	M	5.3	VSD	OHS	Bear cuB	LUL	2
12	2	60	M	17	VSD,AI	OHS	Bear CUB	RUL	1
13	2	6	M	6.2	PDA,VSD,PA	BT Shunt	Bear CUB	RUL	2
14	2	6	M	0.0	PDA,VSD,PA	BT shunt	Bear CUB	RUL	—
15	2	24	M	8.7	TOF	OHS	Bear 2	LLL	1
16	2	156	F	31.7	Post. fossa tumor	—	Bear 2	RUL	1
17	2	36	M	15.5	ICH	—	Bear 2	RUL	1
18	2	1.5	F	3.6	PDA,AI	PDA ligation	Bear CUB	RUL, LWL	0
19	2	108	F	22.5	Post fossa astrocytomy	Suboccipital Craniotomy	Bear 2	RUL	1
20	2	11	M	7.4	TOF	OHS	Bear CUB	LUL	1
21	3	108	F	31	Brain stem glioma	V-P shunt	Bear 2	LUL	3
22	3	5	M	6.8	Biliary atresia	Kassal Operation	Bear CUB	RUL	—
23	3	48	M	18	VSD,AI	OHS	Bear 2	RUL	1
24	3	4	M	5.8	C-TGA,VSD,PDA	Central shunt	Bear CUB	RUL	0
25	3	3	M	4	TAPVR,PDA,ASD	OHS	Bear CUB	RUL	0
26	3	24	F	9.7	C-ECD	OHS	Bourns	RUL,RLL	2
27	3	6	M	5.8	VSD	OHS	Bear CUB	RUL	1
28	3	36	M	15.5	ICH	—	Bear 2	RUL	1
29	3	156	F	31.7	TGA,VSD,PS	OHS	—	LLL	0
30	3	60	F	15.6	TOF	OHS	Bear 2	LUL	1
31	3	12	M	9.2	TOF,PDS	OHS	Bear CUB	LUL	0
32	3	1	M	3.8	PA,VSD,PDA	B-T shunt	—	LLL	1
33	3	2	M	5	COA, PDA, VSD	Ligation of PDA Coarctoplasty	—	RUL	—
34	3	36	M	15.5	ICH	—	Bear 2	RUL	1
35	3	4	M	5.5	VSD,MR	OHS	Bear CUB	RUL	1
36	3	18	F	4.7	TGA	OHS	—	RUL	2

TOF ; tetralogy of Fallot
VSD ; ventricular septal defect
PA ; pulmonary atresia
PDA ; patent ductus arteriosus
MR ; mitral regurgitation
ASD ; atrial septal defect
C— ; complete
ECD ; endocardial cushion defect
COA ; coarctation of aorta

AI ; aortic insufficiency
ICH ; intracranial hemorrhage
TGA ; transposition of great arteries
PS ; pulmonary stenosis
LUL ; left upper lung
LLL ; left lower lung
LWS ; left whole lung
RUL ; right upper lung
RLL ; right lower lung

으로 분류하였다. 1군은 인공호흡기로 간헐적 양압호흡 (intermittent positive pressure breathing, IPPB)과 외흉부 타박법을 시행한 환자 8명, 2군은 IPPB와 폐내 진동환기법 (intrapulmonary percussive ventilation, IPV)을 동시에 실시한 환자 12명, 3군은 IPV만을 실시한 환자 16명으로 하였다. 호흡요법 과정상 무기폐 발견 당시 인공호흡기로 IPPB를 받고 있던 환자는 1군이나 2군으로 분류하였고, 발견 당시 자발호흡을 하고 있던 환자들은 협조가 가능한 12~15세에서는 마스크를 사용하여 IPV를 시행하여 3군으로 분류하였고, 협조가 불가능한 환자에서는 기관내삽관을 시행한 후 IPV를 실시하여 2군이나 3군으로 분류하였다. 환자의 평균 연령은 1, 2, 3군에서 각각 21, 36, 31개월이었고, 평균 체중은 각각 8.5, 10.8, 11.7 kg이었다.

IPV는 Forrest M. Bird가 고안한 Mini-Spanker™ Respirator (Percussionaire™ Corporation, Sandpoint U.S.A.)를 사용하여, 작동압력 20~30 psi, 진동수 분당 250~300회, 진동기간 10초, 진동간격 5~10초로 1회 20분동안 하루에 3회 실시하였다. 또한 aerosol generator에는 기관지 확장제로 2.25% racemic epinephrine을 사용하였다.

무기폐 발견 즉시 위와 같은 치료를 시작하여, 매일 오전, 오후로 맥박수와 혈압, 동맥혈 pH, PCO_2 , PO_2 및 흉부 방사선 촬영을 시행하여, 각 군간의 맥박수와 혈압의 변화, 동맥혈 가스분석치의 변화와 흡입산소 농도와 동맥혈 산소 분압을 이용하여 폐포 동맥혈간 산소 분압차를 계산 비교하였으며, 흉부 방사선 소견상 무기폐의 치료율, 치료일수들을 비교하였다. 측정치의 통계적 검정은 무기폐의 치료율은 모비율의 비교를 이용하였으며, 각 군간의 무기폐 발생부위의 비교는 Chi-square 검

정을 이용하였으며, 기타의 비교는 분산분석과 Duncan 다중비교를 이용하여, $p < 0.05$ 를 유의수준으로 하였다.

연구결과

대상환자의 질병 및 수술명을 보면 Table 1과 같고, 사용 인공호흡기는 Bear Cub과 Bear 2가 각각 19, 12에였고 Bourns 사용이 1에 있었다(Table 1).

무기폐의 발생 부위는 좌후부가 7예, 좌상부가 7예, 좌측전체가 2예, 우하부가 1예, 우상부가 21예로서 우상부가 가장 많았으며(Table 1), 군간의 발생부위의 차이는 유의하지 않았다.

흉부 방사선소견상 각 군에서의 무기폐 치료율은 1군에서 대상환자 8명중 4명, 2군에서 12명중 11명, 3군에서 16명중 14명으로 1군에서 다른 군에 비하여 유의하게 치료율이 낮았다(Table 2).

치료된 환자에서의 무기폐의 평균 치료 일수는 1군이 0.8일, 2군이 0.8일, 3군이 1일로서 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

심박수의 변화를 보면, 치료전에는 1군에서 2, 3군에 비하여 심박수가 높았으며 치료 후에는 군간의 차이는 보이지 않았다. 또한 각 군내에서는 치료 전후에 유의한

Table 2. Numbers of the Treated Patients and Days for Improvement after Treatment

Group	No. of Pt.	No. of Treated Pt.	Days for Improvement (Mean $\pm$ SD)
1	8	4	0.8 $\pm$ 1.0
2	12	11	0.8 $\pm$ 0.8
3	16	14	1.0 $\pm$ 0.9
Total	36	29	0.9 $\pm$ 0.8

Table 3. Heart Rates and Systolic and Diastolic Blood Pressures of the Patients (Mean $\pm$ SD)

Group	HR (Beats/min)		Systolic BP (mmHg)		Diastolic BP (mmHg)	
	Atelectasis	Improved	Atelectasis	Improved	Atelectasis	Improved
1	147 $\pm$ 17	148 $\pm$ 18	103 $\pm$ 13	104 $\pm$ 6	61 $\pm$ 10	62 $\pm$ 11
2	126 $\pm$ 13†	126 $\pm$ 12	105 $\pm$ 15†	110 $\pm$ 16	61 $\pm$ 14	61 $\pm$ 14
3	125 $\pm$ 19†	124 $\pm$ 23	107 $\pm$ 13†	105 $\pm$ 15	61 $\pm$ 15	60 $\pm$ 13
Taboe	131 $\pm$ 19	128 $\pm$ 19*	106 $\pm$ 14	107 $\pm$ 14*	61 $\pm$ 13	61 $\pm$ 13

* $p < 0.05$ compared with atelectasis

† $p < 0.05$ compared with group 1

HR ; heart rate

BP ; blood pressure

Table 4. pH, PaCO₂, PaO₂ and AaDO₂ of the Patients

(Mean ± SD)

Group	pH		PaCO ₂ (mmHg)		PaO ₂ (mmHg)		AaDO ₂ (mmHg)	
	Atelectasis	Improved	Atelectasis	Improved	Atelectasis	Improved	Atelectasis	Improved
1	7.42 ± 0.05	7.42 ± 0.04	36 ± 5	42 ± 9*	114 ± 40	88 ± 30	171 ± 81	119 ± 56
2	7.39 ± 0.07	7.41 ± 0.05	43 ± 8†	39 ± 8*	109 ± 84	172 ± 41	136 ± 69	77 ± 49*
3	7.44 ± 0.06††	7.44 ± 0.05	39 ± 8††	37 ± 7†	126 ± 62	102 ± 44	162 ± 114	201 ± 119
Total	7.42 ± 9.07	7.42 ± 0.05	39 ± 8	38 ± 8	118 ± 63	113 ± 43	156 ± 94	124 ± 95*

* p < 0.05 compared with atelectasis

AaDO₂ ; alveolar-arterial oxygen tension difference

† p < 0.05 compared with group 1

†† p < 0.05 compared with group 2

차이를 보이지 않았으나, 전체 대상 환자에서는 무기폐의 치료 후에 심박수의 유의한 감소를 볼 수 있다(Table 3).

수축기 혈압은 치료 전에는 1군에서 2, 3군에 비하여 유의하게 낮았으나, 치료 후에는 군간의 차이를 보이지 않았다. 각 군내에서는 치료 전후에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 전체 대상 환자를 비교하여 보면 치료 후에 수축기 동맥압의 유의한 증가를 볼 수 있다(Table 3).

이완기 혈압은 군간, 군내, 치료 전후에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

동맥혈 pH의 변화는 치료 전에는 3군이 1, 2군에 비하여 높았으나 치료 후에는 유의한 차이가 없었으며, 치료 전후의 차이도 유의하지 않았다(Table 4).

동맥혈 이산화탄소분압의 변화는 치료 전에는 통계적으로 유의하게 2군이 1, 3군에 비하여 높았으며, 치료 후에는 1군이 3군과 비교하여 높았으나 1, 2군간, 2, 3군간에는 유의한 차이가 없었다. 치료 전후의 비교를 보면 1군에서는 치료 후에 유의한 증가가 있었고, 2군에서는 유의한 감소가 있었으며, 3군에서는 유의한 차이가 없었으며 전체 대상환자를 비교하여도 유의한 차이를 보이지 않았다. 동맥혈 산소분압의 변화를 보면 군간, 군내, 치료전후에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

폐포 동맥간 산소분압차이의 변화는 군간에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 2군에서 치료 후에 유의한 감소를 보였으며, 전체 환자를 비교하여 보면 치료 전에 비하여 치료 후에 유의한 감소를 보였다(Table 4).

고 찰

IPV에 의한 분비물의 제거 원리는 다음과 같이 추측된다. 진동기 동안에는 IPV가 기도의 개방을 확보할 수 있는 폐내압을 유지하며, 이외에 더하여지는 반복적인 진동압력을 pneumatic air hammer와 같이 작용하여 고여있는 기관지내 분비물을 분쇄하여 막혔던 기도를 개방하게 된다. 기도가 개방되고 막혔던 부분보다 말초로 공기가 도달하게 되면 기관지내 분비물이 이동하게 되는 기본적인 기계적 방법이 시작된다. 혈관 수축제와 기관지 확장제, 분비물 결합 차단제인 racemic epinephrine의 분무가 흡입되어 기도벽의 점막이나 점막하 부종을 감소시키고⁴⁾, terminal bronchiole의 평활근 수축을 감소시킨다. Racemic epinephrine의 회석제로 사용된 물은 기관지내 분비물의 점착력을 감소시킴으로 결합 차단제로 작용한다. 진동기에는 분당 100~200회의 기관지내의 강력한 pulsatile impulse가 폐내의 가스나 분무 입자를 잘 섞이게 한다. 5-10초 간의 진동기 후에는 중심 기도압이 기저압으로 감소하게 되어, 양압에 의하여 효과적으로 폐 말초 부위로 흡입되었던 가스로 인하여 폐 말초와 대기간의 압력차가 영향을 받게 되어 결과적으로 호기의 속도를 증가시키게 된다. 흡기 속도에 비하여 호기의 속도가 크면 클수록 축적되었던 분비물이 효과적으로 제거된다⁵⁾.

본 실험의 결과에서 IPV를 전혀 사용하지 않은 군에서 흉부 방사선 소견상 무기폐의 치료 성적이 낮은 것을 보면 IPV가 무기폐의 치료에 고식적인 방법보다 효과적임을 알 수 있다. 그러나 치료 일수에 차이가 없는 것은

흉부 방사선 촬영 시간이 오전, 오후에 각각 한 번씩 시행되어 그 사이에 일어나는 변화는 감지하지 못하였기 때문이라고 추측된다. 혈압, 심박수 등이 치료 방법에 따라서 차이를 보이지 않는 점은 IPV가 환자의 생명징후에 고식적 방법 이상의 영향을 미치지 않는다는 증거라고 하겠다. 동맥혈 이산화탄소 분압은 군간에 차이를 보이고 있으나 모두 정상 범위 내의 변화로서 특별한 임상적 의미는 없는 것으로 추정된다. 동맥혈 산소 분압은 군간이나 치료 전후에 차이를 보이지 않는데 이는 치료 과정에서 흡입 산소 농도를 조절하여 동맥혈 산소 분압을 일정하게 유지한 결과로 해석된다. 그러나 폐포 동맥간 산소 분압 차이를 보면 치료 방법에 따른 차이는 보이지 않고 있으나 전체 환자에서 치료 후에 감소된 점으로 보아 치료 후에 venous admixture가 감소됨을 볼 수 있다⁶⁾.

결 론

흉부 방사선 소견상 무기폐로 진단받은 소아환자를 대상으로, IPPB와 흉부 물리 요법을 받은 환자 군, IPPB와 IPV를 동시에 시행한 군 및 IPV만을 시행한 군으로 나누어 치료자수, 치료일수, 혈압 및 맥박수와 동맥혈 pH, P_{CO_2} , P_{O_2} , 폐포 동맥간 산소 분압 차를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 치료자수는 IPPB와 흉부 물리 요법만을 시행받은 환자 군에서 타군에 비하여 유의하게 적었다.
- 2) 치료일수는 각 군간에 유의한 차이가 없었다.
- 3) 각군에서 치료 전후의 심박수, 혈압의 변화는 유의하지 않았다.

4) 각군에서 치료 전후의 동맥혈 pH, P_{CO_2} , P_{O_2} 의 변화는 임상적으로 유의하지 않았다.

5) 폐포 동맥간의 산소 분압 차이는 IPPB와 IPV를 동시에 시행한 군에서 치료전에 비하여 치료후에 유의하게 낮아졌다.

이상의 결과로 IPV는 종래의 IPPB나 흉부 물리 요법보다 무기폐의 치료성적에서 우수하고, 기존의 방법에 비하여 특별한 부작용은 없는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Bateman JRM, Newman SP, Caunt KM, et al: *Regional lung clearance of excessive bronchial secretions during chest physiotherapy in patients with stable chronic airways obstruction. Lancet* 1:294, 1979
- 2) Sutton P, Lopez-Vidriero MT, Pavia D, et al: *Assessment of percussion, vibratory shaking and breathing exercises in chest physiotherapy. Eur J Respir Dis* 66: 147, 1985
- 3) 김성덕, 백희정, 강훈: 개에서 폐내진동환기법이 심폐혈역학 및 산소운반능에 미치는 영향. 대한마취과학회지 22:211, 1989
- 4) Shipiro BA, Harrison RA, Kacmarek RM, et al: *Clinical application of respiratory care. 3rd ed, Chicago, Year Book Medical Publishers, 1985, p 120*
- 5) Bird FM: *Intrapulmonary percussive ventilation (IPV), a seven year historical summation of theory applications and trends. Memorandum, 1987*
- 6) Nunn JF: *Applied respiratory physiology. 3rd ed, London, Butterworths, 1987, p 242*