

## 폐질환환자의 동맥혈가스분석\*

계명대학교 의과대학 임상병리학교실

형정애 · 전동석 · 김재룡

==Abstract==

### Arterial Blood Gas Analysis in Patients with Pulmonary Disease

Jung Ae Hyun, MD; Dong Seok Jeon, MD; Jay Ryong Kim, MD

Department of Clinical Pathology, Keimyung University  
School of Medicine, Taegu, Korea

Arterial blood gas analysis has been established as an important aid to diagnosis, therapy, and prognosis in pulmonary diseases.

Authors analyzed the results of arterial blood gas analysis of 136 pulmonary disease patients requiring oxygen therapy at the emergency room.

In patients with chronic obstructive pulmonary disease, the findings are consistent with respiratory acidosis,  $PCO_2$  being abnormally high in 53.3% of the cases and  $PO_2$  below 80 mmHg in 88.9%.

In patients with bronchial asthma, the  $PO_2$  levels were higher than ones with chronic obstructive pulmonary disease but the results of remaining parameters were essentially similar.

The patients of lung cancer were significantly increased in pH, comparing with ones of other pulmonary diseases ( $p < 0.005$ ), and significantly fell in  $PCO_2$  comparing with ones of bronchial asthma ( $p < 0.01$ ).

### 서 론

호흡기계는 조직과 세포에 산소를 공급하며 생긴 대사에 의해 생긴 탄산가스를 배출시킨다. 뿐만 아니라 체내 산-염기평형을 유지하기 위한 완충역할을 수행한다. 그러나 호흡계에 이상이 생기게 되면 산-염기평형에 장애를 초래하게 되며 특히 급성 호흡부전이 발생된 경우 산소섭취나 탄산가스배출에 급작스런 장애가 초래되어 생명이 위태롭게 될 것이다. 이러한 급박한 상황을 판단하고 경과를 관찰하기 위한 방법에는 폐기능검사 및 동맥혈가스분석 등이 있으나 중증환자들의 경우에는 폐기능검사

를 실시하는데 따르는 여러가지 어려움이 있으므로 동맥혈가스분석을 하는 것이 경과와 급박성과 증상의 정도를 신속히 확성하게 하며 한편으로는 진단, 치료 및 관리에 정확하고 중요한 자료를 제시해 주게 되어 생존율을 개선시키고 폐질환에 동반될 수 있는 합병증을 감소시킬 수 있다고 한다<sup>1-3)</sup>.

동맥혈가스분석은 1940년대<sup>4)</sup>부터 이용되기 시작하여 1960년대부터는 보편적으로 이용되어 왔다. 최근에 이르러서는 의공학 및 컴퓨터의 발달로 신속하고 정확한 결과를 제공하는 자동화된 혈액가스분석기가 개발되어 대부분의 병원에서 응급검사의 기본장비로 갖추게 되어 폐질환 뿐만 아니라 다른 위급한 환자들에 있어서도 신속하고 정확한 동맥혈

\* 본 논문은 1986년도 계명대학교 응급연구비 및 동산의료원 조사업구비로 이루어졌음.

가스분석 결과를 제공하게 되었다.

저자들은 응급실에서 내원한 환자 중에서 산소 치료 가 필요하다고 인정되는 폐질환 환자들의 산소 투여 전 동맥혈가스분석 결과를 분석 검토하여 환자의 진단, 치료 및 관리에 도움을 주고자 이 연구를 시도하였다.

**재료 및 방법**

1986년 1월부터 1986년 10월까지 계명대학교 동산의료원 응급실에서 입상병리과로 의뢰된 동맥혈 가스분석검사 438례 중 병력지 관찰이 가능했던 136례의 폐질환 환자를 대상으로, 연령 및 성별에 따른 분포를 조사하고 동시에 몇몇 폐질환에 따른 동맥혈가스분석결과를 검토하였으며 정상대조군으로는 본원 입상병리과에 근무하는 성인 남자 10명과 여자 5명을 대상으로 선정하였다.

동맥혈가스분석은 산소 투여전 환자가 편안하게 누운 자세에서 1회용 3cc 플라스틱 주사기에 5,000 IU/ml 헤파린용액(중외제약; pH 6.995, pCO<sub>2</sub> 6.9 mmHg, pO<sub>2</sub> 208.1 mmHg)으로 약 0.065 ml의 사망(dead space)을 채운 후의 요골동맥으로부터 약 1 ml를 채혈한 후 즉시 주사침을 고무마개에 찔러 험기적 상태를 유지하여 5분 이내에 검사를 실시하였으며 요골동맥에서 채혈을 실패한 경우는 대퇴동맥에서 채혈하였다. 이 때 사용된 혈액가스분

석기는 Corning 178 pH/blood gas analyzer(Corning 사, 영국)을 사용하였으며, 이 기기는 정확하고 정밀한 결과를 제공하기 위한 정도관리가 자체 컴퓨터에 의해서 one point calibration과 two point calibration 이 각각 30분 및 2시간마다 자동적으로 시행되어지고 있다. 그리고 혈색소량은 ELT-8(Ortho 사, U.S.A.)을 이용하여 측정하였다.

**성 적**

조사대상자는 남자 86례 및 여자 50례로 도합 136례였다.

연령 별로는 남자는 60~69세군에서 37.2%, 여자는 70세 이후 연령군에서 32%로 가장 많았다.

질환 별로는 만성폐쇄성 폐질환환자가 45례, 기관지천식환자가 36례, 원발성 및 전이성폐암(이하 폐암)환자가 18례, 그리고 기타 폐질환환자가 37례이었다. 폐암환자는 원발성폐암환자가 14례이었고, 전이성폐암 환자가 4례이었으며, 기타 폐질환환자는 폐결핵환자가 가장 많았으며, 폐염, 폐기흉 및 늑막염 등의 환자들로 구성되어 있었다. 만성폐쇄성폐질환환자는 60~69세군 남자에서 40%로 가장 많았으며, 기관지천식환자는 20~29세군 이후 고연 분포를 나타내었으며, 폐암환자는 주로 50~59세군 이후의 남자들에서 많았고, 기타 폐질환환자는 60~69세군 남자에서 가장 많았다. 기관지천식환자를 제외한 다른

Table 1. Age and sex distribution in pulmonary diseases

Age	Sex	COPD* No. (%)	Asthma No. (%)	Malignancy No. (%)	Others No. (%)	Total
10-19	M			1( 5.6)	1( 2.7)	2( 1.5)
	F				2( 5.4)	2( 1.5)
20-29	M		2( 5.6)		3( 8.1)	5( 3.7)
	F		2( 5.6)		1( 2.7)	3( 2.2)
30-39	M	2( 4.4)	3( 8.3)		3( 8.1)	8( 5.9)
	F		3( 8.3)			3( 2.2)
40-49	M	3( 6.7)	2( 5.6)	2(11.1)	5(13.5)	12( 8.8)
	F		4(11.1)	1( 5.6)	1( 2.7)	6( 4.4)
50-59	M	5(11.1)	4(11.1)	4(22.2)	1( 2.7)	14(10.3)
	F	3( 6.7)	3( 8.3)	3(16.7)	4(10.8)	13( 9.6)
60-69	M	18(40.0)	4(11.1)	4(22.2)	6(16.2)	32(23.5)
	F	1( 2.2)	4(11.1)		2( 5.4)	7( 5.1)
≥70	M	3( 6.7)	2( 5.6)	3(16.7)	5(13.5)	13( 9.6)
	F	10(22.2)	3( 8.3)		3( 8.1)	16(11.8)
M : F		31 : 14	17 : 19	14 : 4	24 : 13	86 : 50
Total		45(100)	36(100)	18(100)	37(100)	136

\* COPD: Chronic Obstructive Pulmonary Disease

Table 2. Comparisons of mean values of arterial blood gas analysis in pulmonary diseases

	pH	PCO <sub>2</sub>	PO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	B. E	O <sub>2</sub> CT	O <sub>2</sub> sat.	T. CO <sub>2</sub>
Control	7.39±0.04*	38.9±5.4	95.4±9.3	23.6±2.9	-0.5±2.6	19.2±1.7	97.1±0.9	24.5±2.8
COPD	7.34±0.16	44.5±14.6	56.7±14.6	26.4±8.7	2.1±7.3	15.3±3.9	86.1±11.1	29.0±8.5
Asthma	7.37±0.09	46.2±10.4	65.5±16.6	26.2±4.0	0.7±4.4	19.0±1.5	89.5±6.3	27.6±4.1
Cancer	7.45±0.07	39.4±7.5	64.0±11.8	27.2±4.4	3.9±4.5	16.4±0.5	92.2±3.4	28.6±4.9
Others	7.39±0.10	43.0±12.7	57.0±16.1	26.1±6.0	1.6±5.5	15.8±2.4	85.4±10.8	27.4±6.3

\* Mean and 1 S. D. range

폐질환환자들에 있어서는 남자가 여자보다 전격히 많았으며 특히 폐암환자에서 약 3.5배 많았다(표 1).

질환별 동맥혈가스분석의 정지순 만성폐쇄성폐질환환자에서는 pH 7.34±0.16, pCO<sub>2</sub> 44.5±14.6 mmHg, pO<sub>2</sub> 56.7±14.6 mmHg 및 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 26.4±8.7 mEq/L로 정상대조군에 비해 pH는 저하되어 있으나 통계적 유의성은 없었으며(p>0.05), pO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> content(이하 O<sub>2</sub>CT) 및 산소포화도는 현저하게 감소하였다(p<0.005).

기관지천식환자에서는 pH 7.37±0.09, pCO<sub>2</sub> 46.2±10.4 mmHg, pO<sub>2</sub> 65.5±16.6 mmHg 및 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 26.2±4.0 mEq/L로 정상대조군에 비해 pCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 및 total CO<sub>2</sub>(이하 T. CO<sub>2</sub>)는 유의하게 높았으나 pO<sub>2</sub>와 산소포화도는 유의하게 낮았다(p<0.01).

폐암환자에서는 pH 7.45±0.07, pCO<sub>2</sub> 39.4±7.5 mmHg, pO<sub>2</sub> 64.0±11.8 mmHg, 및 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 27.2±

4.4 mEq/L로 정상대조군에 비해 pH, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, base excess(이하 B.E) 및 T. CO<sub>2</sub>는 유의하게 높았으나 pO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>CT 및 산소포화도는 유의하게 낮았다(p<0.01).

기관지천식환자에서는 pH 7.39±0.10, pCO<sub>2</sub> 43.0±12.7 mmHg, pO<sub>2</sub> 57.0±16.1 mmHg 및 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 26.1±6.0 mEq/L였으며 정상대조군에 비해 pO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>CT 및 산소포화도는 유의하게 낮았다(p<0.01)(표 2).

Tietz<sup>2)</sup>가 발표한 동맥혈가스분석의 정상범위와 비교해 보면 pH에 있어서는 정상범위 7.35~7.45이 하는 기관지천식환자에서 38.9%로 가장 많았으며, 이질은 폐암환자에서 50%로 가장 많았다. pCO<sub>2</sub>에서는 정상범위 35~45 mmHg 이상은 기관지천식환자에서 55.6%, 만성폐쇄성폐질환환자에서 53.3%로 가장 많았으며, 이하는 폐암환자에서 33.3%로 가장 많았다. pCO<sub>2</sub>에서는 80 mmHg 이상은 폐암환자에

Table 3. Distribution of abnormal datas of arterial blood gas analysis in pulmonary diseases

		COPD No. (%)	Asthma No. (%)	Malignancy No. (%)	Others No. (%)
pH	<7.35	16(35.6)	14(38.9)	1(5.6)	12(32.4)
	7.35~7.45	20(44.4)	19(52.8)	8(44.4)	16(43.2)
	>7.45	9(20.0)	3(8.3)	9(50.0)	9(24.3)
PCO <sub>2</sub>	<35	10(22.2)	2(5.6)	6(33.3)	11(29.7)
	35~45	11(24.4)	14(38.9)	9(50.0)	13(35.1)
	>45	24(53.3)	20(55.6)	3(16.7)	13(35.1)
PO <sub>2</sub>	<46	14(31.1)	2(5.6)		6(16.2)
	40~59	14(31.1)	13(36.1)	6(33.3)	18(48.6)
	60~79	12(26.7)	15(41.7)	8(44.4)	9(24.3)
	80~89	2(4.4)	3(8.3)	2(11.1)	2(5.4)
	≥90	3(6.7)	3(8.3)	2(11.1)	2(5.4)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<18	5(11.1)		1(5.6)	4(10.8)
	18~28	16(35.6)	24(66.7)	12(66.7)	19(51.4)
	>28	24(53.3)	12(33.3)	5(27.8)	14(37.8)
B. E.	<-2	11(24.4)	6(16.7)	2(11.1)	13(35.1)
	-2~3	14(31.1)	20(55.6)	7(38.9)	10(27.0)
	>3	20(44.4)	10(27.8)	9(50.0)	14(37.8)
O <sub>2</sub> Sat	<95%	36(80.0)	29(80.6)	12(66.7)	31(83.8)
	≥95%	9(20.0)	7(19.4)	6(33.3)	6(16.2)
T. CO <sub>2</sub>	<22	7(15.6)	2(5.6)	3(16.7)	9(24.3)
	22~30	15(33.3)	24(66.7)	10(55.6)	14(37.8)
	>30	23(51.1)	10(27.8)	5(27.8)	14(37.8)

서 22.2%로 가장 많았으며, 이하는 기타폐질환환자에서 가장 많았다.  $\text{HCO}_3^-$ 에서는 정상범위 18~28 mEq/L 이상은 만성폐쇄성폐질환환자에서 가장 많았으며, 이하는 폐암환자에서 가장 많았다(표 3).

## 고 찰

호흡기계의 기능은 호흡에 직접 관여하는 호흡기능과 부수적인 기능에 속하는 비호흡기성 기능으로 나눌 수 있다.

비호흡기성기능으로 폐에는 histamine 과 serotinine 등의 물질과 여러가지 효소가 있어서 이들에 의해 대사기능, fibrin clump 와 clot 등을 여과하는 여과기능, 항상 외계와 접하는 부위로 각종 이물과 곁하게 되므로 이들에 대한 방어기능, 그리고 각종 상태에 따른 부종을 형성할 수 있는 fluid exchange 기능이 있다.

호흡기능은 폐포-모세혈관을 통한 가스교환으로 일어나는데 이들의 과정에 따라 환기, 확산, 관류, 환기-관류 불균등 및 산소운반기능으로 세분할 수 있다<sup>10)</sup>. 환기는 흡입된 공기가 폐포까지 들어가서 폐동맥혈과 가스교환이 일어나기까지의 호흡을 말하며 크게 신경적 조절과 화학적 조절로 나눌 수 있다. 화학적 조절은  $\text{pO}_2$ 와 pH 즉  $\text{pCO}_2$ 에 의해 조절되며<sup>11~16)</sup>, 저산소 자극은 정상에서는 기능이 약하나 만성저산소증 때는 크게 영향을 주고 있다. 확산은 산소와 탄산가스가 혈액가스관문을 이동함을 말하며 확산이상이 있을 때 실제로 저산소증을 일으키는지는 확실치 않다고 한다<sup>17)</sup>. 관류에 영향을 주는 요인에는 폐동맥압, 폐용적량 및 폐동맥 혹은 폐세동맥평활근긴장력의 변화 등이 있으며 여기에 관여하는 가장 큰 효과는  $\text{pO}_2$ 에 의한다고 한다<sup>10)</sup>. 환기-관류불균등은 환기가 저하된 폐포의 정상관류 또는 정상환기폐포의 관류 저하로 동맥혈 저산소증의 가장 중요한 원인이라고 한다<sup>18)</sup>. 과거 확산이상으로 설명하던 간질성폐질환의 저산소증도 실제로는 환기관류불균등에 의한 것으로 판명되었다<sup>19)</sup>. 1g의 혈액소가 포화될 수 있는 산소량은 1.34 cc 가 되며 혈액에 의해 옮겨지는 총산소량은 혈액소량과  $\text{pO}_2$  등의 요인에 의해 좌우되며 이것을 판단하는 때는 산소해리곡선이 중요하다.

그러나 각종 폐질환이 계속 진행되면 궁극적으로 환기조절의 장애 이외에 폐쇄성 또는 제한성 폐질환을 동반하게 되며 이들은 폐의 실질부 변화를 가져옴과 동시에 환기장애도 초래되어 이에 따른 단계

적 변화를 나타내게 된다.

만성폐쇄성폐질환에서는 탄산과잉에 의하여 저환기가 일어나는 대신 저산소 자극에 의하여 동맥화학수용기가 자극을 받아 환기가 유지되고 있으며 저산소증 자체는 매우 위험한 것이므로 산소공급으로 교정하지 않으면 안되는데 이때  $\text{pO}_2$ 가 필요 이상 높게 되면 유일한 저산소유도기능을 잃게 되며 호흡기산혈증은 더욱 깊게 되어 소위 "CO<sub>2</sub> narcosis"를 유발하게 된다. Charles<sup>20)</sup>가 보고한 만성폐쇄성폐질환환자의 동맥혈가스분석은 pH 6.95~7.48(평균 7.28),  $\text{pCO}_2$  30~150 mmHg(평균 81.1) 및  $\text{pO}_2$  25~62 mmHg(평균 36.3)로 저자들의 성적인 pH 7.04~7.53(평균 7.34),  $\text{pCO}_2$  25.5~124.2 mmHg(평균 44.5) 및  $\text{pO}_2$  24.1~86.0 mmHg(평균 56.7)와 비슷하게 나타났으나 평균에서의 차이를 보이는 것은 질환의 경중정도에 따른 환자수의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

폐에는 현저히 다른 성질과 반사효과를 가지는 pulmonary stretch receptors, irritant receptors 및 type J receptors 등의 3종류의 receptor가 있다고 한다<sup>21,22)</sup>. 이 중 irritant receptors는 기도상피세포 사이에 있으며 흥분의 주된 원인은 기계적인 자극물질뿐만 아니라 히스타민과 암모니아와 같은 화학적 자극 약제라고 제시했다<sup>23)</sup>. Nadel<sup>24)</sup>과 Gold<sup>25)</sup>는 알레르기성 천식발작 동안에 분비되는 히스타민이 irritant receptor를 자극하여 반사적인 기관지 수축이 생기고 환기가 증가하게 된다고 하였으며 히스타민의 기도평활근에 직접적인 효과는 상당히 적다고 했다. 기관지천식환자에서  $\text{pCO}_2$ 의 상승을 Tsuchiya<sup>26)</sup>는 47%에서 그리고 Murata<sup>27)</sup>는 70%에서 보인다고 하였으며 60 mmHg 이상되는 환자가 Tsuchiya<sup>26)</sup>는 13.2%, Downes<sup>28)</sup>는 22.2%, 그리고 Simpson<sup>29)</sup>는 16.7%에서 나타났다고 보고하였다. 저자의 성적에서는 55.6%에서  $\text{pCO}_2$ 의 상승을 보였고 60 mmHg 이상되는 환자는 11.1%로 위의 보고들과는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

폐암환자에 있어서는 만성폐쇄성폐질환과 기관지천식환자에 비해 pH는 유의있게 높았으며( $p < 0.001$ )  $\text{pCO}_2$ 는 기관지천식환자에 비해 유의하게 낮았다( $p < 0.01$ ). 이러한 차이가 나타나는 이유는 정확하게 알 수 없었으며 앞으로 더 연구검토해 보아야 될 것으로 사료된다.

## 요 약

응급실로 내원한 폐질환환자중 산소치료가 요구되

는 86례의 남자와 50례의 여자환자를 대상으로 연령 및 성별에 따른 질환분포를 조사하고 폐질환들에 대한 동맥혈가스분석결과를 검토하였다.

폐질환은 60~69세군의 남자에서 23.5%로 가장 많은 것으로 나타났다.

만성폐쇄성폐질환환자의 동맥혈가스분석의 성적은 pH 7.34±0.16, pCO<sub>2</sub> 44.5±14.6 mmHg, 및 pO<sub>2</sub> 56.7±14.6 mmHg 로 나타났으며 pCO<sub>2</sub> 가 정상범위 이상인 환자가 53.3%였다.

기관지질환환자의 성적은 pH 7.37±0.09, pCO<sub>2</sub> 46.2±10.4 mmHg 및 pO<sub>2</sub> 65.5±16.6 mmHg 로 나타났으며 pCO<sub>2</sub> 가 정상범위 이상인 환자가 55.6%였다.

폐암환자의 성적은 pH 7.45±0.07, pCO<sub>2</sub> 39.4±7.5 mmHg 및 pO<sub>2</sub> 64.0±11.8 mmHg 로 나타났으며 pCO<sub>2</sub> 가 정상범위 이상인 환자는 35.1%로 나타났다.

폐질환들의 동맥혈가스분석의 성적은 비교해 보면 폐암환자에서 다른 폐질환환자들에 비해 pH 가 의의있게 높았으며 (p<0.001) pCO<sub>2</sub> 는 기관지질환환자에 비해 폐암환자에서 의의있게 낮았다(p<0.01).

### 참 고 문 헌

- Campbel EJM: The management of acute respiratory failure in chronic bronchitis and emphysema. *Am Rev Respir Dis* 1967; 96: 626-639.
- Smith JP, Stone RW, Muschenheim C: Acute respiratory failure in chronic lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1968; 97: 791-803.
- Walter JO, James PB: Controlled low-flow oxygen in the management of acute respiratory failure. *Chest* 1973; 63: 818-821.
- Riley RL, Proemmel DD, Franke RE: (Bubble method) A direct method for determination of oxygen and carbon dioxide tension in blood. *J Biol Chem* 1945; 161: 621.
- 박원균, 이원기, 김형태, 박근수, 서인옥, 손형석, 이진경, 채의업: 해파린이 혈액의 pH, PCO<sub>2</sub> 및 PO<sub>2</sub> 에 미치는 영향. *최신헌학* 1986; 29: 449-457.
- Shapiro BA: *Clinical application of blood gases*, ed 2. Chicago, Yearbook Medical Publisher, 1977, p 156.
- Mueller RG, Lang GE, Bean IM: Bubbles in samples for blood gas determinations. *Am J Pathol* 1966; 195: 181-183.
- Whitlow KJ: Is it necessary to transport arterial blood samples on ice for pH and gas analysis?. *Can Anaesth Soc J* 1984; 31: 568-571.
- Tietz NW: *Textbook of clinical chemistry*. Philadelphia, WB Saunders Co, 1986, pp 1811-1850.
- 김정규: 호흡기계의 병태생리. *최신헌학* 1985; 28: 525-531.
- Hornbein TF, Roos A: Specificity of H ion concentration as a carotid chemoreceptor stimulus. *J Appl Physiol* 1963; 18: 580-584.
- Eyzaguirre C, Lewin J: Chemoreceptor activity of the carotid body of the cat. *J Physiol* 1961; 159: 222-237.
- Biscoe TJ, Purves MJ, Sampson SR: The frequency of nerve impulses in single carotid body chemoreceptor afferent fibers recorded in vivo with intact circulation. *J Physiol* 1970; 208: 121-131.
- Fitzgerald RS, Parks DC: Effect of hypoxia on carotid chemoreceptor response to carbon dioxide in cats. *Respir Physiol* 1971; 12: 218-229.
- Lahiri S, Delaney RG: Stimulus interaction in responses of carotid body chemoreceptor single afferent fibers. *Respir Physiol* 1975; 24: 249-266.
- Sampson SR, Hainsworth R: Responses of aortic body chemoreceptors of the cat to physiological stimuli. *Am J Physiol* 1972; 222: 953-958.
- West JB: *Pulmonary pathophysiology-the essentials*, Baltimore, Williams and Wilkins Co, 1977, p 22.
- West JB: *Ventilation/blood flow and gas exchange*, ed 3. London, Blackwell Scientific Publications, 1977.
- 김영수: 동맥혈 가스분석의 임상적 적용, *실례 및 호흡기질환*, 1981; 28: 135-139.
- Charles CH: Errors in management of patients dying of chronic obstructive lung disease. *JAMA* 1967; 199: 148-151.
- Paintal AS: Vagal sensory receptors and

- their reflex effects. *Physiol Rev* 1973 ; 53 : 159—227.
22. Widdicombe JG: *Respiratory Physiology*, London, Butterworth, 1974, pp 273—302.
23. Armstrong DJ, Luck JC: A comparative study of irritant and type J receptors in the cat. *Respir Physiol* 1974 ; 21 : 47—60.
24. Nadel JA: *Asthma*, New York, Academic Press, 1973, pp 29—37.
25. Nadel JA: *Ibid*, pp 169—182.
26. Tsuchiya Y, Bukants SC: Studies on status asthmaticus in children. *J Allergy* 1965 ; 36 : 514.
27. Murata M: Clinical investigation on status asthmaticus. *Allergy* 1970 ; 19 : 987.
28. Downes JJ, et al: Arterial blood gas and acid-base disorder in infants and children with status asthmaticus. *Pediatrics* 1968 ; 42 : 238.
29. Simpson H, et al: Arterial blood gas tensions and pH in acute asthma in childhood. *Br Med J* 1968 ; 3 : 460.