

る。

- (3) これらの患者では、動脈血の  $P_{O_2}$  の低下や  $P_{CO_2}$  の上昇がみられたが、pH については有意の傾向は認められなかった。

- (4) 胸鎖乳突筋の活動の発現には、呼吸量の増加という問題以外に、呼吸抵抗の増加という問題についても考慮せねばならない。  
(本篇の文献は第2篇の末尾に掲載)

## 肺疾患々者における呼吸困難の研究 —とくに呼吸筋筋電図を中心として—

### 〔第2篇〕 低酸素、炭酸ガスおよび呼吸抵抗負荷時における 呼吸筋筋電図学的研究

京都大学結核胸部疾患研究所胸部外科学部（指導：教授 長石忠三・講師 佐川弥之助）

金 泰 希

#### 〔目 次〕

#### 緒 言

#### 第1章 検査対象ならびに検査方法

##### 第1節 検査対象

##### 第2節 検査方法

##### 第1項 被 検 筋

##### 第2項 負荷方法

##### I) 低酸素の負荷方法

##### II) 炭酸ガスの負荷方法

##### III) 呼吸抵抗の負荷方法

##### 第3項 筋活動電流の誘導方法

##### I) 電 極

##### a) 表面電極

##### b) 筋内埋入電極

##### II) 筋 電 計

##### 第4項 動脈血ガス組成および pH の測定方法

##### 第5項 換気量の測定方法

#### 第2章 検査成績

##### 第1節 低酸素負荷(A群)の場合

##### 第1項 筋 電 図

##### 第2項 動脈血ガス組成および pH

##### 第3項 換 気 量

##### 第2節 炭酸ガス負荷(B群)の場合

##### 第1項 筋 電 図

##### 第2項 動脈血ガス組成および pH

##### 第3項 換 気 量

##### 第3節 呼吸抵抗負荷(C群)の場合

##### 第1項 筋 電 図

##### 第2項 動脈血ガス組成および pH

##### 第3項 換気量の経時的变化

#### 第4章 本篇総括ならびに考按

#### 本篇結論

#### 全篇総括ならびに結論

#### 緒 言

第1篇において、著者は、所謂「呼吸困難」は自覚的なものだけではなく、他覚的に努力性呼吸が認められる場合をも含めるとする Christie の見解をとることを述べた。

そして、この努力性呼吸が呼吸筋によって行なわれる限り、何らかの変化が呼吸筋にみられるはずであると考え、呼吸筋の活動を確実にとらえることのできる筋電図を応用して、安静時に呼吸困難のある肺疾患々者の、各種呼吸筋の活動状態を観察した。

そして、その結果、胸鎖乳突筋の活動をもって呼吸困難の客観的な指標とし得ることがわかった。

また、これらの患者では、 $P_{aO_2}$  の低下、 $P_{aCO_2}$  の上昇がみられたが、換気量については、正常人に比し有意の差はみられなかった。

そこで、本篇では、こうした  $Pa_{O_2}$  の低下や  $Pa_{CO_2}$  の上昇が、呼吸困難とどのような関係があるかについて検討するために、実験的に低酸素負荷、炭酸ガス負荷を行ない、筋電図、動脈血ガス組成、pH、および換気量等の変化を観察した。

さらに、肺疾患々者で呼吸困難を訴えるものの中には、肺気腫や気管支喘息のような閉塞性換気障害のあるものが多く、その場合には、呼吸抵抗が呼吸困難の主要な因子と考えられるので、実験的に呼吸抵抗負荷を加えて、呼吸困難と、呼吸筋筋電図、動脈血ガス組成、pH、および換気量等の変化について検討した。

### 第1章 検査対象ならびに検査方法

#### 第1節 検査対象

検査対象は、京都大学結核胸部疾患研究所に入院中の肺疾患々者のうち、安静時に呼吸困難

のないもので、しかも比較的肺機能障害の少ない症例23例で、これを以下の3群にわけた。すなわち、表1、2および3に示すように、低酸素負荷群6名(A群)、炭酸ガス負荷群7名(B群)および呼吸抵抗負荷群10名(C群)である。

#### 第2節 検査方法

##### 第1項 被検筋

第1篇と同じく、いずれも右側の、第5～7助間筋、腹壁筋(外腹斜筋または腹横筋)、前斜角筋および胸鎖乳突筋を被検筋として選び、また、呼吸の相の変化をPneumotachographで同時記録した。検査はすべて仰臥位で行なった。

##### 第2項 負荷方法



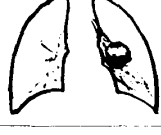




##### 1) 低酸素の負荷方法

予めダグラス・バッグの中に入れておいた低酸素ガス(7.5%～9.6%  $O_2$ , 他は  $N_2$ ) を、Jバルブを通して吸入させ、呼気を別のダグラス・バッグに採取した。この吸気回路の中間に Pneumotachometer を接合

表1 検査対象 (A群)

症例	氏名	年齢	性	病名	X線像	肺活量 cc	%肺活量 %	1秒率 %
1	豊 ○	22	♂	肺結核 (右下切後)		2850	65	65
2	三 ○	56	♂	肺癌		3150	91	80
3	岩 ○	41	♂	肺結核		5200	131	63
4	柳 ○	28	♂	気管支拡張症 (右)		3500	82	85
5	東 ○	49	♂	肺癌		2650	74	60
6	津 ○	59	♂	肺癌		3350	99	60

表 2 検 査 対 象 (B群)

症 例	氏 名	年 令	性	病 名	X 線 像	肺 活 量	%肺活量	1 秒 率
						cc	%	%
1	豊 ○	22	♂	肺 結 核 (右 下 切 後)		2850	65	65
2	佐 ○	42	♂	肺 結 核 (玉 結 入 核 れ)		2850	75	77
3	伊 ○	39	♂	肺 結 核		4100	102	61
4	太 ○	26	♂	肺 結 核		4600	114	73
5	伴 ○	42	♂	肺 結 核		3900	105	78
6	岡 ○	35	♂	肺 結 核 (玉 結 入 核 れ)		2850	68	60
7	中 ○	36	♂	肺 結 核		3900	99	74

し、吸気時の呼吸曲線を描記した。

II) 炭酸ガスの負荷方法

福田医理化無水式レスピロメーターのバッグ内に、予め 7ℓ の純酸素を充満しておき、これを閉鎖回路で反復呼吸せしめた。これにより、患者は自己の呼出した CO<sub>2</sub> ガスを再び吸入することになり、漸次バッグ内の CO<sub>2</sub> 濃度が高まって炭酸ガス負荷がかかることになる。

III) 呼吸抵抗の負荷方法

長さがいずれも 7.5cm で、内径がそれぞれ 7mm, 4.5mm, および 3mm の 3 種類のガラス管をマウスピースの中に固定して、これを無水式レスピロメーターに接続し、このガラス管を介して呼吸せしめた。これによって、吸息にも呼息にも粘性抵抗負荷を与えることが可能となるわけである。

そのうちわけは、純酸素吸入下に内径 7mm の負荷 1 例、純酸素吸入下に内径 4.5mm の負荷 3 例、空気吸入下に内径 4.5mm の負荷 2 例、純酸素吸入下に内径 3mm の負荷 5 例、そして、空気吸入下に内径 3mm の負荷 4 例である。

第 3 項 筋活動電流の誘導方法

I) 電 極

i) 表面電極の方法は第 1 篇の場合と同じで、これを A 群 2 例および B 群 5 例に用いた。

ii) 筋内埋入面極の方法も第 1 篇の場合と同じであり、これを A 群 4 例、B 群 2 例、C 群 10 例に用いた。

II) 筋 電 計

筋電計も第 1 篇で使用したのと同じである。

第 4 項 動脈血ガス組成、pH の測定方法

これらの測定も第 1 篇の場合と同じく、I.L.メータ

表 3 検 査 対 象 (C群)

症 例	氏 名	年 令	性	病 名	X 線 像	肺 活 量 cc	%肺活量 %	1 秒 率 %
1	下 ○	23	♂	肺 結 核		4900	118	87
2	福 ○	37	♂	肺 結 核		4300	107	74
3	齊 ○	26	♂	肺 結 核		3400	86	48
4	井 ○	29	♀	頸 部 リンパ 腺 結 核		3200	111	81
5	中 ○	25	♂	肺 結 核		5750	130	75
6	山 ○	42	♀	縦 隔 腫 瘍		2950	110	62
7	佐 ○	34	♂	肺 結 核		5250	138	70
8	為 ○	36	♂	肺 結 核		4350	108	98
9	平 ○	32	♂	肺 結 核		4100	106	77
10	小 ○	22	♀	肺 結 核		2600	87	77

一を使用した。

第5項 換気量の測定方法

A群の換気量の測定は、第1篇の呼吸困難患者の場合と同じように、ダグラス・バッグに採取された最初

の5分間の呼気量をガスメーターで測定し、これから分時換気量および1回換気量を求めた。呼吸数は負荷前、負荷時のPneumotachographの記録から求めた。

B群およびC群の場合は、無水式レスピロメーターの記録計から、呼吸数、1回換気量、分時換気量を求めた。

なお、1回換気量および分時換気量はB.T.P.S. に換算した。

## 第2章 検査成績

### 第1節 低酸素負荷 (A群) の場合

#### 第1項 筋電図

A群の筋電図上の変化は表4に示す通りである。すなわち、負荷前の安静時の筋電図では、表面電極および筋内埋入電極で、肋間筋の活動は1例にしか認められない。また、前斜角筋お

よび胸鎖乳突筋には活動がみられない。しかし、深呼吸または強制呼吸になると、いずれの呼吸筋も活動を示すようになる。

低酸素負荷時の変化についてみると、低酸素を負荷してかなりきつい Hypoxemia に至らしめても、肋間筋の活動は認められない。

胸鎖乳突筋の活動は、負荷により、5例中2例に吸息性放電として認められるが、このうち1例には呼息性放電も認められる。他の3例は無活動であるか特に変化を示さない。

症例1は、負荷開始後3分50秒で呼吸困難を訴えたが、そのときの胸鎖乳突筋は吸息性およ

表4 低酸素負荷時の呼吸筋筋電図

電極	症例氏名	被験筋	負 荷 前			低 酸 素 負 荷
			安 静 時	深 呼 吸	強 制 呼 吸	
表面電極	1 豊	肋間筋	(-)	(-)	(i)	開始(8.7%O <sub>2</sub> ). 3'50'' (d)
		前斜角筋	(-)(i)	(ii)	(i)	(i) (ii)(e)
		胸鎖乳突筋	(-)	(ii)	(i)	(-) (i)(e)
	2 三	肋間筋	(-)	(i)(e)	(i)(e)	開始(8.2%O <sub>2</sub> ). 8'21''.
		前斜角筋	(-)	(i)(e)	(i)	(-) (-)
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)(e)	(i)	(-) (不明)
筋内埋入電極	3 岩	肋間筋	(-)	(i)	(i)	開始(7.5%O <sub>2</sub> ). 11'38''.
		前斜角筋	(-)	(i)	(ii)	(-) (i)
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(ii)	(-) (i)
4 柳	肋間筋	(-)	(-)	(-)	開始(8.7%O <sub>2</sub> ). 8'56''.	
	前斜角筋	(-)	(i)	(i)	(-) (-)	
	胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(i)	(-) (-)	
5 東	肋間筋	(-)	(i)	(i)	開始(9.6%O <sub>2</sub> ). 5'35''.	
	前斜角筋	(-)	(i)(e)	(-)(i)	(-) (-)	
	胸鎖乳突筋	(-)	(-)	(-)	(-) (-)	
6 津	肋間筋	(i)	(ii)	(i)	開始(7.5%O <sub>2</sub> ). 6'37''.	
	前斜角筋	(-)	(ii)(e)	(ii)	(i) (i)(e)	
	胸鎖乳突筋	(-)	(ii)(e)	(ii)	(-) (-)	

註. (d) : dyspnea の訴え。

び呼吸性インパルスを示している。

前斜角筋も負荷により、大体胸鎖乳突筋と同じような態度を示しているが、6例中3例に吸  
息性活動が認められ、このうち2例は呼吸性活

動をも示している。

図1, 2, 3, 4, および5は、筋内埋入電極でみた  
症例6の筋電図である。

第2項 動脈血ガス組成および pH

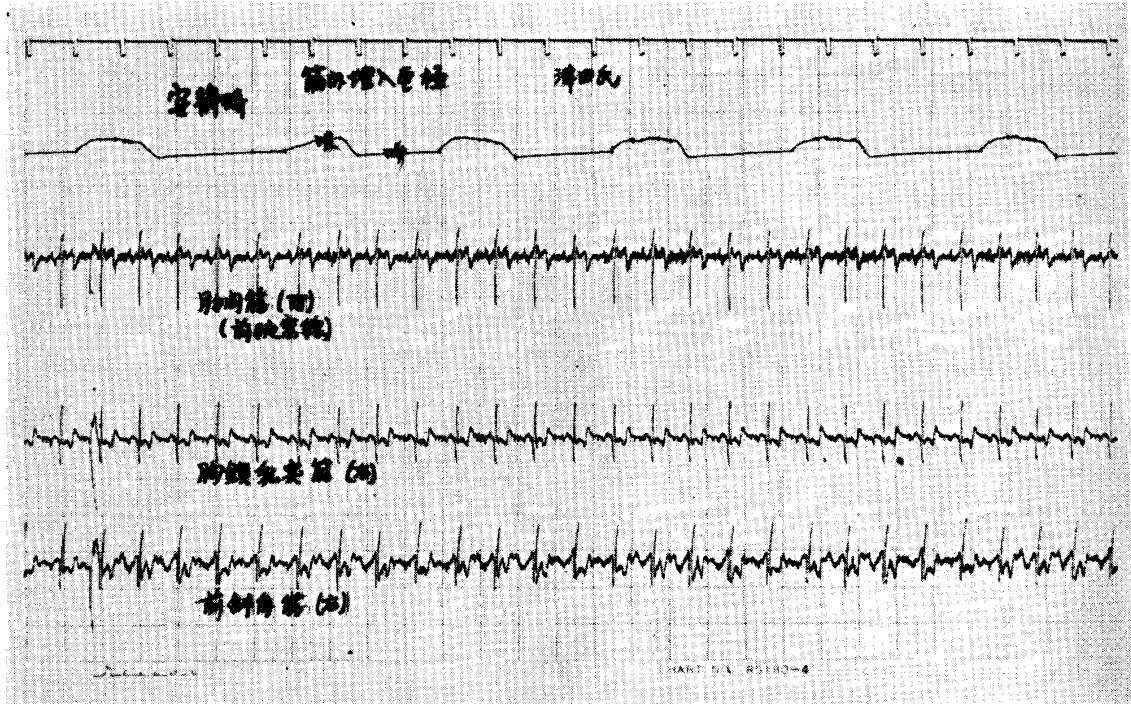


図1 A群(症例6). 筋内埋入電極法. 安静時.  
肋間筋には吸息性放電を認めるが、胸鎖乳突筋、前斜角筋には放電を認めない。

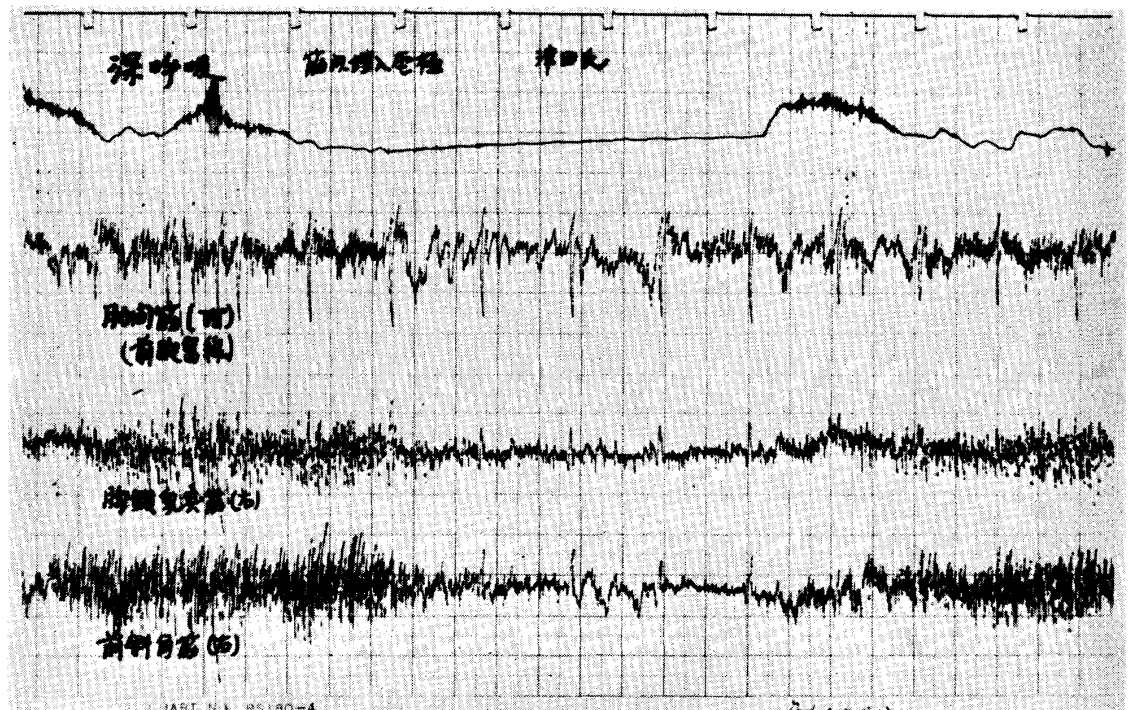


図2 A群(症例6). 筋内埋入電極法. 深呼吸時.  
肋間筋には吸息性放電が認められる。  
胸鎖乳突筋、前斜角筋にも著明な吸呼吸放電を認める。

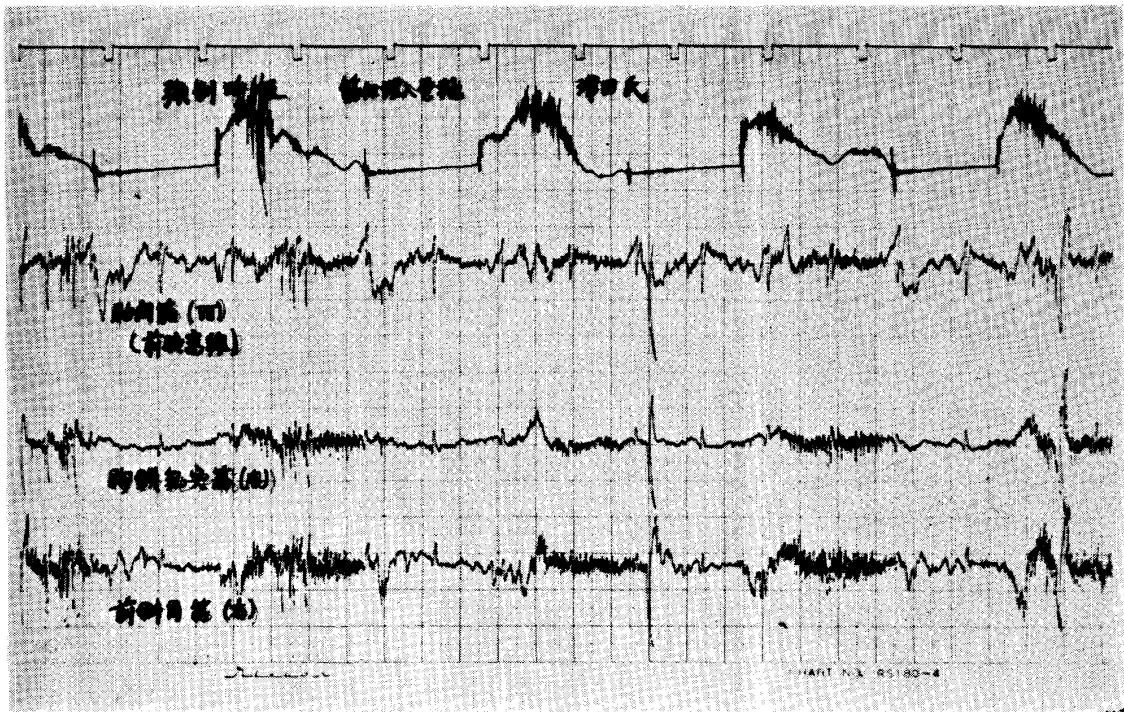


図 3 A群(症例6). 筋内埋入電極法, 強制呼吸時.  
肋間筋, 胸鎖乳突筋, 前斜角筋のいずれもが吸息性放電を示す.

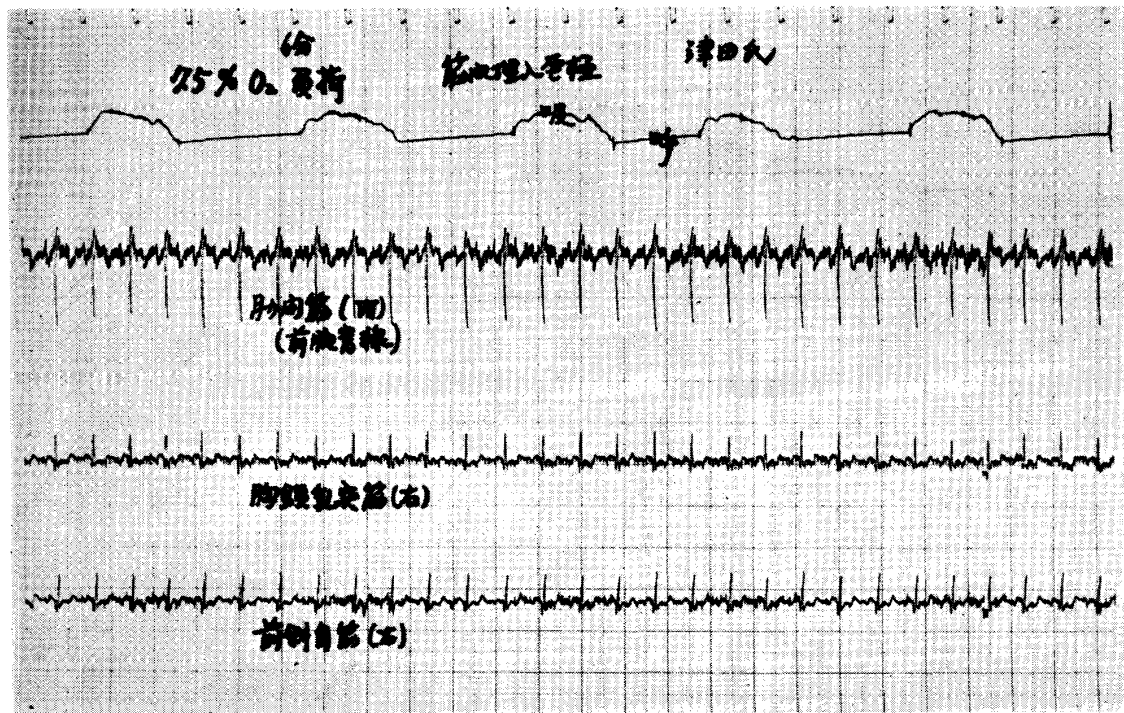


図 4 A群(症例6). 筋内埋入電極法, 低O<sub>2</sub>負荷6分目.  
肋間筋, 前斜角筋には吸息性放電が認められるが, 胸鎖乳突筋には認められない.

A群の動脈血ガス組成およびpHの成績は、表5および図6に示す通りで、PaO<sub>2</sub>は負荷前の平均83.1mmHgから負荷により43.5mmHg～26mmHg(平均34.9mmHg)にまで著明に下降している。

PaCO<sub>2</sub>の変化は6例すべてに低下をみる。すなわち、負荷前の平均42.4mmHgから負荷により35.6mmHg～24.5mmHg(平均29.9mmHg)にまで低下している。

pHの変化は、分時換気量の低下した1例で

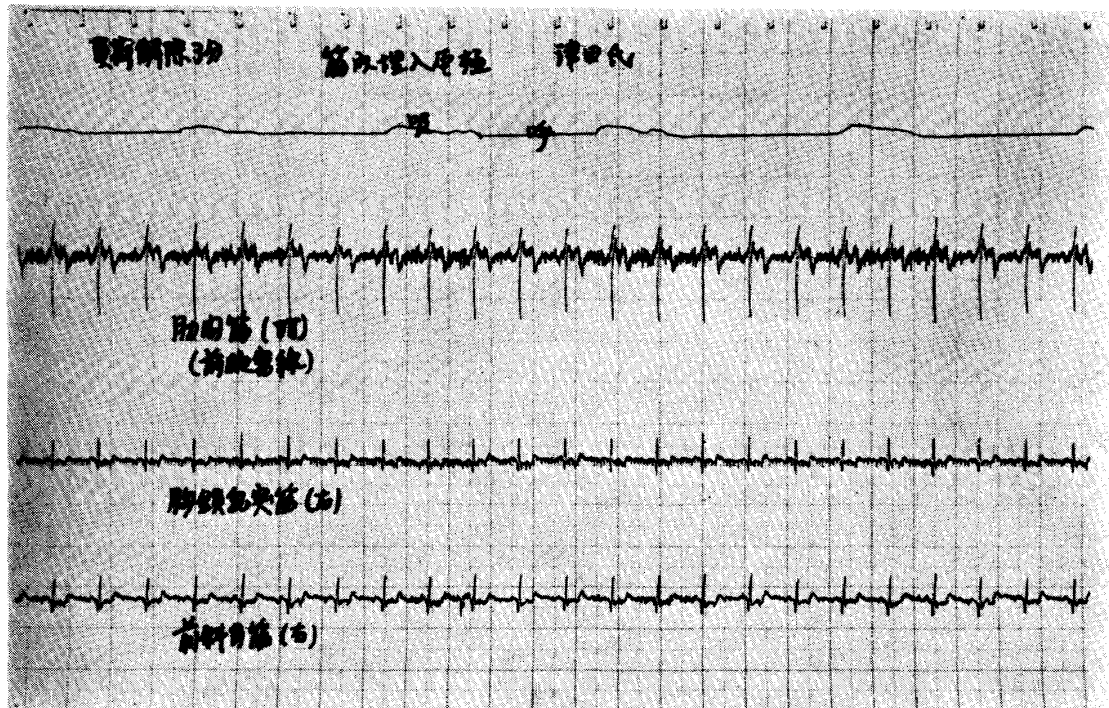


図 5 A群(症例6). 筋内埋入電極法. 低O<sub>2</sub>負荷解除3分目.  
 肋間筋, 前斜角筋には依然として吸息性放電を認める.  
 胸鎖乳突筋は負荷時のときと変わらない.

表 5 低酸素負荷時の動脈血ガス組成, pH および換気量の変動

症例	氏名	低酸素負荷	動脈血ガス, pH			低酸素負荷	換気量			
			PaO <sub>2</sub> mmHg	Paco <sub>2</sub> mmHg	pH		呼吸数	1回換気量	分時換気量	5分間換気量
1	豊 ○	負荷前時	82	42.5	7.410	負荷前時	15	482 <sup>CC</sup>	7231 <sup>CC</sup>	36.155 <sup>ℓ</sup>
		負荷時	43.5	35.6	7.455	負荷時	18	582	10476	/
						変化	1.2倍	1.2倍	1.45倍	
2	三 ○	負荷前時	73	38.7	7.430	負荷前時	22	405	8904	44.521
		負荷時	26	30.4	7.510	負荷時	26	450	11946	/
						変化	1.18倍	1.11倍	1.34倍	
3	岩 ○	負荷前時	75	44	7.440	負荷前時	26	483	12550	61.100
		負荷時	37	31.2	7.500	負荷時	24	534	12730	/
						変化	0.92倍	1.11倍	1.01倍	
4	柳 ○	負荷前時	111.5	49.5	7.440	負荷前時	23	407	9370	46.854
		負荷時	35	32.5	7.500	負荷時	24	461	11071	/
						変化	1.14倍	1.13倍	1.18倍	
5	東 ○	負荷前時	86	44.2	7.460	負荷前時	17	801	13621	68.107
		負荷時	38	25.3	7.580	負荷時	21	731	15351	/
						変化	1.24倍	0.91倍	1.18倍	
6	津 ○	負荷前時	71	35.5	7.453	負荷前時	16	600	11194	55.968
		負荷時	30	24.5	7.425	負荷時	16	562	8901	/
						変化	1.0倍	0.94倍	0.79倍	
平均		負荷前時	83.1	42.4	7.439	変化	1.11倍	1.07倍	1.11倍	
		負荷時	34.9	29.9	7.495					



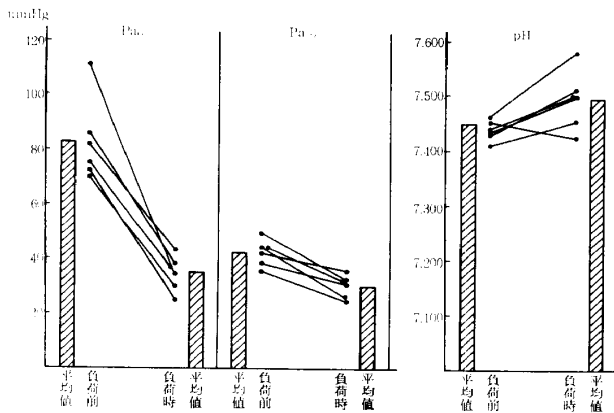


図6 低酸素負荷時の動脈血ガス組成, pH の変動

は, 7.453から7.425へと若干低下の傾向を示しているのに対し, 分時換気量の増加した5例では7.455~7.580で, すべてアルカローシスに傾いている。全例の負荷時の平均は7.495である。

第3項 換気量

A群の換気量の変化は, 表5および図7に示す通りで, 低酸素負荷により呼吸数は0.92倍~1.24倍(平均1.11倍)となっている。ここで, 低酸素負荷がきついほど, つまり, 酸素濃度の低い負荷ほど呼吸数の変化がないか, または減っていることは注目すべきことである。

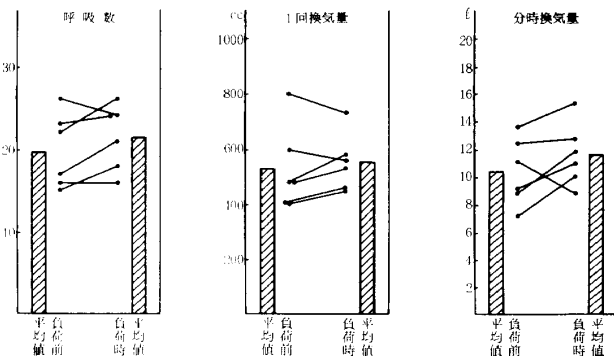


図7 低酸素負荷時における換気量の変動

また, 1回換気量は0.91倍~1.2倍の範囲にあり, 平均1.07倍で, 有意の変化は認められない。

分時換気量は, 0.79倍~1.45倍とややばらつきが大きい, 平均1.11倍となっている。この場合も, 負荷の度合いがきついほど, 換気量は極く僅かの増加または減少を示している。

第2節 炭酸ガス負荷 (B群) の場合

第1項 筋電図

B群の筋電図上の変化は表6に示す通りであ

る。すなわち, 負荷前の安静時の筋電図では, 肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋, 腹壁筋のいずれの呼吸筋も, 表面電極による検索ではその活動が認められない。しかし, 筋内埋入電極による検索では肋間筋の吸息性活動が認められる。

これが深呼吸または強制呼吸になると, いずれの筋を問わず, 吸息性または呼息性放電の発現をみるか, 放電の増強をみるようになる。とくに腹壁筋の場合は, 吸息性放電を示すときと呼息性放電を示す場合とがある。

炭酸ガスを負荷すると, 負荷開始時にすでに肋間筋の活動を示した3例のうち, 1例は負荷のすすむにつれて放電の増強を示し, 他の2例は変化を示さなかった。負荷開始時に放電のなかった4例においては, 負荷がすすむと3例が吸息性放電を示すようになった。このうち1例は呼息性放電をも示すようになった。

前斜角筋については, 負荷開始時にすでに活動を示すのは表面電極の2例と筋内埋入電極の1例のみであり, 他のものは活動を示さない。負荷がすすむにつれて, 無活動であった4例すべてが吸息性活動を示すに至るが, このうちの1例は呼息性活動をも示している。負荷開始時すでに活動のあったものは, 負荷がすすむにつれ放電の増強をきたすようになる。

腹壁筋は, 負荷開始時には7例中6例が無活動であったが, 負荷がすすむにつれ3例が吸息性放電, 1例が呼息性放電を示すようになる。負荷開始時にすでに活動のあった1例では, 負荷がすすむにつれて放電の増強をきたしている。

胸鎖乳突筋は, 負荷開始時には7例中5例が無活動であるが, 負荷がすすむにつれて5例中4例が吸息性放電を, このうち1例は呼息性放電をも示すようになる。負荷開始時にすでに活動放電を示していた2例は, 負荷がすすむにつれ放電の増強をきたしている。

ここで注目すべきことは, 反復呼吸による炭酸ガス負荷で, 7例すべてに自覚的な呼吸困難が招来しているが, これと相前後して, 1例を除いた6例すべてに胸鎖乳突筋の活動が出現していることである。図8, 9, 10, 11, 12, 13, および

表 6 炭酸ガス負荷時の呼吸筋筋電図

電極	症例	氏名	被験筋	負 荷 前			炭酸ガス負荷(反復呼吸法)
				安静時	深呼吸	強制呼吸	
表 面 電 極	1	豊 ○	肋間筋	(-)~(i)	(ii)	(ii)	開始. 4分. 6'20''(d). (i) (ii) (ii)(e)
			前斜角筋	(-)~(i)	(ii)	(ii)	(i) (ii) (ii)(e)
			胸鎖乳突筋	(-)~(i)	(ii)	(ii)	(i) (ii) (ii)(e)
			腹壁筋	(-)	(-)	(i)	(-) (-) (-)
	2	佐 ○	肋間筋	(-)	(ii)(e)	(i)	開始. 3'52''. 7'40''. 9'34''(d). 9'49''. (-) (-) (-) (-) (-)
前斜角筋			(i)	(ii)	(ii)	(i) (-) (i) (i) (i)	
胸鎖乳突筋			(-)	(ii)	(ii)	(-) (-) (-) (-) (i)	
腹壁筋			(-)	(ii)(e)	(i)	(-) (-) (-) (-) (-)	
3	伊 ○	肋間筋	(-)	(i)	(i)	開始. 3'30''. 4分. 5分. 5'50''(d). (-) (-) (i) (i) (i)	
		前斜角筋	(-)	(ii)	(ii)	(-) (i) (i) (i) (i)	
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(ii)	(-) (-) (-) (i) (i)	
		腹壁筋	(-)	(i)	(i)	(-) (-) (-) (i) (i)	
4	太 ○	肋間筋	(-)	(i)	(i)	開始. 5'30''. 7'50''(d). 8'12''. (-) (-) (i) (i)	
		前斜角筋	(-)	(i)	(i)	(-) (-) (-) (i)	
		胸鎖乳突筋	(-)	(-)	(i)	(-) (-) (-) (-)	
		腹壁筋	(-)	(-)	(i)	(-) (i) (i) (i)	
5	伴 ○	肋間筋	(-)	(i)(e)	(e)	開始. 5'55''. 6'55''. 7'45''. 7'52''(d). 9'02''. (-) (-) (-) (i) (i) (i)(e)	
		前斜角筋	(-)	(ii)	(i)	(-) (-) (ii) (ii) (ii) (ii)(e)	
		胸鎖乳突筋	(-)	(ii)	(i)	(-) (i) (ii) (ii) (ii)(e) (ii)(e)	
		腹壁筋	(-)	(e)	(e)	(-) (-) (-) (-) (-) (e)	
筋 内 埋 入 電 極	6	岡 ○	肋間筋	(i)	(ii)	(ii)	開始. 1分. 7分(d). (ii) (ii)
			前斜角筋	(i)	(ii)	(ii)	(i) (ii)
			胸鎖乳突筋	(i)	(ii)	(ii)	(i) (ii)
			腹壁筋	(i)	(ii)	(ii)	(i) (ii)
7	中 ○	肋間筋	(i)	(ii)	(ii)	開始. 5分. 5'30''. 7分. 7'12''(d). (i) (i) (i) (i)	
		前斜角筋	(-)	(i)	(i)	(-) (-) (i) (i)	
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(i)	(-) (-) (-) (i)	
		腹壁筋	(-)	(i)	(ii)	(-) (i) (i) (i)	

14はその代表的な症例の筋電図である。すなわち、**図8, 9**および**10**はそれぞれ安静時、深呼吸時および強制呼吸時の筋電図であり、**図11**は反復呼吸開始時のものであるが、前斜角筋の活動しかみられない。**図12**は負荷開始後9分34秒で呼吸困難を訴え、これより15秒後に胸鎖乳突筋

の相的な活動放電が現われていることを示している。なお、この例では**図13**でみるように、負荷解除後30秒でなお胸鎖乳突筋、前斜角筋、肋間筋の活動がみられ、45秒後には、まず胸鎖乳突筋の活動が止み、1分後には、**図14**でみるように、肋間筋の活動が止み、以後依然として前

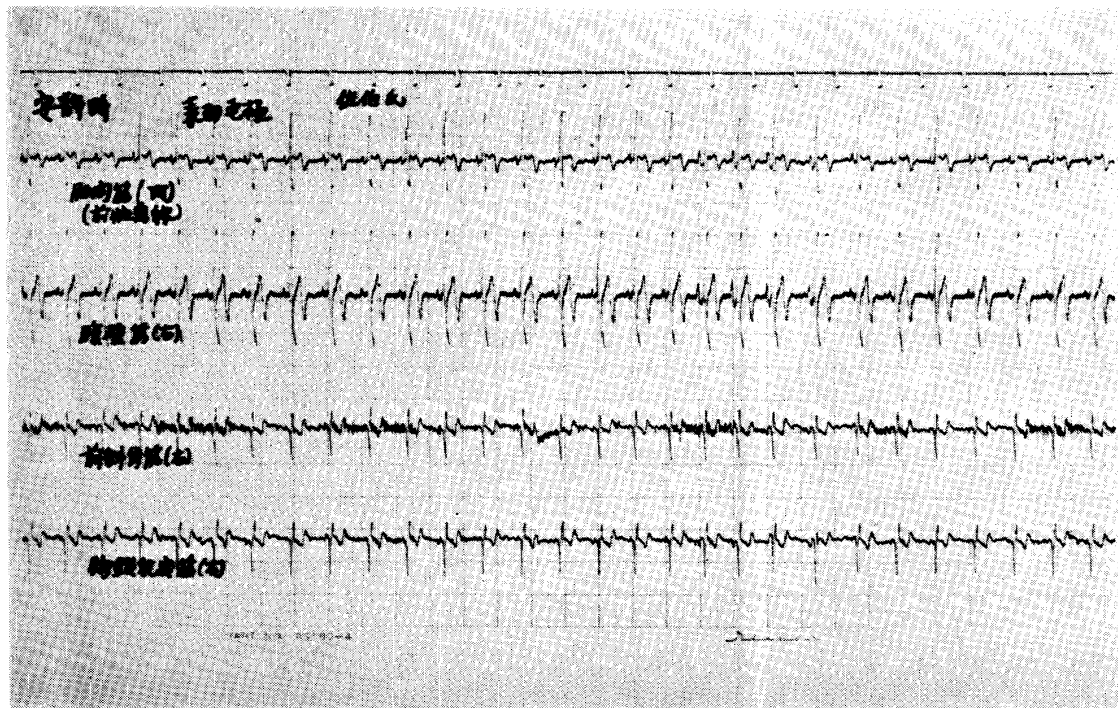


図 8 B群(症例2). 表面電極法. 安静時.  
前斜角筋のみ吸息性放電を示しており,  
肋間筋, 腹壁筋, 胸鎖乳突筋には放電が認められない.

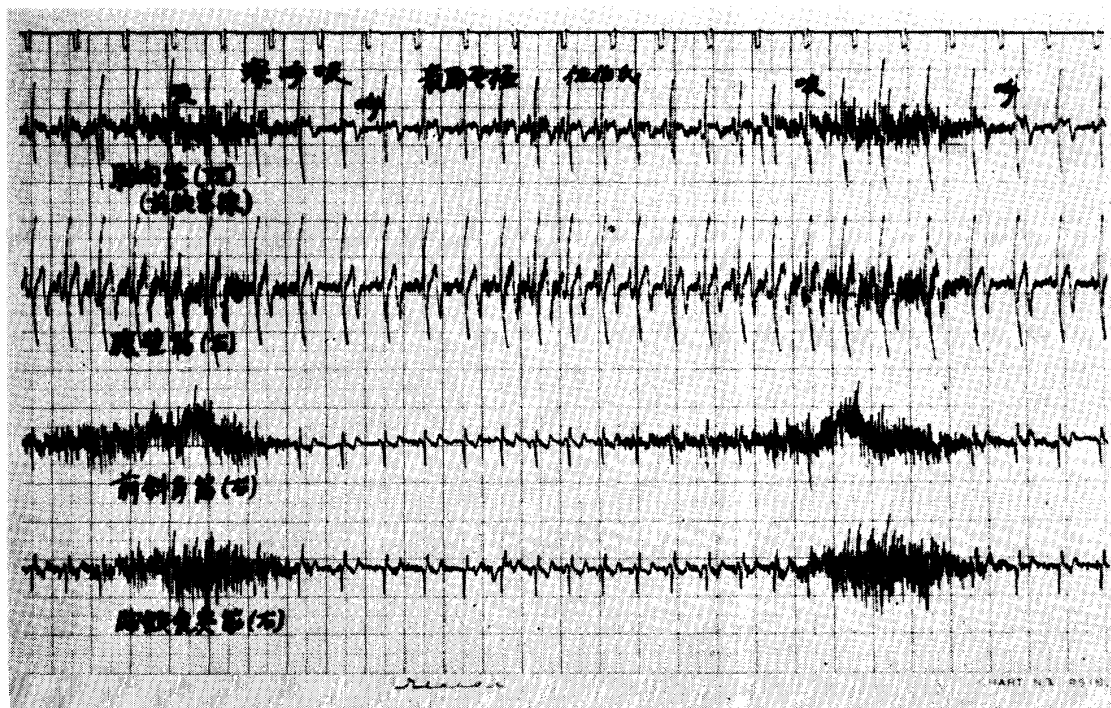


図 9 B群(症例2). 表面電極法. 深呼吸時.  
肋間筋, 腹壁筋には吸息性放電と呼息性放電が認められる.  
前斜角筋, 胸鎖乳突筋には吸息の終りと呼息の初めにかけて著明な放電をみる, 吸息への関与は前斜角筋の方が胸鎖乳突筋よりも早い.

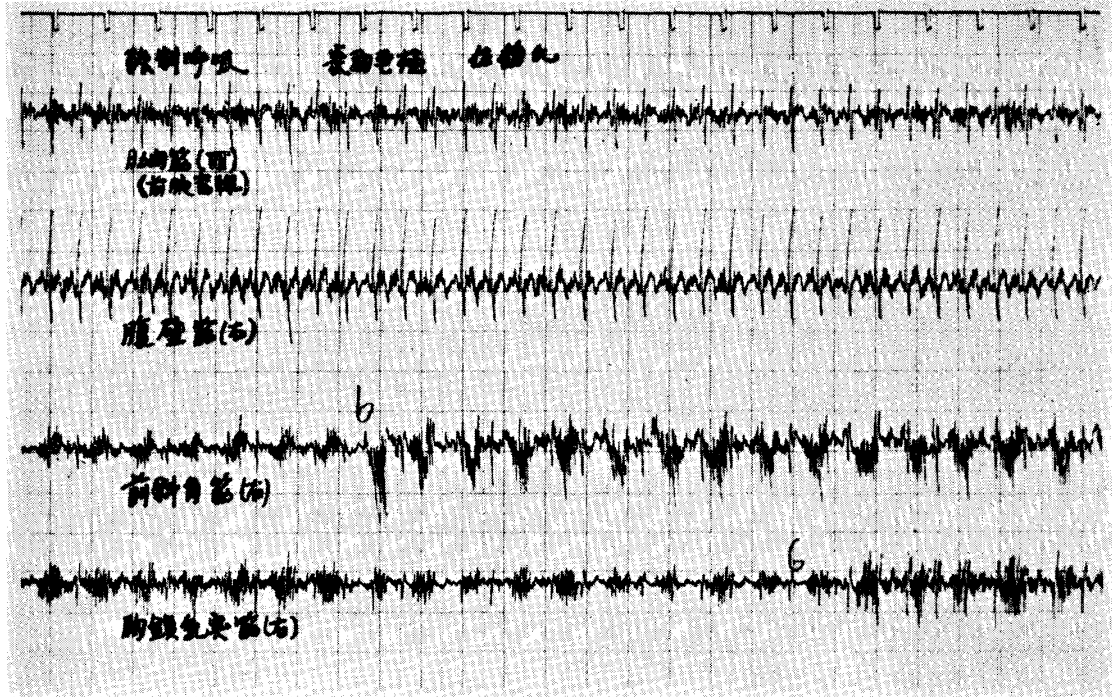


図 10 B群(症例2). 表面電極法. 強制呼吸時.  
肋間筋, 腹壁筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋は同時相に放電を發している  
如くみえる.

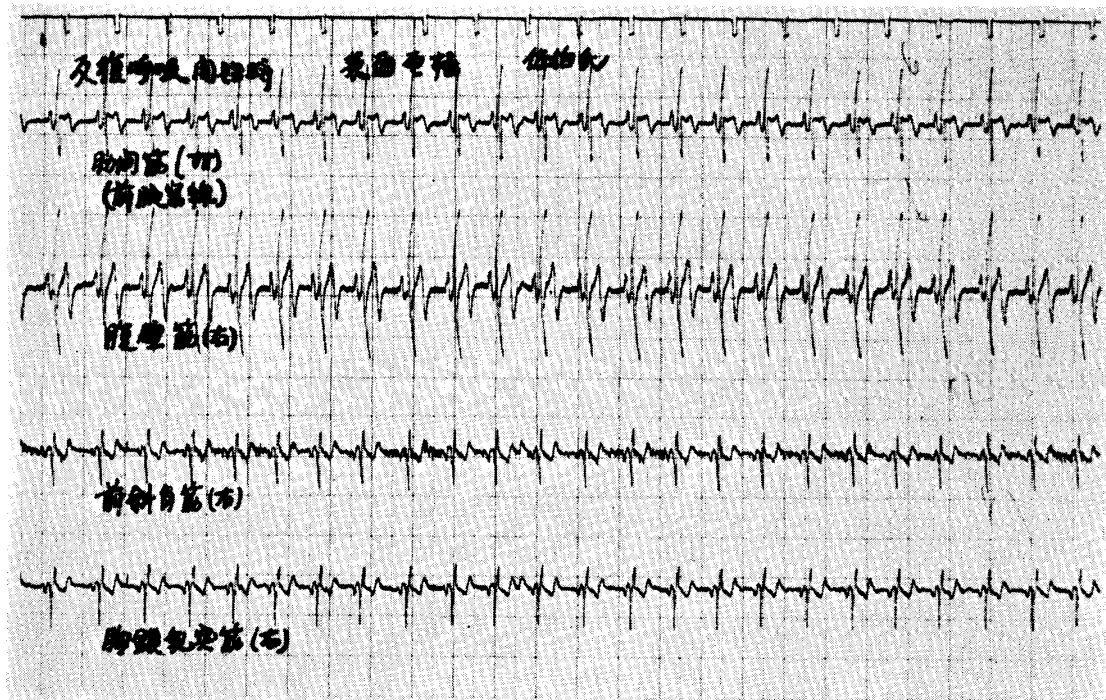


図 11 B群(症例2). 表面電極法. 反復呼吸開始時.  
前斜角筋のみに吸息性放電がみられ,  
肋間筋, 腹壁筋, 胸鎖乳突筋には放電がみられない.

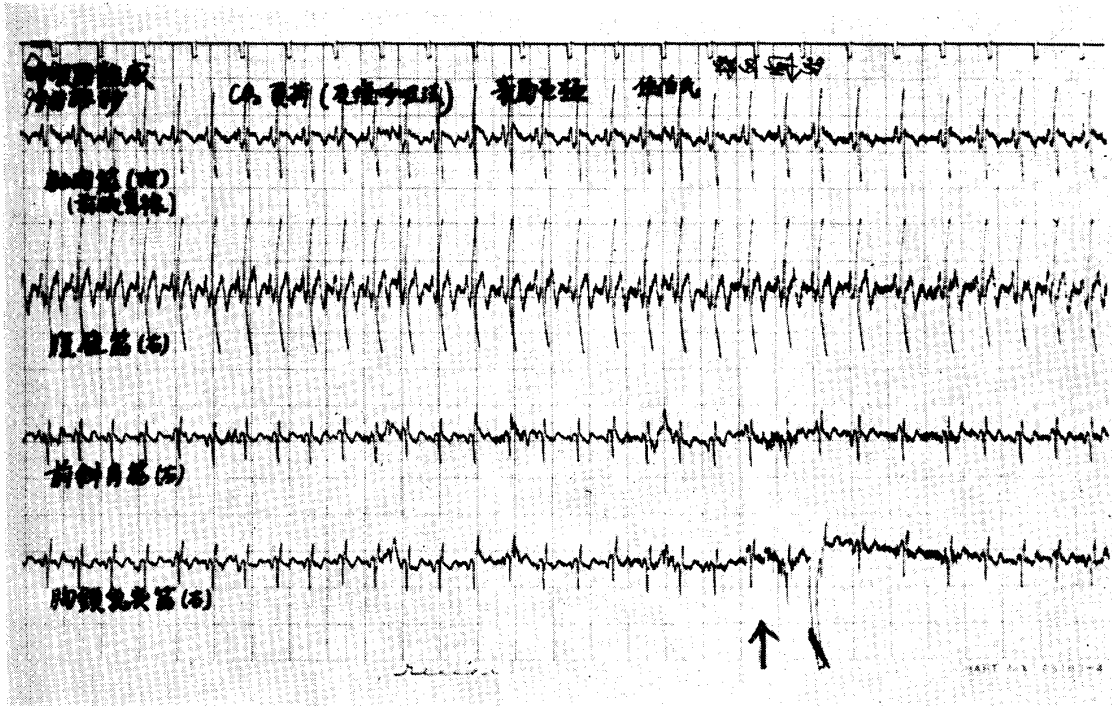


図 12 B群(症例2). 表面電極法. 呼吸困難時.  
呼吸困難を訴えた15秒後に胸鎖乳突筋の吸息性放電が発生している(矢印).

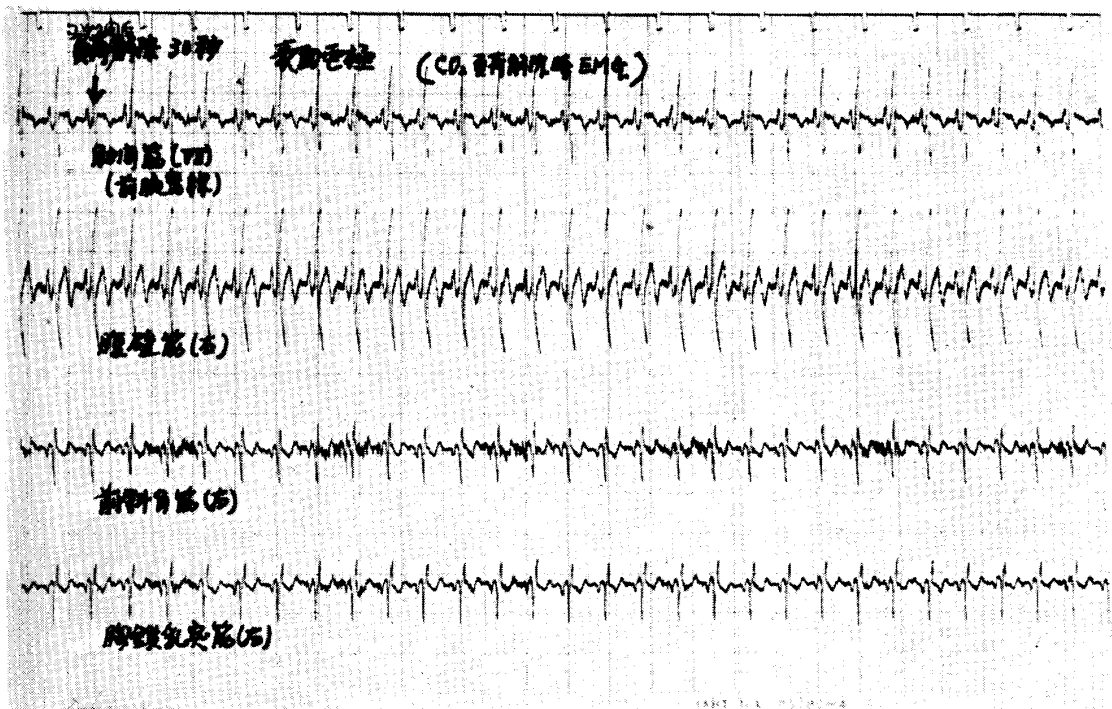


図 13 B群(症例2). 表面電極法. CO<sub>2</sub> 負荷解除30秒後.  
肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋の吸息性放電がなお認められるが, 胸鎖乳突筋の放電が漸次消失していく過程を示している.  
腹壁筋には放電が認められない.

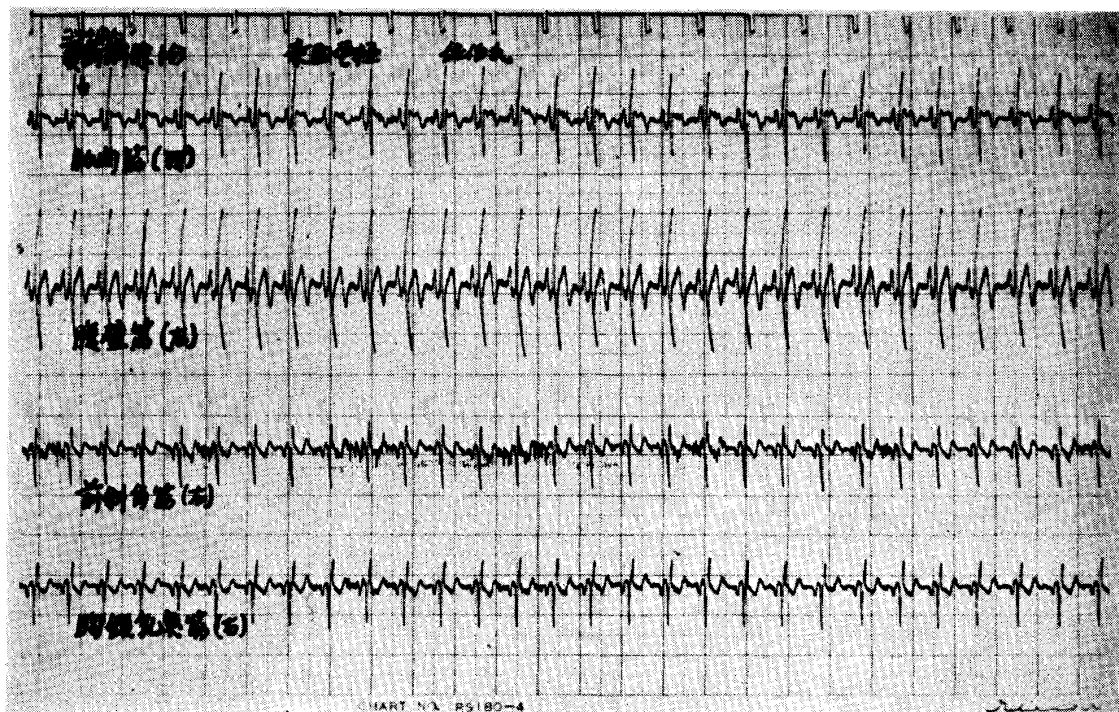


図 14 B群(症例 2). 表面電極法. CO<sub>2</sub> 負荷解除 1 分目.  
前斜角筋の吸息性放電が認められるのみで,  
肋間筋, 胸鎖乳突筋の放電は消失している.

斜角筋の活動だけが認められている。

第 2 項 動脈血ガス組成および pH

B 群の動脈血ガス組成および pH の変動は、表 7 および図 15 に示す通りで、Pa<sub>o</sub><sub>2</sub> は純酸素を吸入させているため、その値も負荷により、負荷前の平均 75.0 mmHg から平均 413 mmHg へと著明に上昇している。Paco<sub>2</sub> も負荷により、負荷前の平均 39.5 mmHg から 52.4 mmHg へと著明に上昇している。

pH は平均 7.303 と著明にアシドーシスに傾いている。

第 3 項 換気量

B 群の換気量の変化は表 7 および図 16 に示す通りである。すなわち、炭酸ガス負荷によって、呼吸困難が招来したときの 1 分間の呼吸数は、負荷前の 1.51 倍になっている。また、1 回換気量は 2.63 倍、分時換気量は 4.29 倍となっている。

第 3 節 呼吸抵抗負荷 (C 群) の場合

第 1 項 筋電図

C 群の筋電図上の変化は表 8 に示す通りである。すなわち、負荷前の安静時の筋電図では、10 例中 7 例に肋間筋の吸息性放電、1 例に呼息

性放電を認めている。また、前斜角筋の活動は 10 例中 8 例に、腹壁筋の活動は 9 例中 1 例に認められ、胸鎖乳突筋は 10 例ともにその活動が認められない。これが深呼吸または強制呼吸になると、いずれの筋を問わず、吸息性または呼息性放電の発現乃至放電の増強を示すに至る。

呼吸抵抗負荷時の変化については、純酸素吸入下で内径 7 mm の負荷では、負荷前に比し、腹壁筋がときに吸息性の活動を示す以外に変化はみられない。もちろん、自覚的な呼吸困難もなく、胸鎖乳突筋の活動も認められない。

図 17, 18 および 19 は負荷前の安静時、深呼吸時および強制呼吸時の筋電図であり、図 20 は呼吸抵抗 (内径 7 mm) 負荷時の筋電図である。

純酸素吸入下で内径 4.5 mm の負荷では、3 例中 1 例のみに自覚的な呼吸困難が招来しているが、その時期は胸鎖乳突筋の活動が認められる時期に近い。しかし、他の 2 例では、胸鎖乳突筋の活動が認められていても自覚的には呼吸困難を訴えなかった。

胸鎖乳突筋以外の筋はいずれも、負荷により吸息性または呼息性乃至はその両者の活動を示すが、とくに肋間筋と腹壁筋とに著しい。前斜

表 7 炭酸ガス負荷時の動脈血ガス組成および換気量の変動

症例	氏名	炭酸ガス負荷	動脈血ガス, pH			炭酸ガス負荷	換気量		
			PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH		呼吸数	1回換気量	分時換気量
1	豊 ○	負荷前	73 mmHg	41.5 mmHg	7.405	最初の1分間	15	524 <sup>CC</sup>	7860 <sup>CC</sup>
		呼吸困難時	412	51	7.330	呼吸困難後の1分間 変化	24 1.6倍	1174 2.2倍	24650 3.1倍
2	佐 ○	負荷前	72.3	45.5	7.405	最初の1分間	13	368	4780
		呼吸困難時	445	54	7.310	呼吸困難後の1分間 変化	19 1.5倍	984 2.7倍	18700 3.7倍
3	伊 ○	負荷前	75	37	7.450	最初の1分間	8	1011	8100
		呼吸困難時	490	48.5	7.320	呼吸困難後の1分間 変化	12 1.5倍	2054 2.0倍	24650 3.0倍
4	太 ○	負荷前	96	42	7.450	最初の1分間	24	281	6740
		呼吸困難時	415	53.5	7.280	呼吸困難後の1分間 変化	23 0.96倍	1209 4.3倍	27800 4.1倍
5	伴 ○	負荷前	80	37.5	7.440	最初の1分間	18	458	8250
		呼吸困難時	425	49.7	7.310	呼吸困難後の1分間 変化	26 1.44倍	1427 3.1倍	37100 4.5倍
6	岡 ○	負荷前	50.5	35.7	7.470	最初の1分間	16	601	9620
		呼吸困難時	335	58	7.280	呼吸困難後の1分間 変化	32 2.0倍	1284 2.1倍	41100 4.3倍
7	中 ○	負荷前	78	41.5	7.420	最初の1分間	15	435	6520
		呼吸困難時	375	52	7.290	呼吸困難後の1分間 変化	24 1.6倍	885 2.0倍	21240 3.3倍
平均	平均	負荷前平均	75.0	39.5	7.434	変化	1.51倍	2.63倍	4.29倍
		呼吸困難時平均	413	52.4	7.303				

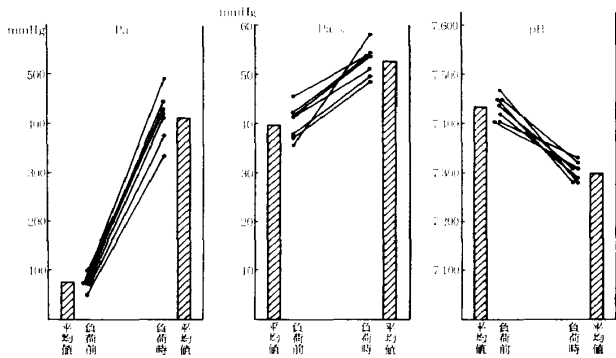


図15 炭酸ガス負荷時の動脈血ガス組成, pH の変動

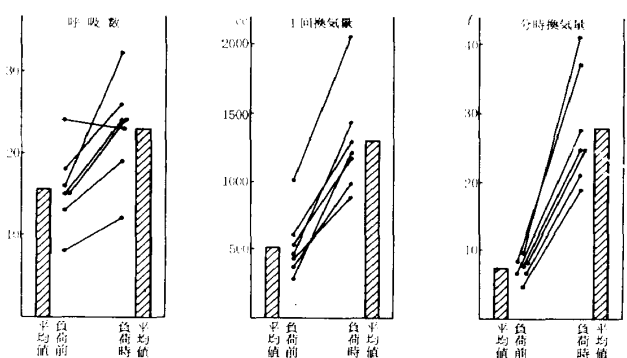


図16 炭酸ガス負荷時における換気量の変動

角筋は負荷前と大差を示さない。

空気吸入下で内径 4.5mm の負荷では、負荷を行なった2例ともに自覚的な呼吸困難が招来したが、胸鎖乳突筋の活動は1例にしか認められなかった。また、肋間筋および前斜角筋は負

荷前にすでに活動を示しているため、負荷による変化は著明ではない。さらに、腹壁筋は負荷により吸息性および呼息性活動を示している。図21および22は症例1の負荷時における筋電図である。





表 8 呼吸抵抗負荷時の呼吸筋筋電図

症例	氏名	被検筋	負 荷 前			呼吸抵抗負荷 (長さ 7.5cm)		
			安静時	深呼吸	強制呼吸			
7	佐○	肋間筋	(i)	(i)	(ii)(e)	内径 3mm (純O <sub>2</sub> 吸入) 1'30''(d). 6'. 解除.		
		前斜角筋	(ii)	(ii)(e)	(ii)	(i)(ee)	(ii)	(ii)(e)
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(ii)(e)	(ii)(e)	(ii)(e)	(-)
		腹壁筋	(-)	(i)(ee)	(i)(e)	(i)(ee)	(e)	(i)(ee)
8	為○	肋間筋	(i)	(i)	(i)	内径 3mm (純O <sub>2</sub> 吸入) 3'. 11'32''(d). 14'56''. 解除.		
		前斜角筋	(i)	(i)	(i)	(i)(e)	(i)(e)	(i)(e)
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(i)	(i)	(i)	(i)(e)
		腹壁筋	(-)	(i)	(i)	(i)	(i)	(i)(e)
9	平○	肋間筋	(i)	(ii)	不明	内径 3mm (空気吸入) 開始. 9'(d). 解除.		
		前斜角筋	(-)	(ii)	(i)	(i)	(ii)(ee)	(i)
		胸鎖乳突筋	(-)	(i)	(i)	(i)	(ii)(ee)	(-)
		腹壁筋	(-)	(i)	(i)~(-)	(i)	(ii)(ee)	(-)
10	小○	肋間筋	(i)			内径 3mm (空気吸入) 開始(d). 5'. 解除.		
		前斜角筋	(i)			(ii)(e)	(i)	(i)
		胸鎖乳突筋	(-)			(ii)(e)	(i)	(-)
		腹壁筋	(i)			(ii)(e)	(i)	(不明)

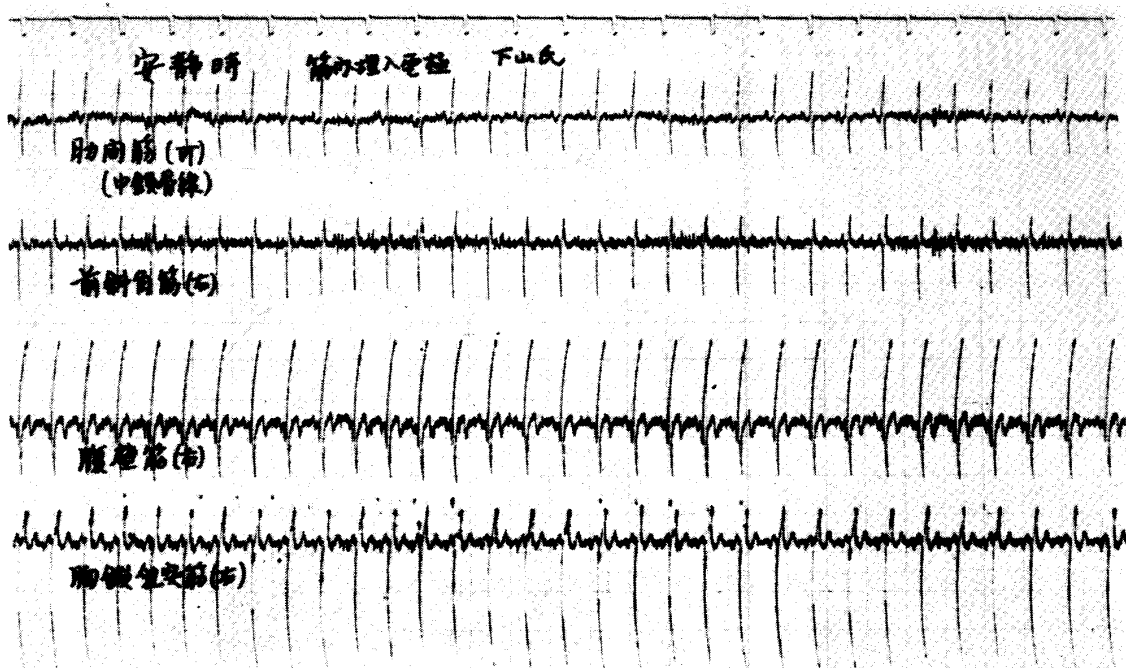


図 17 C群(症例1). 安静時. 筋内埋入電極法. 肋間筋と前斜角筋に吸息性放電を認める.

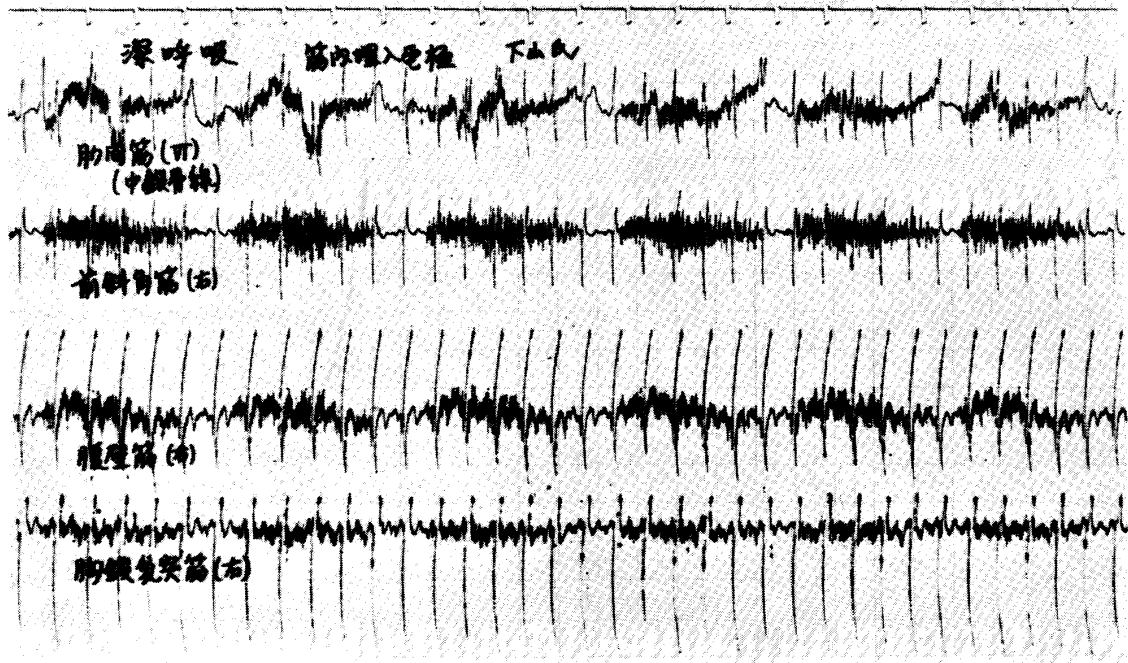


図 18 C群(症例1). 深呼吸時, 筋内埋入電極法.  
肋間筋, 前斜角筋, 腹壁筋, 胸鎖乳突筋のすべてに吸息性放電を認める.

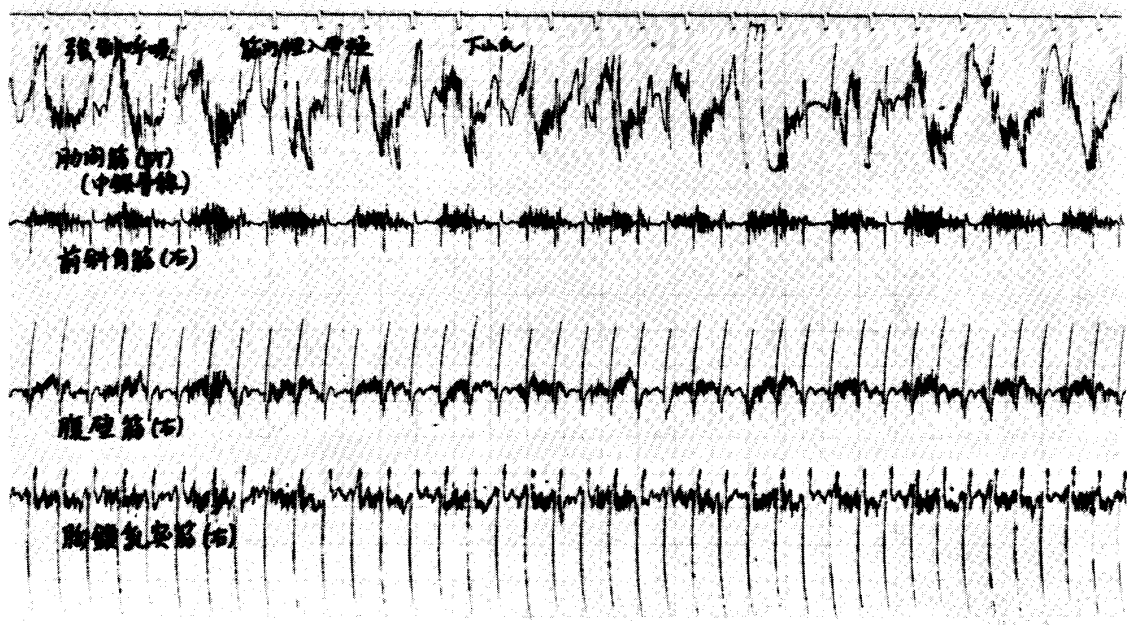


図 19 C群(症例1). 強制呼吸時, 筋内埋入電極法.  
肋間筋, 前斜角筋, 腹壁筋, 胸鎖乳突筋のすべてに吸息性放電を認める.

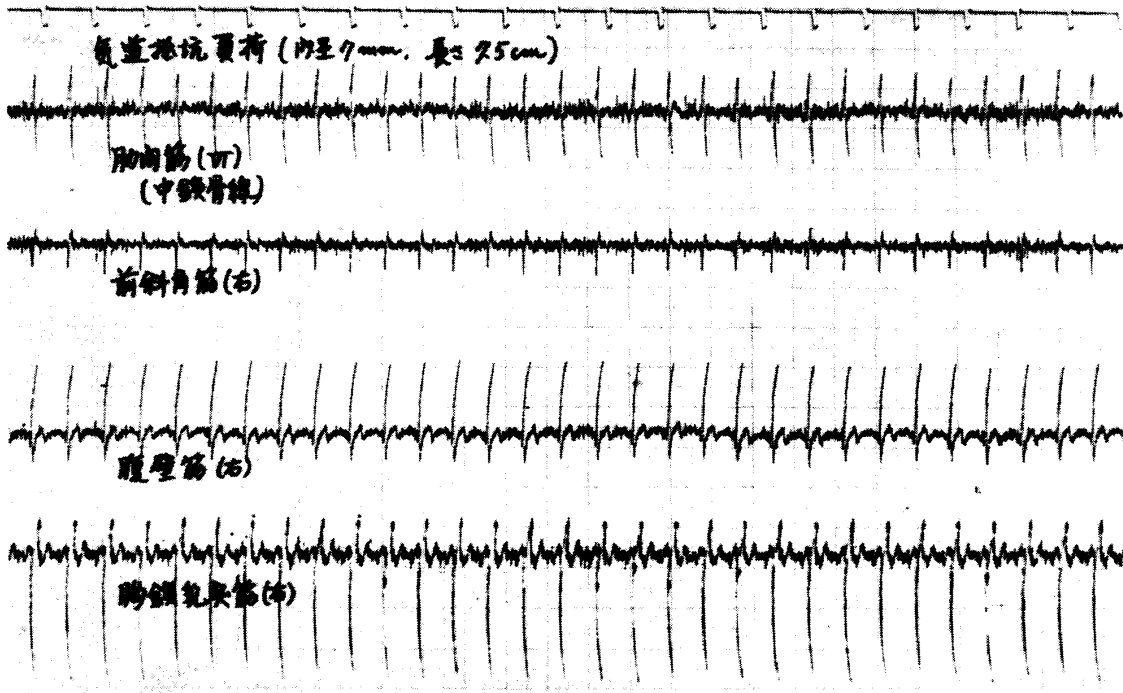


図 20 C群(症例1). 内径7mm負荷, 筋内埋入電極法.  
 肋間筋と前斜角筋には吸息性放電を認める.  
 腹壁筋, 胸鎖乳突筋にははつきりした放電は認められない.

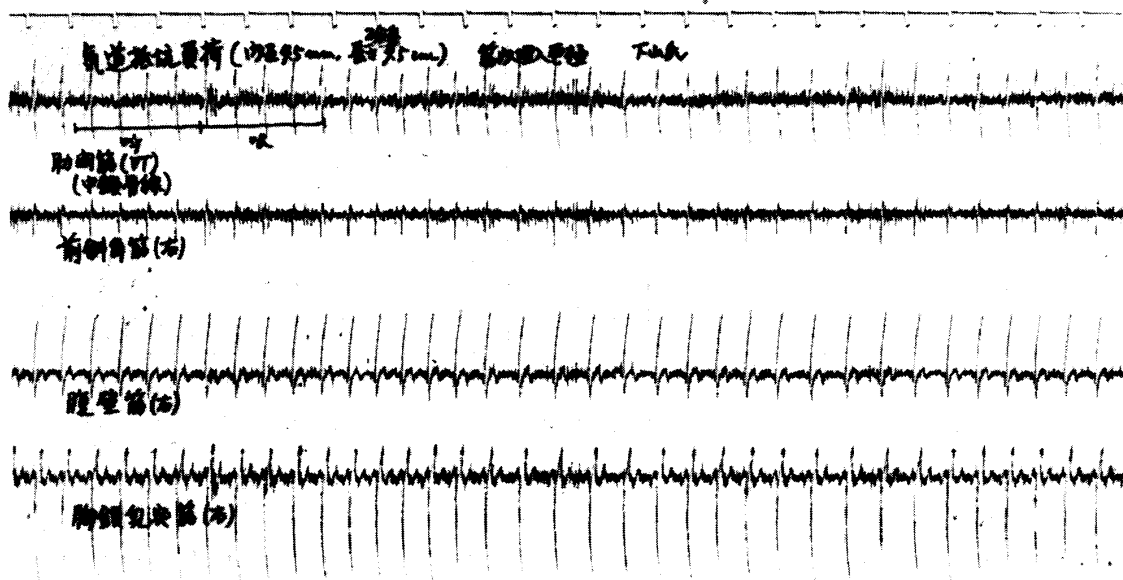


図 21 C群(症例1). 内径4.5mm負荷, 2分半目, 筋内埋入電極法.  
 肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋には吸呼息放電を認める.  
 腹壁筋には呼息性放電を認める.

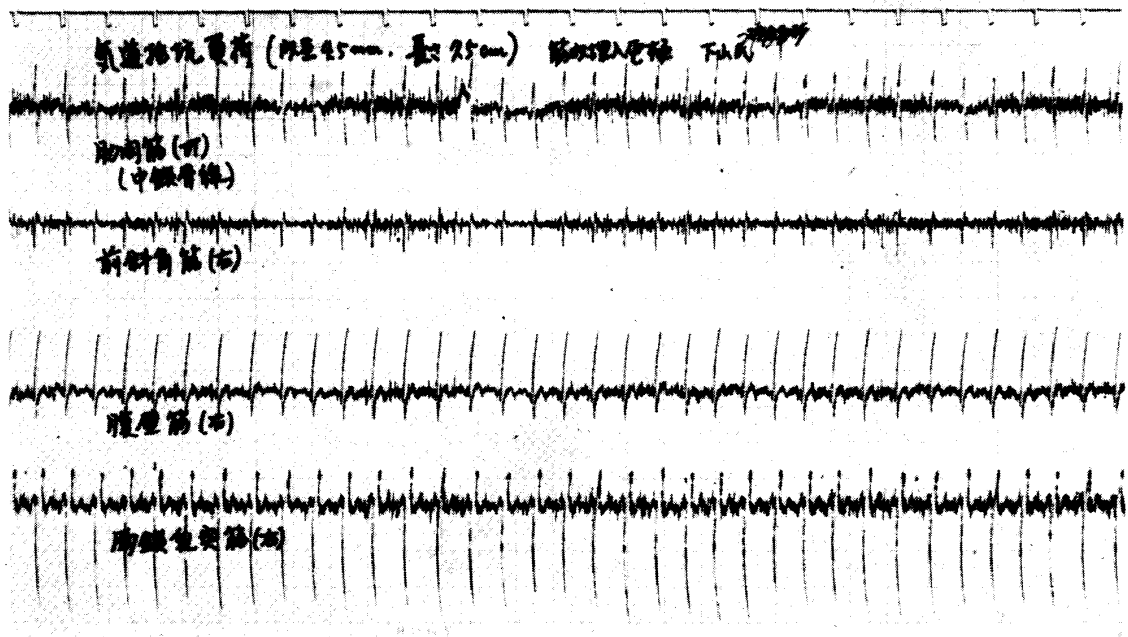


図 22 C群(症例1). 内径4.5mm 負荷30分目. 筋内埋入電極法.  
肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋に吸呼吸放電, 腹壁筋に呼吸性放電を認める.

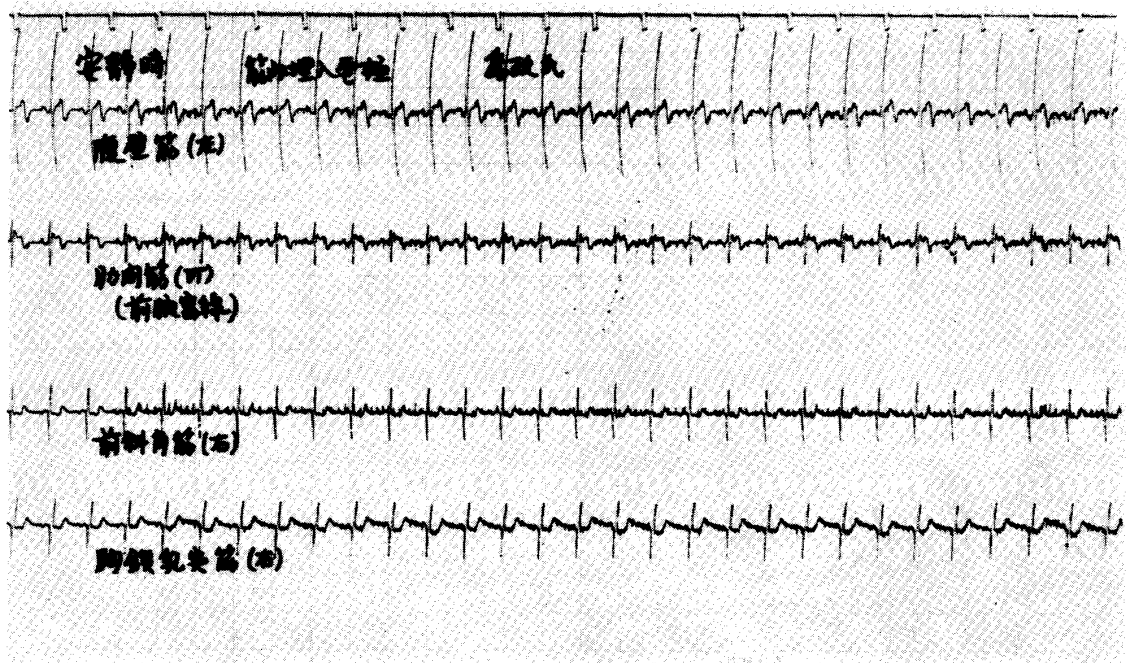


図 23 C群(症例8). 安静時. 筋内埋入電極法.  
肋間筋と前斜角筋に吸呼吸放電を認める.

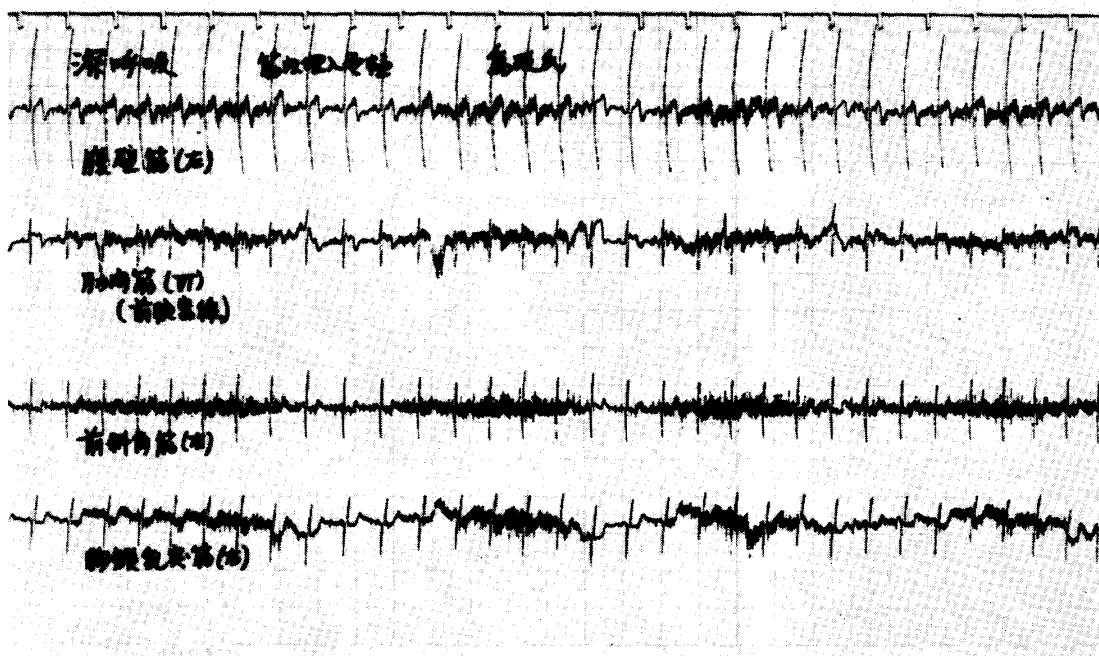


図 24 C群(症例8). 深呼吸時. 筋内埋入電極法.  
腹壁筋, 肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋のすべてに吸息性放電を認める.

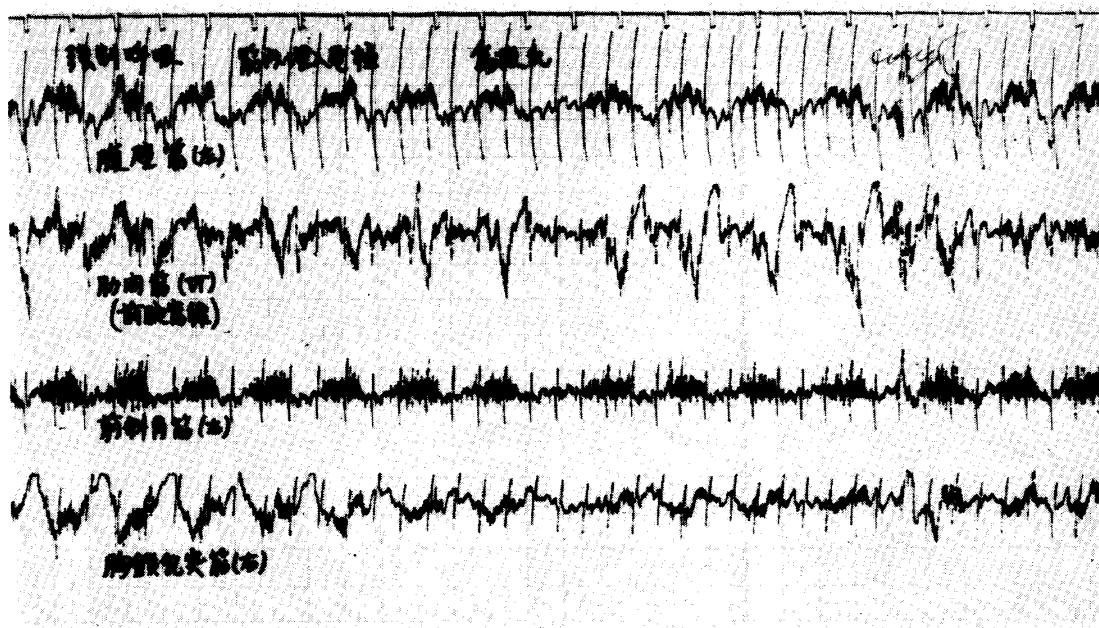


図 25 C群(症例8). 強制呼吸時. 筋内埋入電極法.  
腹壁筋, 肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋のすべてに吸息性放電を認める.

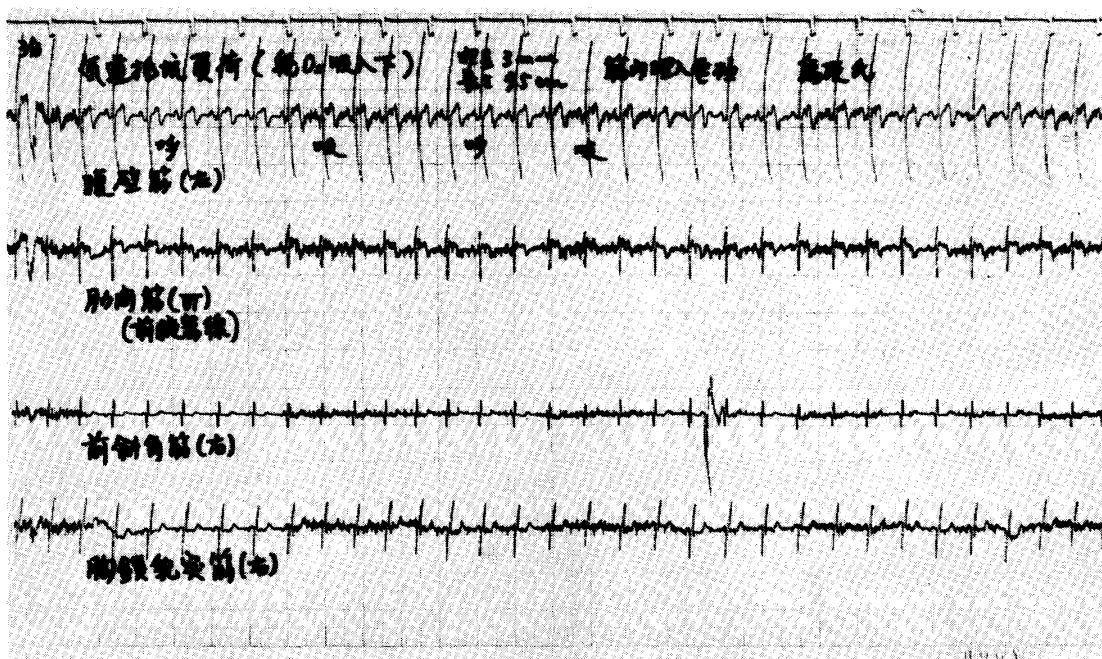


図 26 C群(症例 8). 内径 3 mm 負荷 3 分目. 筋内埋入電極法.  
 腹壁筋, 肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋のすべてに吸気性放電を認める.  
 肋間筋には呼気性放電も認める.



図 27 C群(症例 8). 内径 3 mm 負荷. 呼吸困難時. 筋内埋入電極法.  
 肋間筋に吸気性放電, 腹壁筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋には,  
 吸気性放電を認める.

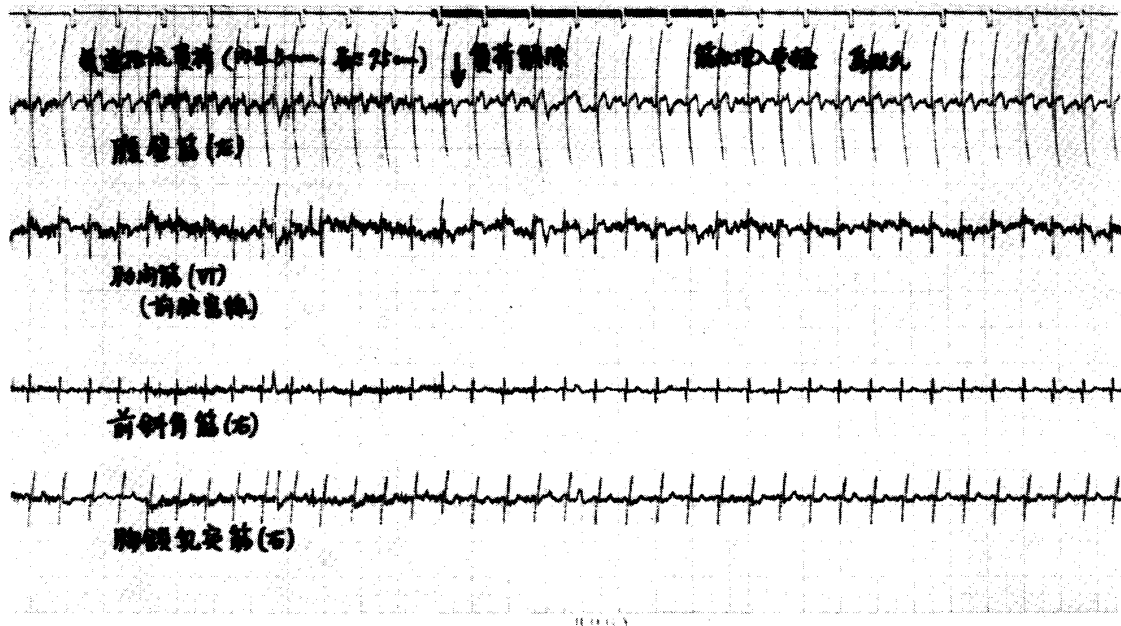


図 28 C群(症例8). 負荷解除時. 筋内埋入電極法.  
負荷解除により腹壁筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋の吸息性放電は消失し,  
肋間筋の吸息性放電のみが認められる.

れとともに胸鎖乳突筋の吸息性か、または、吸息性と呼息性の両者の活動かが認められる。また、腹壁筋も胸鎖乳突筋の活動と大体同じような態度を示しているが、中には呼息性活動を示すものもある。さらに、肋間筋および前斜角筋は、負荷により吸息性放電の増強、または、呼息性放電の発現を示している。これらのことは、要するに、呼吸抵抗負荷においては純酸素吸入下と空気吸入下との間に有意の差がないということを示している。

第2項 動脈血ガス組成および pH

C群の動脈血ガス組成および pH の変動は、表9、図29および30に示す通りである。

すなわち、空気吸入下で内径 4.5mm の負荷群では、 $Pa_{O_2}$  は負荷により、負荷前の平均 77mmHg から 72mmHg へと若干低下しているが、有意の差とは考え難い。 $Paco_2$  および pH も負荷前の値と比べてあまり差が認められない。

純酸素吸入下で内径 4.5mm の負荷群では、 $Pa_{O_2}$  は純酸素を吸入させているため、負荷前の平均 77mmHg から平均 191mmHg へと著明に上昇している。また、 $Paco_2$  は負荷前の値と比べてあまり差がみられず、pH は負荷前の平均 7.448 から 7.419 へと若干の低下を示している。

つぎに、空気吸入下で内径 3mm の負荷群では、 $Pa_{O_2}$  は負荷前の平均 80.7mmHg から平均 83.8mmHg と殆んど変化がみられない。また、 $Paco_2$  は負荷前の平均 37.8mmHg から平均 41.7mmHg へと上昇する傾向があり、pH は負荷前の平均 7.452 から平均 7.392 へとかなり低下している。

純酸素吸入下で内径 3mm の負荷群では、 $Pa_{O_2}$  は純酸素を吸入させているため、負荷によりその値も、負荷前の平均 80.7mmHg から平均 244mmHg へと著明に上昇している。 $Paco_2$  については、負荷により上昇するものもあれば下降するものもあり一定しない。pH は負荷により負荷前の平均 7.452 から平均 7.398 へと著明に低下している。

第3項 換気量

C群における換気量の経時的变化は、表10、図31、32および33に示す通りである。

すなわち、内径 7mm (空気吸入下) 負荷群および内径 4.5mm (純酸素および空気吸入下) 負荷群では、負荷開始後しばらくの間は呼吸数が減少するが、漸次負荷前の呼吸数にまで増加してくる。

内径 3mm (純酸素吸入下) 負荷群でも、負荷

表 9 呼吸抵抗負荷時の動脈血ガス組成, pH

症例	氏名	内径	呼吸抵抗負荷	動脈血ガス, pH		
				PaO <sub>2</sub>	PaCO <sub>2</sub>	pH
1	下 ○	4.5mm (空気吸入)	負荷前	75 <sup>mmHg</sup>	46.5 <sup>mmHg</sup>	7.420
			負荷28分目	72	47.3	7.420
2	福 ○	4.5mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	88	36.7	7.500
			呼吸困難時	152	40.2	7.422
3	齊 ○	4.5mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	68	38.7	7.425
			負荷8分目	230	39.6	7.415
		3mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	68	38.7	7.425
			呼吸困難時	186	43.3	7.375
4	井 ○	3mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	78	35.3	7.465
			呼吸困難時	430	42.0	7.365
5	中 ○	3mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	86	39.7	7.422
			呼吸困難時	425	48.0	7.370
6	山 ○	3mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	80	32.5	7.465
			呼吸困難時	170	30.6	7.400
7	佐 ○	3mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	83	39.0	7.410
			呼吸困難時	149	28.5	7.420
8	為 ○	3mm (純O <sub>2</sub> 吸入)	負荷前	84	40.5	7.485
			呼吸困難時	105	41.3	7.455
		3mm (空気吸入)	負荷前	84	40.5	7.485
			呼吸困難時	73.3	41.0	7.445
9	平 ○	3mm (空気吸入)	負荷前	78	38.3	7.437
			呼吸困難時	86	39.5	7.365
10	小 ○	3mm (空気吸入)	負荷前	85	37.6	7.470
			呼吸困難時	92	44.5	7.367

直後になりに呼吸数が減少し、極端なものでは負荷前の約 1/3 にまで減少するものもある。そして、その後は漸次増加していくが、症例によって一様ではない。

また、内径 3mm (空気吸入下) 負荷群では、負荷直後に呼吸数は若干減少するが、その後すぐに呼吸数は増加し、しかも負荷前の呼吸数をこえるようになる。

1 回換気量の変動については、内径 7mm (空気吸入下) 負荷群では、負荷中の 1 回換気量は

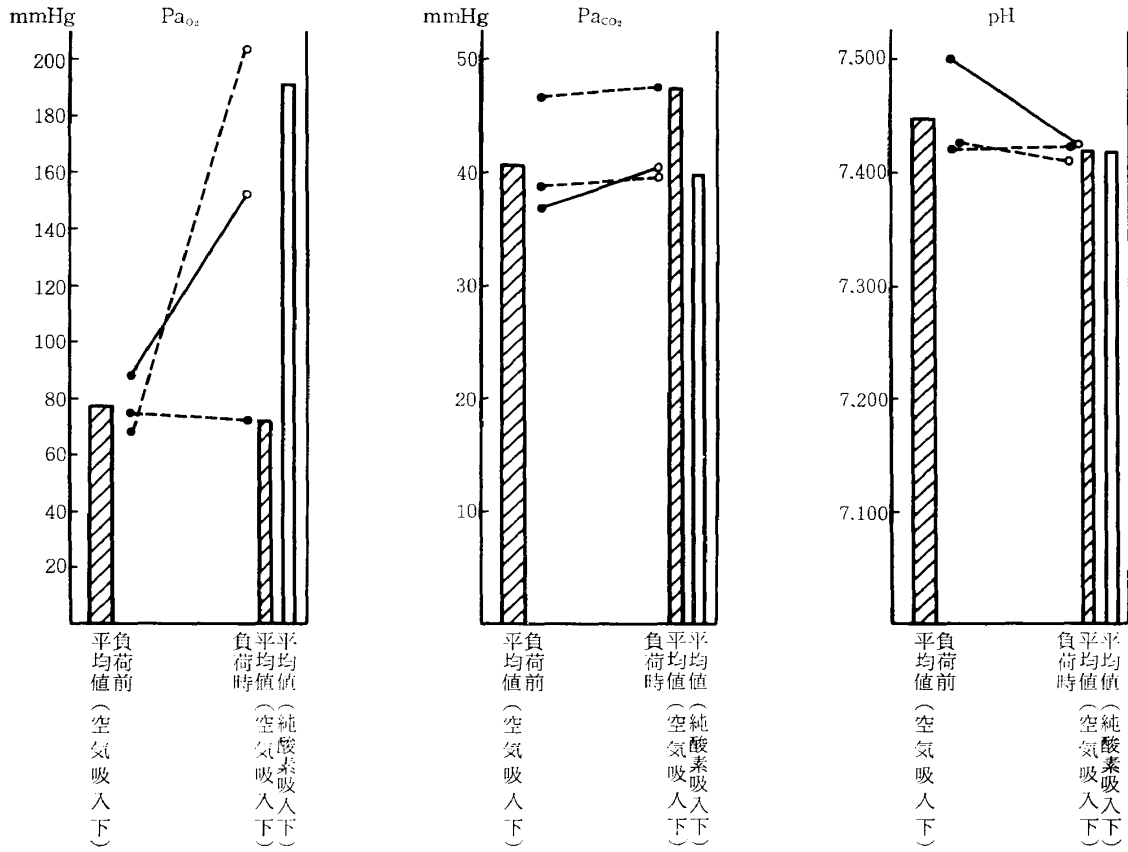
負荷前と比べそれほど大きな変化をみせない。

内径 4.5mm 負荷群では、純酸素吸入下、空気吸入下を問わず、負荷開始直後に 1 回換気量の若干の減少をみるが、直ちに負荷前の値までもどっていく。

内径 3mm (純酸素吸入下) 負荷群では、負荷開始直後に著明な 1 回換気量の低下がみられるが、それ以後の経過は症例によって一様ではなく、一定の傾向は認められない。

内径 3mm (空気吸入下) 負荷群では、負荷開





註：●空気吸入 ○純酸素吸入 —呼吸困難を訴えたもの - - -呼吸困難を訴えなかったもの  
 図 29 呼吸抵抗(内径 4.5mm)負荷時の  $Pa_{O_2}$ ,  $Pa_{CO_2}$ , pHの変動

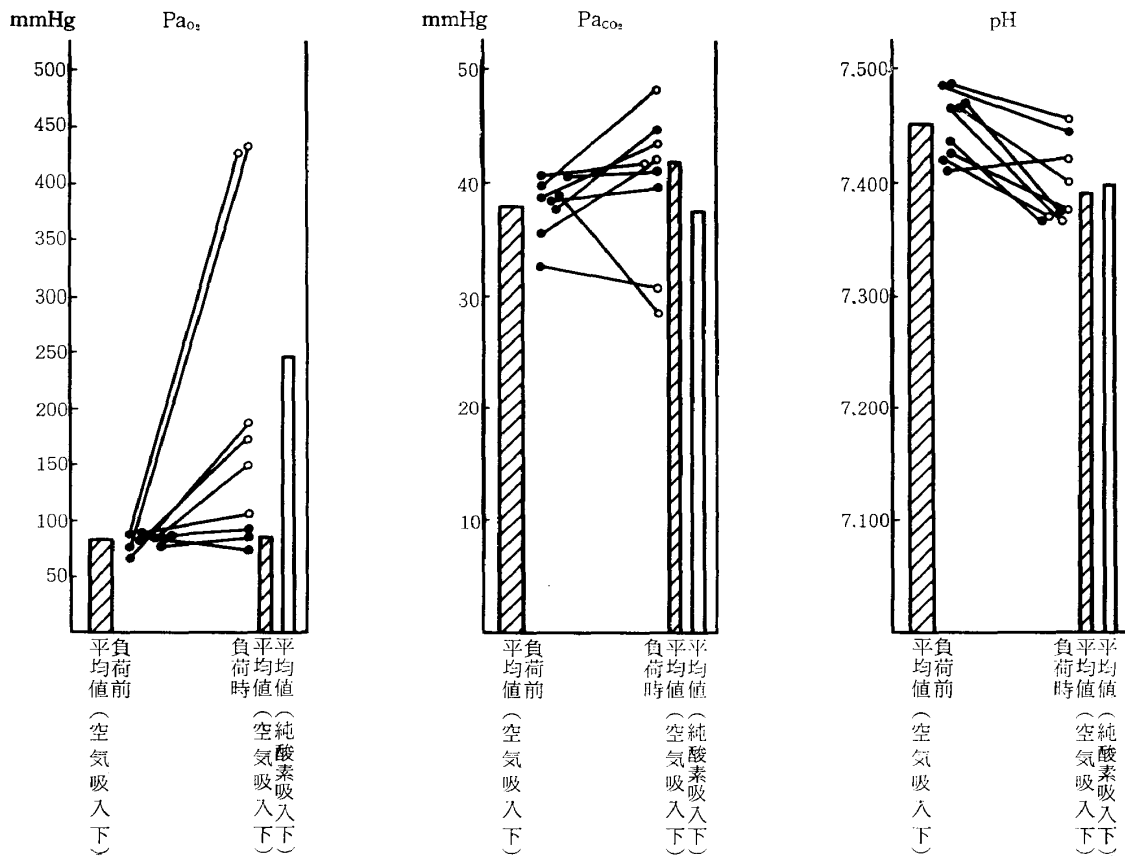


図 30 呼吸抵抗(内径 3 mm)負荷時の  $Pa_{O_2}$ ,  $Pa_{CO_2}$ , pH の変動

表 10 呼吸抵抗負荷時の換気量の経時的变化

症例	氏名	内径	換気量	負荷前	負 荷 時														
					1分	2分	3分	4分	5分	6分	7分	8分	9分	10分	11分	12分	13分	14分	15分
1	下 ○	7mm (空気)	呼吸数	14	12	10	10	11	11	12	13	13	12	12	12	14	13	13	14
			1回換気量	542	443	602	610	602	607	590	540	515	603	563	548	471	452	485	503
			分時換気量	7560	5320	6020	6100	6620	6680	7080	7020	6700	7240	6760	6580	6600	5870	6300	7040
		4.5 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	14	12	12	11	11	11	9	10	12	10	12	12	11	12		
			1回換気量	542	460	545	615	564	558	623	612	562	584	550	548	598	553		
			分時換気量	7560	5520	6540	6760	6200	6140	5610	6120	6740	5840	6600	6580	6580	6640		
2	福 ○	4.5 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	16	11	12	12	12	12										
			1回換気量	634	292	296	420	407	457	513									
			分時換気量	10120	3210	3550	5040	4880	5480	6150									
3	齊 ○	4.5 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	20	10	9	7	10	11	12	14	17							
			1回換気量	550	432	528	784	559	600	532	504	404							
			分時換気量	11100	4320	4750	5490	5590	6600	6380	7050	6860							
		3 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	20	14	14	12	11	15	16									
			1回換気量	550	304	314	418	528	261	285									
			分時換気量	11100	4310	4390	5010	5810	3910	4560									
4	井 ○	4.5 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	17	19	18	16	15	15	15	16	18							
			1回換気量	440	179	173	253	299	314	360	312	288							
			分時換気量	7480	3400	3120	4070	4490	4710	5390	5000	5190							
		3 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	17	26	25	22	20	19	19	19	19							
			1回換気量	440	211	162	192	273	276	276	287	304							
			分時換気量	7480	5480	4050	4230	5450	5250	5250	5450	5780							
5	中 ○	4.5 (空気)	呼吸数	16	14	13	12	13											
			1回換気量	700	429	549	585	577											
			分時換気量	11200	6000	7140	7020	7500											
		3 (空気)	呼吸数	16	12	14	17	19											
			1回換気量	700	438	370	340	366											
			分時換気量	11200	5250	5180	5780	6960											
6	山 ○	3 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	20	20	19	20	16	15	16	18	16							
			1回換気量	820	153	148	144	264	367	383	296	385							
			分時換気量	16400	3060	2820	2880	4230	5500	6120	5330	6160							
7	佐 ○	3 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	20	7	6	6	8	8	8	8	9							
			1回換気量	580	439	573	553	529	604	794	601	531							
			分時換気量	11600	3070	3440	3320	4230	4830	6350	4810	4780							
8	為 ○	3 (純O <sub>2</sub> )	呼吸数	15				13	12	13	13	14	14	16	17	18	16		
			1回換気量	620				410	421	403	394	382	389	352	358	334	363		
			分時換気量	9300				5330	5050	5240	5120	5350	5450	5730	6080	6020	5800		

始直後から1回換気量はかなりの減少を示し、さらに数分間は負荷前の約1/2の換気量のまま持続する。

分時換気量の変動をみると、内径7mm(空気吸入下)負荷開始直後若干低下するが、直ちに負荷前の値にまでもどっていく。

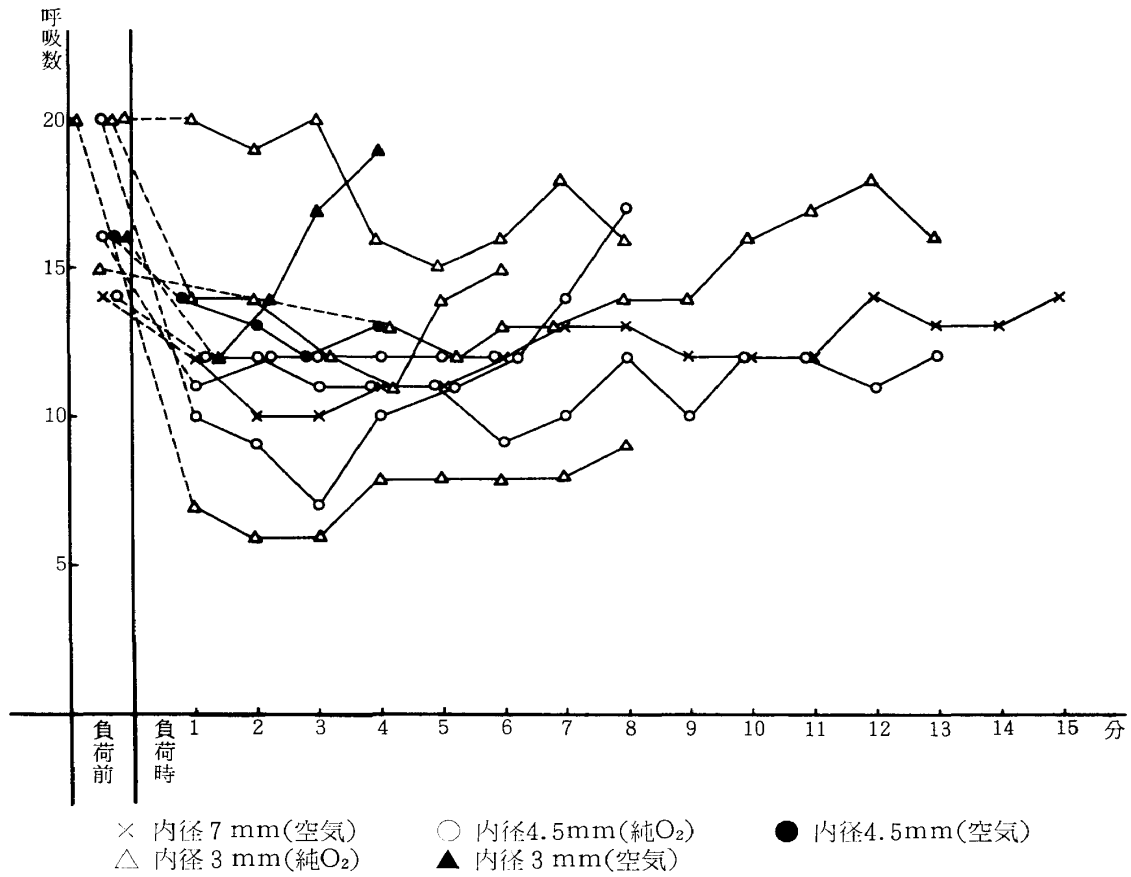


図 31 呼吸抵抗負荷時における呼吸数の経時的变化

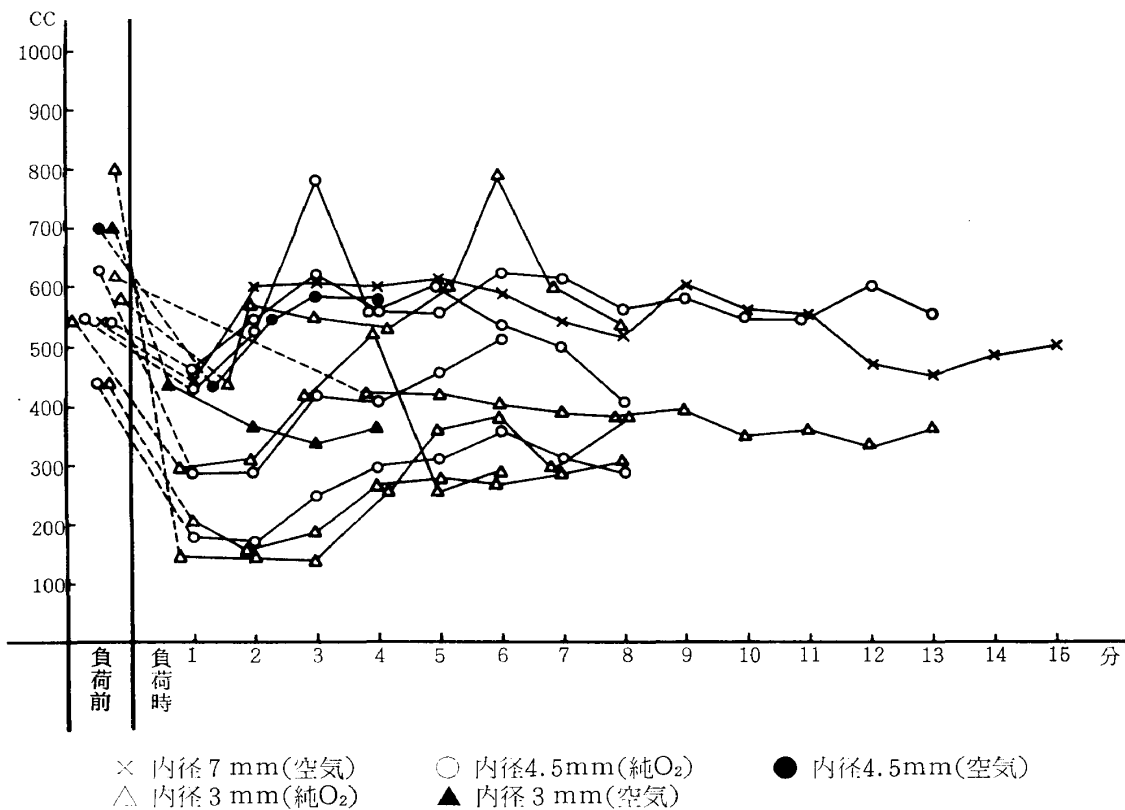


図 32 呼吸抵抗負荷時における1回換気量の経時的变化

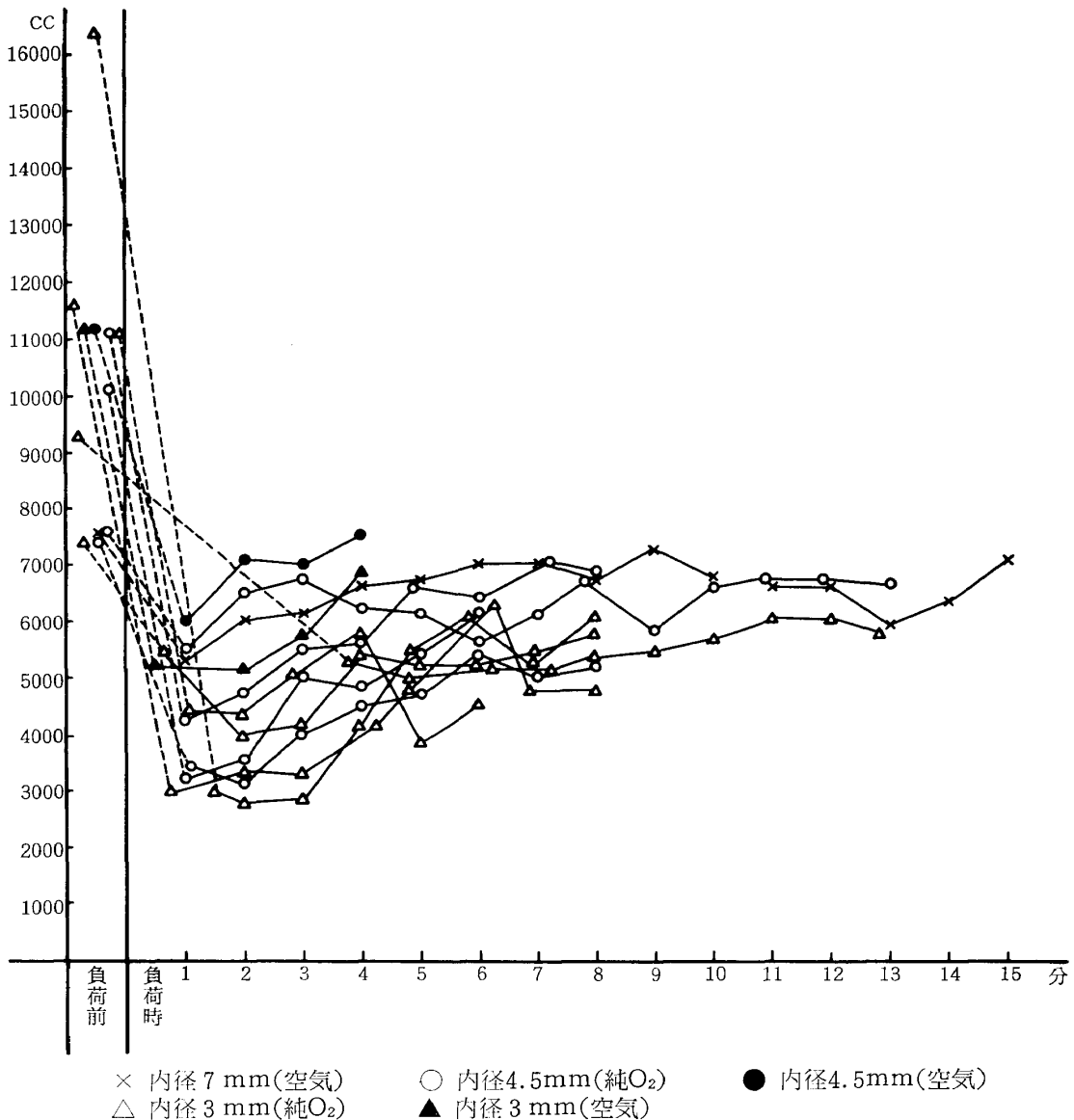


図 33 呼吸抵抗負荷時における分時換気量の経時的变化

内径 4.5mm 負荷群では、純酸素吸入下、空気吸入下を問わず、負荷開始直後はかなり減少し、その後漸次上昇していくが、それでもなお、負荷前よりも若干低下した状態を続ける。

内径 3mm (純酸素吸入下)負荷群では、負荷開始直後は著明に減少し、その後若干上昇を示すが、負荷前に比べかなり低下した状態を続ける。

内径 3mm (空気吸入下)負荷群では、負荷開始直後は一時低下するが、以後漸次上昇していく。

#### 第 4 章 本篇総括ならびに考按

Hypoxemia または Hypercapnia を招来せし

めたときの呼吸筋の活動を、筋電図的に検討した報告は極めて少ないのであるが、亀井および川村<sup>66)</sup>は、健康人および珪肺患者に反復呼吸による炭酸ガス負荷を行なって、そのときの呼吸筋筋電図を内肋間筋について観察している。

彼らによると、安静時にスパイク放電の発現をみなかったものでも、負荷時には著明な呼吸性のスパイク放電を発現したものが多く、安静時にすでにスパイク放電のあったものは、大部分その増強を示したという。

また、池尻<sup>73)</sup>は、麻酔犬について Anoxia および Hypercapnia 負荷時の内肋間筋の態度を観察し、概ね酸素濃度が 10~15% 程度以下になってはじめて、放電の増強がみられたとし、炭酸

ガス負荷の場合には、5%では明らかな変化が認められないが、10、20%では著明な放電の増強が認められたという。

また、吉村<sup>60)</sup>は麻酔犬に低酸素(10% O<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>) 負荷を行ない、内肋間筋軟骨部の吸息性放電の増加と、腹斜筋の活発な放電をみている。そして、O<sub>2</sub> 濃度の低い負荷ほどその変化は著明であるという。また、同様に、炭酸ガス(10% CO<sub>2</sub>, 20% CO<sub>2</sub>) 負荷を行なって、内肋間筋軟骨部の吸息性放電の増強、腹斜筋の呼息性放電の増強をみている。この場合も、負荷の程度の高度なもののほど、その変化が著明であるといっている。

さらに、Brown ら<sup>40)</sup>は、犬に4%酸素および10%炭酸ガスを吸入させた実験で、Anoxic Hyperpnea では外肋間筋や内肋間筋軟骨部等の吸息性放電が強く増大するが、腹横筋や内外腹斜筋等の呼息性放電は僅かな増加を示すのみであるとしている。また、Hypercapnic Hyperpnea では、Anoxemia におけると同様に吸息性放電が著明であるが、呼息性放電は Anoxemia の場合よりも強いといっている。

しかし、著者の低酸素負荷の実験では、かなり高度の Anoxemia にもかかわらず、肋間筋の活動は1例にも認められなかった。これに反し、炭酸ガス負荷群では、7例中6例に肋間筋の吸息性放電が認められ、そのうちのあるものは、自覚的な呼吸困難の招来とともに、吸息性放電の増加または呼息性放電の発現をみるに至っている。

ここで、著者と上述の諸家との間で、Anoxemia のときの肋間筋の態度に差がみられるのは、著者が無麻酔下の人について実験したのに対し、諸家はいずれも麻酔下でしかも犬について実験しており、したがって、そのための実験条件の差が出たものと考えられるが、さらに、著者の行なった低酸素負荷実験では、換気量の増加が殆んどみられなかったことも大いに関与しているものと考えられる。そして、このことと炭酸ガス負荷時の換気量の増加とを合わせ考えると、これら肋間筋の態度は換気量と密接な関係があるようである。

腹壁筋については、表6, 8でみるように、意識的な深呼吸または強制呼吸で、呼息性放電を示すものよりも吸息性放電を示すものの方が多いという結果になっている。これは Campbell<sup>42)</sup> のように、この筋は呼息の初めよりも終りに作用すること、また時実<sup>74)</sup>も考察しているように、呼息筋であるはずの腹壁筋が、最大吸息の終期にかなり著しい放電を示すこと等の理由で、筋電図上では吸息性インパルスに入れられたものとも解釈し得るが、しかし、C群の症例にみられる深呼吸および強制呼吸の図18および19からは、やはり吸息性放電を明らかに示しているものと考ええる。さらに、著者の実験では、一部のものに炭酸ガス負荷の程度が進行するとともに、漸次この筋の活動放電が現われてはいるが、これをもって呼吸困難の指標とするには、なお問題があるように思われる。

また、前斜角筋は、低酸素負荷群(A群)と炭酸ガス負荷群(B群)とにおいて、安静時にその活動を示したのは表面電極で1例のみであり、筋内埋入電極では2例であった。これが、深呼吸時または強制呼吸時になると、安静時の放電の有無に関係なく放電数の著明な増加が認められている。

さらに、A群においては、負荷開始時すでに前斜角筋の吸息性活動がみられているものは、負荷によって放電が増加する傾向を示し、ときには呼息性放電をも示すようになる。また、負荷開始時に放電のなかった症例のうちにも、負荷によって吸息性放電の発現をみるものがある。

つぎに、B群の場合をみると、負荷開始時すでに前斜角筋の活動をみるものは、7例中2例であるが、これらの症例は、Hypercapnia の度が強くなるにつれて吸息性放電の増加をみるようになる。また、負荷開始時に放電のなかったものも、負荷がすすむと、漸次活発な放電を示すに至る。さらに、呼吸困難の度合が強くなれば、一部には、呼息性放電をも認めるようになる。

以上のことから、前斜角筋は、若干の肺機能

障害があれば、容易に安静時にも活動をきたし、若干の換気量の増加をみるような場合にも、活動するものと思われる。また、呼吸困難の度合が強くなれば、活発な吸息性活動の発現をきたすが、一部には、呼息性活動もこれに加わるものと考えられる。

つぎに、胸鎖乳突筋の活動は、A群の低酸素負荷の場合には5例中2例に、また、B群の炭酸ガス負荷の場合には、7例中6例にみられる。この所見と、低酸素負荷の5例中1例に、また、炭酸ガス負荷の7例すべてに自覚的な呼吸困難が招来したこと、とを合わせ考えると、この筋の活動と、自覚的な呼吸困難の招来とは、比較的良好一致しているといえる。したがって、第1篇において、「この筋の活動をもって、呼吸困難の客観的な指標として差し支えない」とした結論は、以上の成績から、さらにその正当性を実証されたものと考えることができる。

つぎに、呼吸抵抗を負荷した場合の筋電図上の変化について検討してみることにする。

呼吸抵抗を負荷したときの、呼吸筋筋電図についての報告は少なく、若干散見されるにすぎない。

Campbell<sup>75)</sup>は、呼気性抵抗増大時の、腹筋の呼吸運動を筋電図的にみており、また、佐藤<sup>76)</sup>は、家兎に気管の閉塞と狭窄をもたらして、激しい呼吸困難様呼吸を招来せしめたときの、内肋間筋の異常興奮および過剰のインパルスの発現を、筋電図的にみている。

また、Finkら<sup>77)</sup>は、去脳猫に人工的な気道抵抗を加え、各種麻酔下における横隔膜の活動放電と換気量の変化とについて観察し、抵抗が増大すれば横隔膜の活動は増加するにもかかわらず、換気量が減少することをみている。

これらに対し、著者は、無麻酔下のヒトについて、長さ7.5cm、内径がそれぞれ7mm、4.5mm、および3mmのガラス管の呼吸抵抗負荷を行なって、それぞれの場合の呼吸筋の活動状態を、筋内埋入電極によって検索したのである。

さて、内径7mmの呼吸抵抗負荷では、肋間筋、前斜角筋、腹壁筋および胸鎖乳突筋のいずれにおいても、負荷前と比べ変化がみられない。

したがって、内径7mmの負荷では努力呼吸を要しないことがわかる。

つぎに、内径4.5mmおよび3mmの呼吸抵抗負荷では、空気吸入、純酸素吸入に関係なく、肋間筋は吸息、呼息、または吸呼息放電を示す。とくに、吸呼息放電が著明である。

前斜角筋もまた、肋間筋と同じような態度を示している。

腹壁筋は、安静時には関与していないが、内径4.5mm、3mmのいかに問わず、負荷した9例すべてに、吸息、呼息または吸呼息放電が認められている。しかし、4.5mmの負荷と3mmの負荷との間には、有意の差はみられない。

胸鎖乳突筋をみると、内径4.5mmの呼吸抵抗負荷で5例中4例に、吸息または吸呼息放電をみるが、放電の増強は著しくない。さらに、内径3mmの呼吸抵抗負荷では、負荷した9例すべてに、吸息、呼息または吸呼息放電を認める。しかも、内径4.5mmの負荷で放電がみられなかったものも、内径3mmの負荷では放電を示すに至り、また、内径4.5mmの負荷で放電のみられたものは、内径3mmの負荷では放電の増強を示すか、呼息性放電の発現を示すようになる。

この胸鎖乳突筋の活動と、自覚的な呼吸困難との関係についてみると、内径7mmの負荷では、自覚的にも呼吸困難はなく、筋電図的にも胸鎖乳突筋の活動はみられない。また、内径4.5mmの負荷では、5例中1例に自覚的な呼吸困難が招来したが、胸鎖乳突筋の活動は5例中4例にみられている。さらに、内径3mmの負荷では、9例すべてに自覚的な呼吸困難の招来と胸鎖乳突筋の活動とが認められている。

そしてまた、高度の呼吸抵抗負荷の場合には、炭酸ガス負荷の場合とは異なり、換気量の低下がみられるが、それにもかかわらず、補助呼吸筋であるこの筋が、吸息時、ときには、呼息時にもわたって、その活動を示すのは、呼吸筋全体が過度の活動を強制されていることを示すものであり、極度の興奮状態が招来していることを示すものである。このことは、呼吸筋の仕事量増大を質的に示しているものといえる。

しかし、この筋を初めとして肋間筋、前斜角筋、腹壁筋をも含めて、これらの筋の興奮活動がみられるにもかかわらず、負荷開始直後には何ら血液ガス、pH等に大した変化が認められない。したがって、このことから、呼吸抵抗負荷開始時における呼吸困難は、Anoxia, HypercapniaあるいはAcidosis等の、化学的影響による呼吸困難とは考え難く、どうしてもそれ以外の因子を考慮しなければならないことになる。この点に関しては、まず、神経的な反射が考えられる。すなわち、肺胸廓系に刺激を感受する受容体があって(おそらく胸壁乃至気道壁)、これに端を発した求心性インパルスが中枢に送られ、このインパルスの強さに応じて、中枢の興奮の度合が決定され、その興奮の度合に応じて、末梢の呼吸筋への遠心性インパルスの強さが決定される。そして、遠心性インパルスの強さに応じて、種々の補助呼吸筋を呼吸運動に参加せしめるのであるが、中枢の興奮があるレベルをこえると、胸鎖乳突筋までも呼吸運動に動員させる。そして、さらに興奮の度合が増大すれば、すべての呼吸筋に対するインパルスを増大せしめ、それと同時に感覚領に呼吸困難を知覚させるものと考えられる。

この考え方は、呼吸中枢からの換気を増大せしめようとする要求と、実際に遂行されている換気との間に、不均衡が生ずると呼吸困難を意識するという、Campbellら<sup>11)</sup>の“length: tension inappropriateness”説をある面で支持することになる。

### 本 篇 結 論

肺疾患々者で安静時に呼吸困難がなく、比較的肺機能障害の軽いものを選んで、低酸素負荷を6名に、炭酸ガス負荷を7名に、また、呼吸

抵抗負荷を10名に行ない、そのときの筋電図、動脈血ガス分圧、pH、換気量等の変化について検討した。

その結果、

- 1) 低酸素負荷によりAnoxemiaを招来させても、換気量からは若干の増加をみたのみであり、筋電図上でも、胸鎖乳突筋の活動は6例中2例にしか認められなかった。
- 2) 高度のAnoxemiaになっても、自覚的な呼吸困難は6例中1例にしか招来されなかった。
- 3) 炭酸ガス負荷によりHypercapniaを招来させると、著明な換気量の増加をみるとともに、筋電図上でも、胸鎖乳突筋の活動は7例中6例に認められた。
- 4) 炭酸ガス負荷群では、胸鎖乳突筋の活動出現の時期と相前後して、自覚的な呼吸困難も招来した。
- 5) 内径7mmの呼吸抵抗負荷では、自覚的な呼吸困難は招来せず、筋電図上の変化も認めなかった。
- 6) 内径4.5mmの呼吸抵抗負荷では、5例中1例に自覚的な呼吸困難が招来したが、胸鎖乳突筋の活動は5例中4例にみられた。
- 7) 内径3mmの呼吸抵抗負荷では、9例すべてに自覚的な呼吸困難と胸鎖乳突筋の活動とがみられた。
- 8) 呼吸抵抗負荷開始時の呼吸困難は、化学的因子以外のものによると思われる。それには神経的な反射が考えられる。
- 9) 以上の結果から、種々の型の呼吸困難を他覚的に把握するには、胸鎖乳突筋の筋電図上の活動をとらえることが一つの方法であることを知った。

### 〔全 篇 総 括 な ら び に 結 論〕

著者は、現在、混乱している呼吸困難に関する諸問題を解明するには、まず、これを他覚的、客観的にとらえることがその第一歩であると考え、呼吸筋筋電図をもってその指標となし得るかどうかを検討した。

このために、まず、呼吸困難を訴える各種肺疾患々者の、呼吸筋筋電図、動脈血ガス組成、pHおよび換気量等について検討した。

その結果、筋電図による検索で、肺疾患々者における各種の型の呼吸困難には、胸鎖乳突筋

が呼吸運動に関与していることを知った。

このことは、筋電図からみた胸鎖乳突筋の活動が、呼吸困難の客観的な指標となり得ることを示唆するものである。

そこで、つぎに、肺機能がほぼ正常と考えられる肺疾患々者に、呼吸困難の原因と考えられる各種の化学的および物理的条件を負荷し、そのときの呼吸筋の状態を、換気量、動脈血ガス組成および pH とともに、筋電図的に検討した。

その結果、自覚的な呼吸困難と、筋電図からみた胸鎖乳突筋の活動とが、時間的および量的にはほぼ平行することを知った。

以上の所見は、胸鎖乳突筋の呼吸運動への関与を筋電図的にとらえることによって、呼吸困難の客観的な一指標となし得ることを示すものである。

### 謝 辞

稿を終るに臨み、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った恩師長石忠三教授並びに直接御指導をいただいた佐川弥之助講師に深甚の謝意を表します。

尚、本研究のため種々御援助をいただいた大阪阿武山赤十字病院々長矢野精太郎博士、同副院長上月景光博士並びに外科部長高田範男博士に厚く感謝致します。

### 文 献

- 1) Means, J.H. : *Medicine*, 3 : 309, 1924.
- 2) Meakins, J.C. : *J.A.M.A.*, 103 : 1442, 1934.
- 3) Christie, R.V. : *Quart. J. Med.*, 31:421, 1938.
- 4) Meakins, J.C. & Davies, H.W. : *Resp. Funct. Dis.*, London, 1925.
- 5) Wright, S. : *Quart. J. Exper. physiol.*, 26 : 63, 1936.
- 6) Burchell, H.B. : *Proc. Staff Meet., Mayo Clinic*, 27 : 49, 1952.
- 7) Altschule, M.D. : *Physiology in Diseases of the Heart and Lungs* (本間訳), 医歯薬出版, 東京, 1955.
- 8) McIlroy, M.B. : *Progress in Cardiovascular Dis.*, 59 : 284, 1959.
- 9) Wasserman, A.J. & Patterson, J.L. : *Circulation Res.*, 9 : 1059, 1961.

- 10) Comroe, J.H. *et al.* : *The Lung*, 11ed., Year Book Medical Publishers, Chicago, 1962.
- 11) Campbell, E.J.M., & Howell, J.B.L. : *Brit. Med. Bull.*, 19 : 36, 1963.
- 12) Wiggers, C.L. : *J.A.M.A.*, 96 : 603, 1931.
- 13) Richards, D.W. : *Circulation*, 7 : 15, 1953.
- 14) Rossier, P.H. *et al.* : *Respiration*, C.V. Mosby Company, 1960.
- 15) Homma, H. : *Wien. Med. Wschr.*, 116-9 : 184, 1966.
- 16) 天野道之助 : 呼吸と循環, 1 : 159, 昭28.
- 17) 菅 邦夫 : 治療, 38 : 1171, 昭31.
- 18) 百瀬達也 : 呼吸器診療, 13 : 3, 昭33.
- 19) 三瀬淳一・森山勝利 : 呼吸器診療, 13 : 22, 昭33.
- 20) 織畑秀夫 : 呼吸器診療, 13 : 33, 昭33.
- 21) 渡辺昌平 : 呼吸器診療, 13 : 9, 昭33.
- 22) 中村 隆 : 日本気管食道科学会々報, 15 : 126, 昭39.
- 23) 福原 武 : 日本気管食道科学会々報, 15 : 85, 昭39.
- 24) 石川七郎・長野政雄 : 呼吸器診療, 13 : 41, 昭33.
- 25) 稲本 晃 : 日本気管食道科学会々報, 15 : 89, 昭39.
- 26) Baldwin, E. de F., Cournand, A., & Richards, D.W. : *Medicine*, 27 : 243, 1948.
- 27) Hugh-Jones, P., & Lambert, A.V. : *Brit. Med. J.*, 1 : 65, 1952.
- 28) Warring, F.C. : *Am. Rev. Tbc.*, 51 : 432, 1945.
- 29) 笹本 浩ほか : 結核研究の進歩, 12 : 39, 昭30.
- 30) 卜部美代志・川俣健二 : 呼吸と循環, 1 : 10, 昭28.
- 31) 時実利彦・津山直一 : 東京医誌, 59 : 62, 昭26.
- 32) 三木威勇治・時実利彦編 : 筋電図入門, 南山堂, 東京, 昭39.
- 33) Gesell, R. : *Am. J. Physiol.*, 105 : 37, 1933.
- 34) Gesell, R. : *Am. J. Physiol.*, 115 : 168, 1936.
- 35) Gesell, R. : *Am. J. Physiol.*, 116 : 228, 1936.
- 36) Gesell, R. : *Ergeb. d. Physiol.*, 43 : 477, 1940.
- 37) Gesell, R., Magee, C.S., & Bricker, J.W. : *Am. J. Physiol.*, 128 : 615, 1940.
- 38) Bronk, D.W., & Ferguson, L.K. : *Am. J. Physiol.*, 110 : 700, 1935.
- 39) Anderson, F.M., & Lindsley, D.B. : *J. Lab. & Clin. Med.*, 20 : 623, 1935.
- 40) Brown, R.C., Atkinson, A.K., & Gesell, R. :



- Am. J. Physiol., 126:447, 1939.
- 41) Pitts, R.F.: J. Neurophysiol., 5: 403, 1942.
- 42) Campbell, E.J.M.: J. Physiol., 117: 222, 1952.
- 43) Campbell, E.J.M., & Green, J.H.: J. Physiol., 120: 409, 1953.
- 44) Campbell, E.J.M., & Green, J.H.: J. Physiol., 127: 423, 1955.
- 45) Campbell, E.J.M.: J. Physiol., 129: 12, 1955.
- 46) Campbell, E.J.M.: J. Anat., 89: 378, 1955.
- 47) Jones, D.S., Beargie, R.J., & Pauly, J.E.: Anat. Record, 117: 17, 1953.
- 48) Jones, D.S., & Pauly, J.E.: Anat. Record, 128: 733, 1957.
- 49) Green, J.H., & Howell, J.B.L. J. Physiol., 149: 471, 1959.
- 50) Taylor, A.: J. Physiol., 151: 390, 1960.
- 51) 時実利彦: 日本臨床, 9: 101, 昭26.
- 52) Tokizane, T., Kawamata, K., & Tokizane, H.: Jap. J. Physiol., 2: 232, 1951.
- 53) 小口周男: 日本生理誌, 16: 771, 昭29.
- 54) 小口周男: 日本生理誌, 17: 517, 昭30.
- 55) 川俣健二: 日胸外学誌, 3: 737, 昭30.
- 56) 土屋周二: 麻醉, 4: 443, 昭30.
- 57) 小谷 覚: 日本生理誌, 21: 146, 昭34.
- 58) 横張竜一: 科学, 21: 97, 昭26.
- 59) 沢崎 担: 日本獣医学誌, 17: 115, 昭30.
- 60) 吉村文雄: 久留米医誌, 22: 260, 昭34.
- 61) 中村文雄: 最近の筋電図学, 吉井直二郎・堀 浩編, 永井書店, 大阪, 昭31.
- 62) Maekawa, M., Hayase, S., & Mashiko, N.: Jap. Circulation J., 23: 19, 1959.
- 63) Luciani, L.: Human Physiology, 1: 411, 1911. Macmillan & Co. London.: 57) による.
- 64) Luciani, L.: Physiologie des Menschen, 1: 341, 1905. Verlag von Gustav Fischer in Jena: 57) による.
- 65) 下地恒毅・武下 浩: 北野病院紀要, 8: 73, 昭38.
- 66) 亀井文雄・川村 清: 東北医誌, 49: 485, 昭29.
- 67) Campbell, E.J.M., & Green, J.H.: J. Physiol., 122: 282, 1953.
- 68) Floyd, W.F., & Silver, P.H.S.: J. Anat., Lond., 84: 132, 1950.
- 69) Mills, J.N.: J. Physiol., 111: 376, 1950.
- 70) Raper, A.J., Thompson, W.T., Shapiro, W., & Patterson, J.L.: J. Appl. Physiol., 21: 497, 1966.
- 71) Otis, A.B.: Physiol. Rev., 34: 449, 1954.
- 72) Mead, J., & Wittenberger, J.L.: J. Appl. Physiol., 5: 779, 1953.
- 73) 池尻泰二: 医学研究, 28: 797, 昭33.
- 74) 時実利彦: 麻醉, 3: 148, 昭29.
- 75) Campbell, E.J.M.: J. Physiol., 136: 556, 1957.
- 76) 佐藤顕治: 日胸外学誌, 5: 47, 昭32.
- 77) Fink, B.R., Ngai, S-H., & Holaday, D.A.: J.A.M.A., 168: 2245, 1958.