

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1篇〕 呼吸困難の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 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3項 動脈血ガス組成および pH の測定方法

第4項 換気量の測定方法

第2章 検査成績

第1節 筋 電 図

第2節 動脈血ガス組成および pH

第3節 換 気 量

第3章 総括ならびに考按

結 論

緒 言

呼吸困難を自覚的なものとする Means¹⁾ (1924) の見解に初まり、今日にいたるまで、多くの人々によって、呼吸困難の定義づけが行なわれているが、その見解はまちまちであり、現在なお、統一されていない。これは、この言葉のもつ意味が非常に複雑で、また、その概念も莫然としているためである。

したがって、呼吸困難の発生機構の問題についても、心肺生理学の著しく発達した現在といえども、その解明にはなおほど遠い感がある。

呼吸困難とは、一体自覚的な症状なのか、他覚的な所見なのか。

呼吸困難について種々検討を行なう場合には、まず、その概念をはっきりさせておくことが必要である。

この点について、諸家の見解を大別すると、「自覚的に呼吸性努力を増大させる必要を感じている状態」とする Meakins²⁾ の見解と、「自覚的なものだけではなく、他覚的にも努力性呼吸が認められる場合をも呼吸困難とする」とする Christie³⁾ の見解との二つになるようである。

前者の見解をとるものには、Means¹⁾ (1924), Meakins 及び Davies⁴⁾ (1925), Wright⁵⁾ (1936), Burchell⁶⁾ (1952), Altschule⁷⁾ (1955), McIlroy⁸⁾ (1959), Wasserman 及び Patterson⁹⁾ (1961), Comroe ら¹⁰⁾ (1962), および Campbell 及び Howell¹¹⁾ (1963) らがあり、一方、後者の見解をとるものには、Wiggers¹²⁾ (1931), Richards¹³⁾ (1953), Rossier ら¹⁴⁾ (1960), および Homma¹⁵⁾ (1966) らがある。

本邦においても、天野¹⁶⁾ (昭28), 管¹⁷⁾ (昭31), 百瀬¹⁸⁾ (昭33), 三瀬¹⁹⁾ (昭33), 織畑²⁰⁾ (昭33), 渡辺²¹⁾ (昭33), 中村²²⁾ (昭39), および福原²³⁾ (昭39) らは前者の見解をとっており、石川²⁴⁾ (昭33), および稲本²⁵⁾ (昭39) らは後者の見解をとっている。

Meakins²⁾ の定義は、従来ひろく用いられてきたもので、要するに、自覚的に“息が苦しい”, “息がつまる”, または“息切れがする”といった

訴えがあって始めて、呼吸困難とするものである。したがって、彼の定義では、昏睡とか麻酔中のような無意識状態、幼小児のように、意識があっても息苦しさを訴える術をしらない場合等は、たとえ、下顎呼吸や鼻翼呼吸のような努力性呼吸とか、respiratory distress の状態にあっても、これらは、呼吸困難から除外されるわけである。このような考え方にしたとえば、心肺生理学的に呼吸困難をとらえようとする場合には、はなはだ不都合であり、Altschule⁷⁾ のいうように、呼吸困難のメカニズムを解明しようとすることは、全く無駄な骨折りだということになる。

これに対し、Christie³⁾ の見解をとれば、心肺生理学的に呼吸困難を種々検討する上において、はなはだ好都合となる。

すなわち、呼吸困難は本来、患者の自覚症であり、一種の感覚的なものではあるが、意識とは無関係に respiratory distress, または、努力性呼吸を示す場合をも含める、との見解をとるならば、心肺生理学的には respiratory distress について種々検討すればよいことになる。

さて、これまで、心肺生理学的に呼吸困難を表現する指数としては、Baldwin ら²⁶⁾ (1948) の提唱した換気予備率、Hugh-Jones²⁷⁾ (1952) の呼吸困難指数、Warring²⁸⁾ (1945) の歩行指数、笹本²⁹⁾ (昭30) の運動指数と換気指数等があるが、すべてこれらは、運動時の換気量から呼吸困難の程度を表現しようとしたものであり、患者の行なっている呼吸状態が、respiratory distress か否かの判定には、直接役立つものではない。

そこで、著者は、呼吸運動が呼吸筋によって行なわれる限り、respiratory distress のときに、それに応じた反応が呼吸筋の上にも何らかの形で現われるのではないか、そしてまた、それが呼吸困難の客観的な指標となり得ないか、と考えた。

呼吸筋が呼吸運動に関与しているか否かを知るには、筋電図学的に検索すればよい。

周知の如く、筋電図は筋収縮にともなう電気的变化、すなわち、筋活動電流を筋電計にて増

幅、記録したものであるから、これを呼吸筋の活動をとらえるのに適用すれば、呼吸筋の興奮、収縮活動を知ることができるばかりでなく、この収縮の動因をなしている運動神経系の興奮活動状態と、これを支配している中枢の興奮活動までも、間接的にうかがい知ることができる。

もちろん、卜部・川俣³⁰⁾ の指摘しているように、筋電図で呼吸作用を考察する場合、これをもって、呼吸の量的変化を推定することは不可能であり、あくまでも、呼吸の質的变化を知る目的で利用しなければならない。要するに、呼吸筋の kinetic の活動および tonic の活動を知るのに適当であるから、著者は、呼吸困難の場合には、どの呼吸筋に活動がみられるか、また放電の増強があるか否かについて検討したわけである。

また、呼吸筋の活動と動脈血ガス組成や pH、換気量、および、自覚的な呼吸困難等との関係についても検討を加えたので、以下その大要を報告する。

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、安静時にすでに呼吸困難のあるもの9名で、その内訳は表1に示す通りである。

第2節 検査方法

第1項 被検筋

被検筋としては、いずれも右側の、第5～7肋間筋、腹壁筋（外腹斜筋または腹横筋）、前斜角筋、胸鎖乳突筋の四つを選び、同時に Pneumotachograph で呼吸の相の変化を記録した。

また、検査はすべて安静時に仰臥位で行なった。

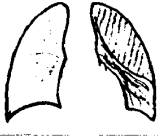
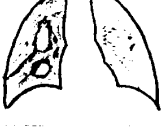
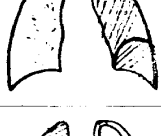
第2項 筋活動電流の誘導方法

電極は表面電極または筋内埋入電極を用いた。

表面電極³¹⁾ としては直径約 7～8mm の銀盃 2 枚を用い、これを被検筋の皮膚上に、目的とする呼吸筋の筋線維の走行に平行して、約 1cm 矩で絆創膏で固定した。この際、皮膚抵抗をできるだけ少なくするために、皮膚はアルコールにて十分に清拭し、電極と皮膚の間は電極糊でみたした。

筋内埋入電極³²⁾ は近年 Kinesiology (動作学) の分

表 1 検 査 対 象

症 例	氏 名	年 令	性	病 名	X 線 像	肺 活 量 cc	%肺活量 %	1 秒 率 %
1	伊 〇	43	♂	肺 結 核 氣 管 支 炎		2250	64	44
2	芦 〇	48	♂	肺 結 核 (左 胸 成 後) 肺 氣 腫		1800	49	38
3	清 〇	55	♂	肺 線 維 症				
4	鈴 〇	46	♂	肺 結 核 (肺 腔 開 放 中) 死 瘻				
5	松 〇	59	♂	肺 結 核 氣 管 支 喘 息				
6	中 〇	60	♂	肺 結 核 (右 胸 成 後) 慢 性 肺 性 心		1600	48	29
7	井 〇	54	♂	肺 結 核 (左 全 摘 後)		2350	63	48
8	竹 〇	42	♂	肺 結 核 (右 胸 成 後)		1650	42	32
9	羽 〇	35	♂	肺 結 核 肺 氣 腫		1900	45	30

野でしばしば用いられているが、これを呼吸筋の活動を知るのに応用した。すなわち、直径 100μ の細いエナメル銅線の先端を約 1mm 削って、エナメルを落し、その部分だけ裸にしたものを 1/4 皮下注射針の中に通し、この部分が、被検筋の中にひっかかるように釣針型に折り曲げて、1/4 皮下注射針で誘導穿刺する。被検筋一つについて、約 8~10mm の間隔で 2 本の電極を刺す。

この電極によれば、従来の針電極による方法よりも、はるかに疼痛が少なく、疼痛のための呼吸抑制や緊張からくる artefact を、ほとんど考慮しなくてもよい。

筋電計は日本光電製のもので、脳波計に準じたものである。ただし、記録はインク書き直記式の記録計によった。電圧は $50\mu V$ 、時定数は 0.03 秒である。

第 3 項 動脈血ガス組成、pH の測定方法
動脈血ガス組成および pH の測定には、I.L. メー

表 2 呼吸困難患者の呼吸筋筋電図

症例	氏 名	被 検 筋	表 面 電 極			筋 内 埋 入 電 極		
			安静呼吸	深 呼 吸	吸強制呼	安静呼吸	深 呼 吸	強制呼吸
1	伊 ○	肋 間 筋	(-)	(-)	(i) (e)	(i)	(ii)	(i)
		前 斜 角 筋	(i)	(ii)	(i)	(i)	(ii)	
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(ii)	(i)	(i)	(ii)	(i)
		腹 壁 筋	(-)	(-)	(-)			
2	芦 ○	肋 間 筋	(-)	(-)	(e)	(i)	(i) (e)	(i)
		前 斜 角 筋	(i)	(i)	(i)	(i)	(ii)	(ii)
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(i)	(i)	(i)	(ii)	(ii)
		腹 壁 筋	(-)	(e)	(e)	(-)	(i)	(i)
3	清 ○	肋 間 筋	(e)	(i)	(ii)	(i)		
		前 斜 角 筋	(i)	(i)	(i)			
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(i)	(i)	(i)		
		腹 壁 筋	(e)	(e)	(e)			
4	鈴 ○	肋 間 筋	(-)			(i)	(ii)	(ii)
		前 斜 角 筋	(i)	(iii)	(ii)	(ii)	(iii)	(iii)
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(iii)	(ii)	(i)	(iii)	(iii)
		腹 壁 筋	(-)	(e)	(e)			
5	松 ○	肋 間 筋	(-)	(-)	(i)	(i)		
		前 斜 角 筋	(i)	(ii)	(i)	(i)		
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(i)	(i)	(i)		
		腹 壁 筋	(-)	(-)	(-)			
6	中 ○	肋 間 筋	(i)			(i)		
		前 斜 角 筋	(i)			(i) (e)		
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)			(ii) (e)		
		腹 壁 筋	(i)					
7	井 ○	肋 間 筋				(i)	(ii)	(ii)
		前 斜 角 筋				(i)	(ii)	(ii)
		胸 鎖 乳 突 筋				(i)	(ii)	(ii)
		腹 壁 筋						
8	竹 ○	肋 間 筋	(i)	(iii) (ee)	(ii) (e)			
		前 斜 角 筋	(i)	(iii) (ee)				
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(iii) (ee)	(ii) (e)			
		腹 壁 筋	(-)					
9	羽 ○	肋 間 筋	(-)	(-)	(i)			
		前 斜 角 筋	(i)	(iii)	(iii)			
		胸 鎖 乳 突 筋	(i)	(iii)	(iii)			
		腹 壁 筋	(-)	(-)	(-)			

註 (i) : inspiratory impulse
 (e) : expiratory impulse
 (-) : no impulse

ターを使用した。動脈血の採血はすべて大腿動脈から行ない、採血後、直ちに測定した。

第4項 換気量の測定方法

Jバルブを通して呼気を5分間ダグラス・バッグに採取し、この容量をガスメーターで測り、これから分時換気量および1回換気量を算出した。

また、呼吸数はPneumotachographの記録から求めた。

第2章 検査成績

第1節 筋電図

筋電図は表2に示す通りである。

すなわち、肋間筋は、表面電極では症例3で呼息性インパルス、症例6および8で吸息性インパルスを認めているが、これは、前者では内肋間筋、後者では外肋間筋の活動を示しているものと思われる。他の5名には筋活動が認められない。

筋内埋入電極での検索では、7例すべてに吸息性インパルスが認められており、これに深呼吸または強制呼吸を行なわせると、吸息性インパルスの増強、または、呼息性インパルスの併発を認める。

腹壁筋については、表面電極で、症例3は呼息性インパルスを、症例6では吸息性インパルスを出しているが、他の6例では活動が認められない。

筋内埋入電極での検索は、1例にしか行なわなかったが、この場合も活動は認められない。しかし、深呼吸または強制呼吸を行なわせると、吸息性放電を示すようになる。

胸鎖乳突筋は、安静時にすでに、表面電極で検索を行なった8例すべてに、吸息性インパルスを認めるが、筋内埋入電極による検索でも、7例すべてに吸息性インパルスを認める。そして、これらのインパルスは、深呼吸時および強制呼吸時には増強する傾向がみられ、とくに深呼吸時に著しい。

また、表面電極での検索では、7例中1例において、深呼吸時、強制呼吸時に、著明な吸息性インパルスのみならず、呼息性インパルスをも認める。

前斜角筋も、安静時にすでに、表面電極で検

索を行なった8例すべてに、吸息性インパルスを認め、筋内埋入電極による検索6例すべてに、吸息性インパルスを認める。そして、深呼吸、強制呼吸には放電の増強する傾向が認められる。

要するに、前斜角筋も胸鎖乳突筋と大体同じような態度を示している。

図1および2は、呼吸困難患者の安静時の筋電図であり、図3および4は深呼吸時のもの、図5は強制呼吸時のものである。

第2節 動脈血ガス組成およびpH

動脈血ガス組成およびpHの成績は表3および図6に示す通りで、 PaO_2 は、44mmHgから100mmHgまでの範囲でばらついているが、平均値が67.1mmHgで、大体においてやや低い値を示している。

$Paco_2$ は、43mmHgから59mmHgまでの範囲にあり、平均値は49.5mmHgであり、全体としてかなり高い値を示している。すなわち、軽度のHypoxemiaおよびHypercapniaの状態、換言すれば軽度のAsphyxiaの状態にあることがわかる。

pHは、平均値が7.416と正常範囲にあるが、7.370から7.485までの範囲にばらついていて、一定の傾向はつかみ難い。

第3節 換気量

換気量については、表3および図7に示す通り、9例中6例について測定を行なっているが、呼吸数は11回から28回までにわたり、その範囲はかなり広いが、これは疾患の種類にも関係していると思われる。

1回換気量は、264ccから631ccまでの範囲にあり、平均390ccで、正常人よりも若干少ない傾向がある。

つぎに、分時換気量は、6060ccから9470ccまでの範囲にわたっている。

第3章 総括ならびに考按

動物における呼吸筋の筋電図学的研究は、Gesell^{33~37)}を初めとして、多数^{38~41)}みられるが、いずれも麻酔下において観察されたもので

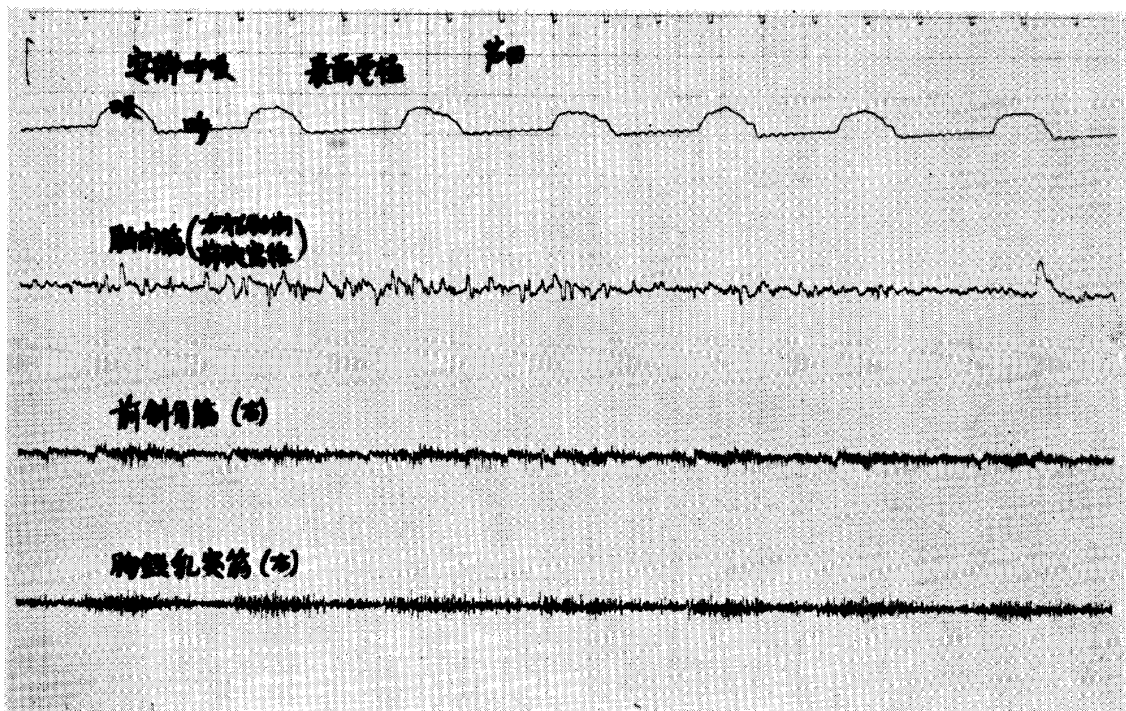


図 1 (症例2). 表面電極法. 安静時.
最上線: 時間(1秒間隔). 第2線: 気速曲線. 第3.第4.第5線: 筋電図.
前斜角筋と胸鎖乳突筋に吸息性放電を認める.

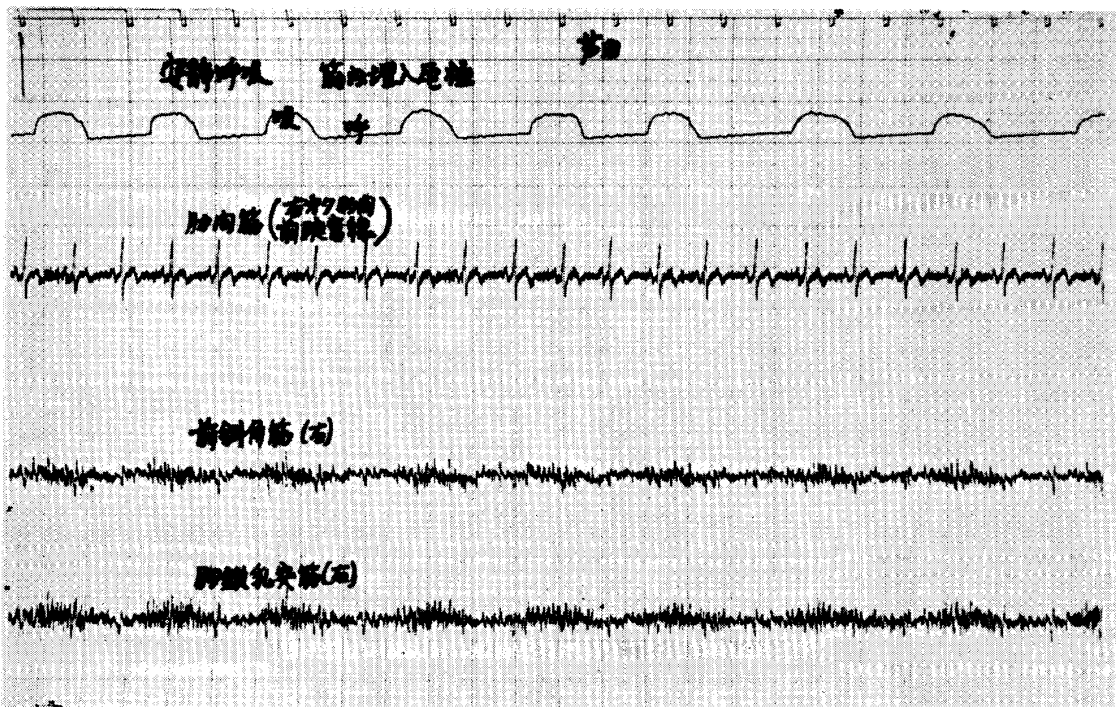


図 2 (症例2). 筋内埋入電極法. 安静時.
肋間筋の吸息性放電を認める.
前斜角筋, 胸鎖乳突筋は表面電極の場合と同様に吸息性放電を認める.

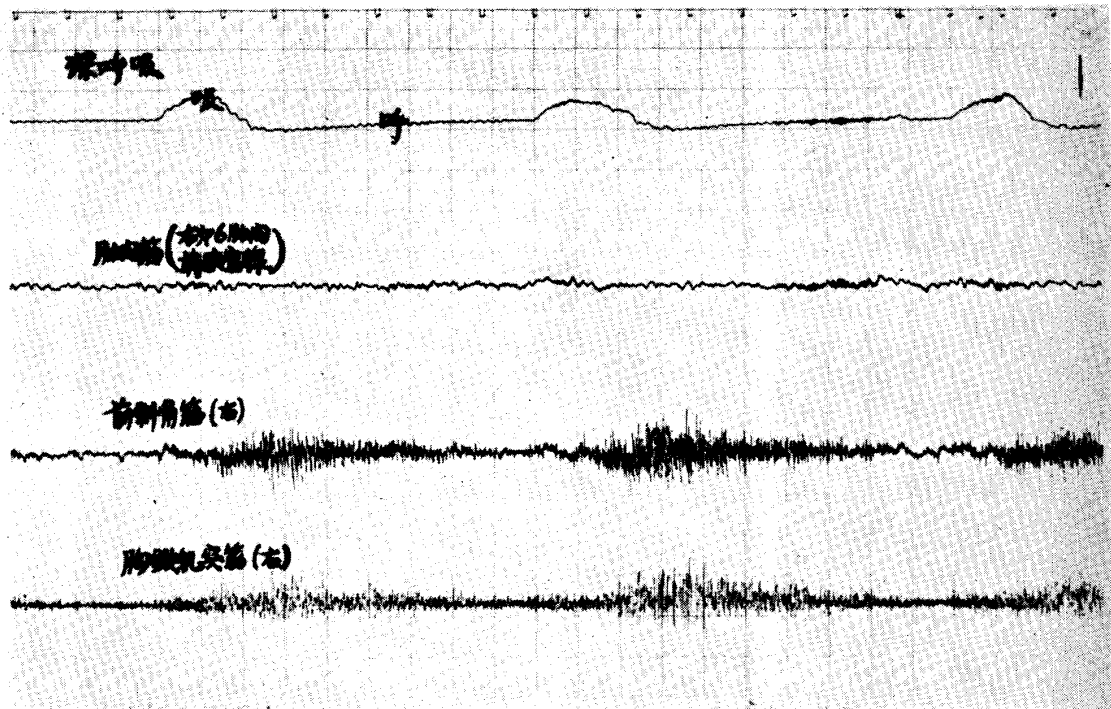


図 3 (症例2). 表面電極法. 深呼吸時.
前斜角筋, 胸鎖乳突筋は吸呼吸にわたって著明な放電を示す.
肋間筋には放電が認められない.

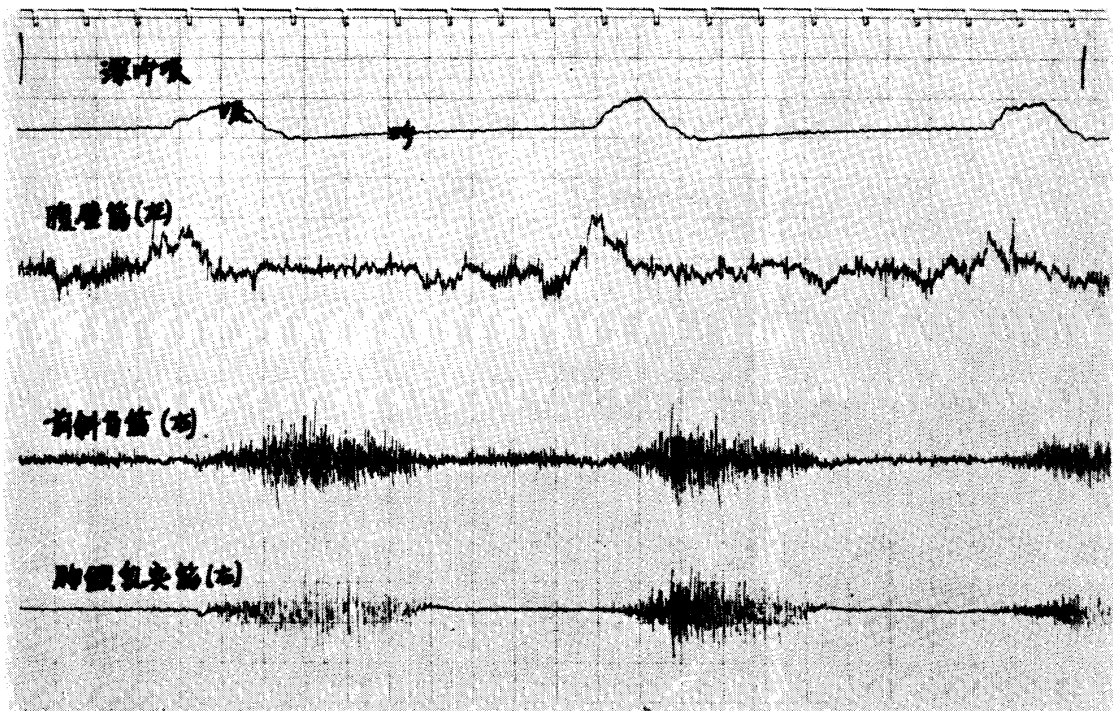


図 4 (症例2). 表面電極法. 深呼吸時.
腹壁筋に呼吸性放電を認める.

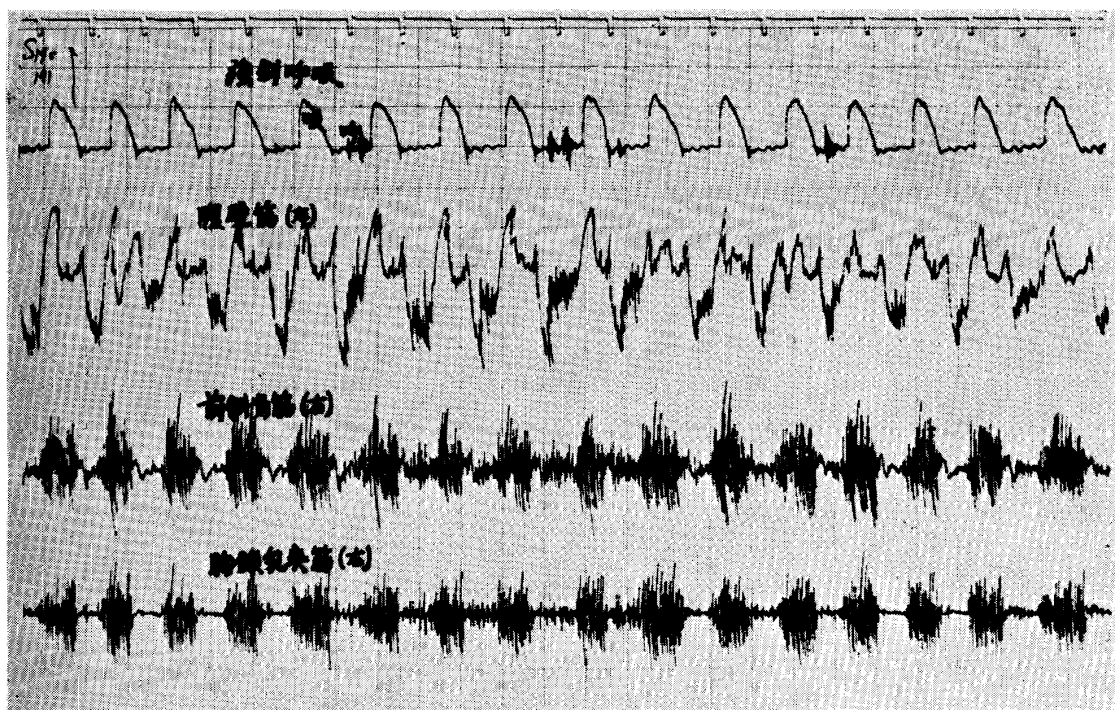


図5 (症例2). 表面電極法. 強制呼吸時.
腹壁筋は活潑な呼吸性放電を示す.
前斜角筋, 胸鎖乳突筋は活潑な吸息性放電を示す.

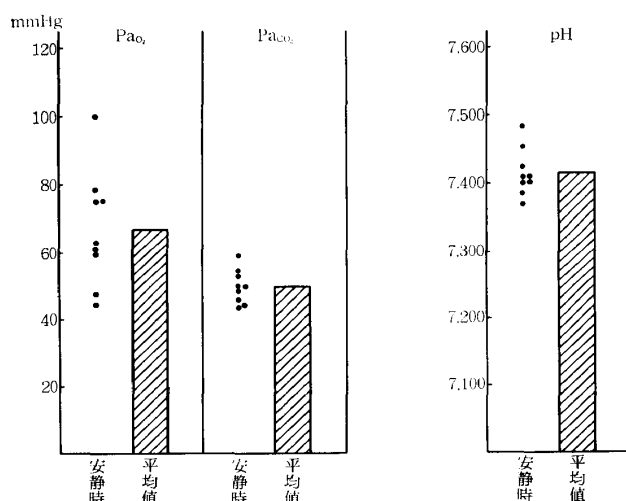


図6 呼吸困難患者の動脈血ガス組成と pH

ある。

人における無麻酔下での呼吸筋筋電図の研究としては, Campbell らを中心とした詳細な研究^{42~46)}が目立っている。しかし, その他にも数多くの研究^{47~50)}がみられる。

本邦においても呼吸筋筋電図に関する研究は, 時実^{51,52)}, 小口^{53,54)}, 川俣⁵⁵⁾, 土屋⁵⁶⁾, 卜部³⁰⁾, 小谷⁵⁷⁾, 横張⁵⁸⁾, および沢崎⁵⁹⁾等多数みられるが, とくに, 呼吸困難のときの呼吸筋筋電図について考察したものは, あまり見当らな

いようである。

しかし, 若干呼吸困難に近い課題として, 吉村⁶⁰⁾は, 急性肺水腫発生過程における呼吸筋の筋電図学的研究を, 麻酔犬について行っており, さらに Hypoxia 負荷と Hypercapnia 負荷とを行なって, 呼吸筋の放電活動を観察している。また, 中村⁶¹⁾は, 呼吸困難を努力呼吸と解し, このときの喉頭筋, 横隔膜, 軟口蓋筋電図を観察している。また, 前川ら⁶²⁾は, Neurocirculatory Asthenia (N.C.A.) における呼吸困難の病態生理について, 筋電図による詳細な観察を行ない, N.C.A. の呼吸困難には, 呼吸筋の dysrhythmic な放電がみられること, また, これは一種の thorax starre の状態にあり, この状態は Mephenesin の静注で改善され, それとともに呼吸困難も緩解することを示している。

著者は, 呼吸筋として, 外肋間筋, 前斜角筋, 胸鎖乳突筋, および腹壁筋 (外腹斜筋または腹横筋) の四つの筋を選び, まず初めに, 安静時に呼吸困難のある肺疾患々者の呼吸筋筋電図について検討したのである。

しかし, こうした呼吸困難の場合の呼吸筋筋電図を検討するには, これらの呼吸筋について

表 3 呼吸困難患者の動脈血ガス組成, pH および換気量

症例	氏 名	動脈血ガス組成, pH			換 気 量			
		PaO ₂	Paco ₂	pH	呼 吸 数	1 回 換 気 量	分 時 換 気 量	5 分 間 換 気 量
1	伊 ○	mmHg 61	mmHg 48.2	7.455	20	430 ml	8600 ml	43.004 ℓ
2	芦 ○	78.5	49	7.410	19	371	7050	35.253
3	清 ○	75	54	7.385	25	306	7656	38.283
4	鈴 ○	47	43	7.425	28	338	9470	47.353
5	松 ○	63	45.5	7.485	23	364	6060	30.299
6	中 ○	100	53.5	7.370	11	631	6940	34.667
7	井 ○	75	44	7.410				
8	竹 ○	44	59	7.400				
9	羽 ○	60	49.5	7.406				
平 均		67.1	49.5	7.416	22.7	390	7630	38.130

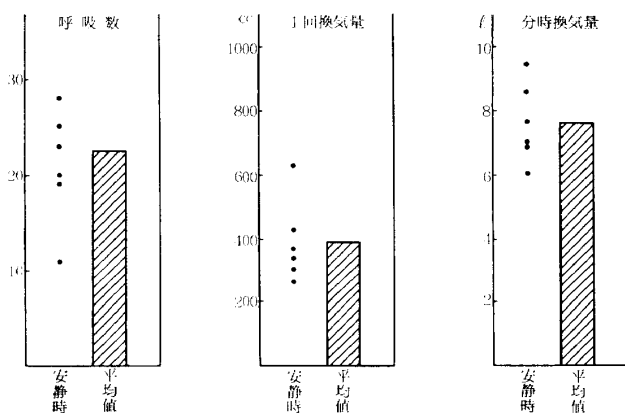


図 7 呼吸困難患者の換気量

の、現在までの諸家の見解を、知っておく必要がある。

肋間筋の働らきについては、従来から諸家の見解はまちまちである。肋間筋が正常安静呼吸運動に参与する様相については、成書^{63,64)}によれば、外肋間筋および内肋間筋はともに吸息性であるとする人々、外肋間筋および内肋間筋はともに呼息性であるとする人々、外肋間筋は吸息性であり、内肋間筋は軟骨部を除いて呼息性であるとする人々、あるいはまた、肋間筋は肋骨の運動に関して殆んど重要性はなく、むしろ肋間の緊張を調整し、吸息期間中に胸腔内陰圧の増大によって肋間が陥凹することを防いでいるとする人々等があるが、一般的には、外肋間

筋は吸息性、内肋間筋は、軟骨部では吸息性、骨部では呼息性と考えられている。

しかしながら、筋電図学的方法を応用し、麻酔犬を用いた Gesell³⁴⁾ の実験結果によると、外肋間筋における吸息性活動電位は、主として、胸廓の頭側半分および大前鋸筋の肋骨附着部より背方の部位において認められ、第6肋間以下の部位では、ときに呼息性活動電位が認められている。

また、内肋間筋においては、軟骨部が、頭側では吸息性であり、第6肋間以下では大部分の例において呼息性となり、骨部では、殆んど活動電位を認めないのが普通であるが、ときに胸廓の尾側半部において呼息性活動が認められている。

このように肋間筋の働らきは非常に複雑であって、吸息筋であるか呼息筋であるかは、筋の種類によって簡単には分類することが出来ず、筋の胸廓における位置を考えねばならぬようである。

これに対し、小谷⁵⁷⁾は除脳犬を用い、内外肋間筋の働らきの様相を筋電図学的に検索した。その結果、外肋間筋については、第1, 2, 3, 4肋間において殆んど常に吸息性スパイク放電が認められ、第5, 6肋間においては、背方では殆

んど常に吸息性スパイク放電が認められるが、腹方では頻繁に呼息性スパイク放電が認められるようになる。第7肋間より尾側の各肋間においては、大部分において呼息性スパイク放電が認められ、吸息性スパイク放電は稀にしか認められない。

この事実から彼は、外肋間筋は解剖学的には一様の走行を示してはいるが、機能的には吸息性線維と呼息性線維とが混在していると考えている。

また、内肋間筋については、軟骨部において第1肋間より第6肋間まで、つねに明瞭な吸息性スパイク放電が認められるが、それ以下の肋間では、ときに呼息性スパイク放電が認められる。また、骨部では、第1, 2, 3, 4肋間の背方において、比較的しばしば吸息性スパイク放電が認められるが、第5肋間以下では稀にしか認められなくなり、大部分において、呼息性放電が認められた。

この事実から彼は、内肋間筋にも機能的には、吸息性線維と呼息性線維とが混在していると考えている。

また、Gesellの実験結果との相異に対しては、Gesellがモルフィンおよびウレタンで麻酔したのに対し、彼は無麻酔除脳犬を使用したことをあげている。そして、麻酔は呼吸中枢に何らかの悪影響を及ぼし、一般に呼吸性、とくに呼息性インパルスの減少を惹き起すのではなかろうかとしている。

Bronk 及び Ferguson³⁸⁾ もまた、ある例において、内肋間筋骨部を支配する神経および外肋間筋を支配する神経に、吸息相において同時的インパルスの現われることを認めている。

これに対して、小谷は、これは、内肋間筋骨部に吸息性線維が混在しているので、吸息性インパルスが検出されたのだと説明している。

しかしまた、Jones⁴⁷⁾は人における実験で、内肋間筋と外肋間筋とが別々に働らくという証拠はなく、また、外肋間筋に、正常呼吸の吸息期における活動電位の増加をみなかったことから、吸息期には第I肋骨が引き上げられるにとどまり、他の肋骨は単にこれに随伴するのであ

ると述べている。

また一方、時実⁵²⁾は、人における呼吸運動の観察例において、第6肋間で、吸息相ならびに呼息相に一致する2種類のスパイク放電を認めたことに対し、これは電極が内肋間筋と外肋間筋との境界面にあたったためであると解釈している。

他方、沢崎⁵⁹⁾はよく訓練された犬と山羊とを使用し、無麻酔正常駐立位における、安静時の呼吸筋筋電図を観察し、肋間筋骨部では吸息、肋軟骨部では呼息放電を示すといっている。

以上はいずれも、正常な動物または人における麻酔下または無麻酔下での検索であるが、著者の、安静時に呼吸困難のある肺疾患々者についての検索では、表2に示す通り、筋内埋入電極で検索を行なった7例すべてに、安静時において、肋間筋の吸息性活動が認められている。しかし、表面電極では8例中1例が呼息性活動を、2例が吸息性活動を示し、他の5例は活動を示していない。このことは、表面電極では、安静時に肋間筋の活動をとらえることは甚だ困難であり、筋内埋入電極では、この活動がある程度とらえうるということを示している。

なお、筋内埋入電極で、深呼吸または強制呼吸を行なわせると、放電の増加を示すか、今まで放電のなかったものも放電を示すようになる。また、表面電極では、強制呼吸になって始めて、全例に活動放電を示すようになる。このことはやはり、目的被検筋から電極がずれていたか、または、卜部・川俣³⁰⁾、川俣⁵⁵⁾、下地・武下⁶⁵⁾らのいうように、外肋間筋の活動が不安定であることを推定させるものである。

また、亀井・川村⁶⁶⁾は、健康人および珪肺患者の、安静時における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、健康者においては、努力性呼吸、または、呼吸困難の場合等を除いて、殆んど発現しないといわれている呼息時のスパイク放電が、安静時に検索した珪肺患者の約1/4に出現している。そして、このことから、彼らは、珪肺患者においては安静時にすでに努力性呼吸を行なっているものもあると推察している。

土屋⁵⁶⁾もまた、全身麻酔下で麻酔が浅いときには、Asphyxiaによって、肋間筋に吸息性あるいは呼息性放電の活動が増強することを認めている。

さらに、Bronk 及び Ferguson³⁸⁾ らは、内肋間筋軟骨間部の吸息性放電を観察して、インパルスの頻度が Asphyxia の進行とともに増加したと述べている。

著者が対象として検索した症例は、いずれも Asphyxia をきたしている症例といえるので、この点からすれば、土屋や Bronk 及び Ferguson らの結果と、大体において一致しているといえる。

腹壁筋については、時実ら⁵²⁾、川俣⁵⁵⁾らは、健常者の、立位または坐位における針電極での検索で、腹横筋、内外肋間筋ともに、安静呼吸で呼息性放電を発するのをみている。すなわち、安静呼吸においても、腹直筋以外の腹壁筋は主呼息筋として能動的に呼吸運動に参加しているとしている。

沢崎⁵⁹⁾も、無麻酔正常駐立位の犬と山羊での、針電極による観察で、内外腹斜筋とも呼息運動に積極的に関与しているのをみている。この事実からすれば、従来、呼息運動は、吸息運動のさいにもたらされた吸息筋の位置のエネルギーを利用して行なわれる、とする考え方、つまり、呼息運動は全く passive なものである、とする考え方は否定されることになる。

一方、Campbell^{42,43,44,67)}、Jones ら⁴⁷⁾は、仰臥位における表面電極での観察で、外腹斜筋は安静時には活動していないことから、呼息初期の腹筋は呼吸運動に積極的に参加していなくて、ただ、Asphyxia で呼吸量がかなり増したさいの呼息に働らくといっている。

同じく、Floyd 及び Silver⁶⁸⁾ らも、表面電極での観察で、内外肋間筋ともに安静仰臥位では活動しないが、強制呼息時になって活動を示すといっている。

これに対し、Mills⁶⁹⁾ は、人における仰臥位での、針電極による観察で、最大呼息時や咳嗽時はもちろん、最大吸息時にもこの筋の活動電位がしばしば記録されたと報告している。

著者の呼吸困難患者についての検索では、安静時にこの筋の活動放電をみるものとみないものとがあり、一様ではない。いずれにせよ諸家の見解が一様でないように、補助呼吸筋とされているこの筋の活動をもって、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。

前斜角筋は、解剖学的に頸椎と第 I 肋骨との間に走り、胸廓の挙上に大きな意味があることはすでによく知られている。そして、従来から、斜角筋群は補助呼吸筋とされ、深呼吸や強制呼吸のさいにその活動を現わしてくるものといわれてきたが、必ずしもそうではないとする見解がある。

Campbell⁴⁶⁾ は、仰臥位における表面電極での検索で、安静時に、健康人 5 人中 1 人に吸息性放電を、他の 1 人に呼吸性リズムのない連続性放電を認めている。

時実ら⁵²⁾、および川俣⁵⁵⁾らの詳細な呼吸筋筋電図の研究でも、立位または坐位ではあるが、安静呼吸で斜角筋群が吸息性インパルスを出すのをみている。

同じく Jones ら⁴⁷⁾も、斜角筋は、安静吸息で僅かに律動的な収縮をきたすことを報告している。

沢崎⁵⁹⁾は針電極での観察で、無麻酔正常駐立位の犬と山羊において、斜角筋群の吸息期放電をみている。

また、斜角筋群の活動の始まりと換気量との関係について、Campbell⁴⁶⁾ は、3 人の健康被検者に 6ℓ のスパイロメーター中の呼気ガスを反復呼吸せしめたとき、斜角筋の活動の開始をみたのは、個人差はあるが、少ないので肺活量の 30%、吸気容量の 40~50% のときであり、多いもので肺活量の 55~60%、吸気容量の 65% のときであったことを示している。

また、Raper ら⁷⁰⁾も 7 名における検索で、肺活量の 22.4%~53.2% の換気量のときに、斜角筋の活動開始をみている。

著者の検索では、安静時に呼吸困難のある患者で、表面電極、筋内埋入電極のいずれにおいても、安静時に吸息性インパルスがみられ、さらに一部のものでは、深呼吸または強制呼吸で

放電数の増加がみられている。

つぎに、胸鎖乳突筋が、健常者において安静時の呼吸運動に関与していないことは、時実ら⁵²⁾、川俣⁵⁵⁾、Campbell⁴⁶⁾ および Raper ら⁷⁰⁾の一致した見解である。

時実ら⁵²⁾ および川俣⁵⁵⁾ らによる詳細な呼吸筋筋電図の研究によれば、胸鎖乳突筋は、立位または坐位において強制呼吸時に呼吸運動に関与してくる筋の一つであり、また、Campbell⁴⁶⁾も、胸鎖乳突筋を使わずに多い換気量を得ることが出来るが、この筋が活動を示すのは、強い深呼吸のときのみであるといっている。

また、織畑²⁰⁾は、僧帽弁狭窄症の患者で、局所麻酔下に気管内麻酔器で間歇加圧平圧呼吸を続ける場合、開胸後しばらくすると、鼻翼呼吸、胸鎖乳突筋の呼吸性緊張等のような、著明な努力性呼吸が現われるといっている。

要するに、胸鎖乳突筋は、補助呼吸筋のうちでも呼吸運動に関与する最後の筋だということができる。

著者の呼吸困難患者についての検索でも、表面電極で、安静時に検索した8例すべてに吸息性放電を、また、筋内埋入電極による7例すべてに吸息性放電、または、吸息性と呼息性放電を認めている。このことは、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ことを示しているものと考えられる。しかも、この筋は前頸部に位置しており、体表面に近くて比較的大きな筋であるため、仰臥位で容易に電極を導入し得るという利点もある。

また、この筋と換気量との関係については、Campbell⁴⁶⁾は、健康者における観察で、胸鎖乳突筋の活動がみられるようになるのは、少ないもので肺活量の55%、吸気容量の70~75%、多いもので肺活量の65~70%、吸気容量の80~85%のときであることを示している。そして、このことから彼は、健常者の場合、吸気容量の少なくとも70%までの1回換気量では、胸鎖乳突筋は呼吸に関与しないと結論している。Raper ら⁷⁰⁾もまた同様に、肺活量の65%という数値をあげている。

このことは、吸気容量の70%以上を使うよう

な呼吸になれば、胸鎖乳突筋も関与し始めることがあるということであり、もし、これが肺機能障害のある症例にも適用できるのであれば、胸鎖乳突筋の活動を認めた場合、極めて予備能力の少ない呼吸をしていることが察知されることになる。

しかし、このことが肺疾患々者に直ちに適用しうるものでないことは表4をみれば明らかで

表4 安静時呼吸困難のある患者の肺機能

1回換気量	630cc
肺活量	1600cc
%肺活量	48%
分時換気量	6940cc
分時最大換気量	17.0ℓ/min
分時最大換気率	23%
1秒量	500cc
1秒率	29%

ある。すなわち、この症例は、安静時に胸鎖乳突筋の著明な活動を示す患者であるが、1回換気量は630cccで、肺活量は1600ccである。したがって、 $\frac{630}{1600} \times 100 \div 39.3\%$ となり、1回換気量は肺活量の約40%に相当し、上記の適用とはならないことがわかる。この患者の疾患は肺気腫合併気管支喘息であることから、胸鎖乳突筋の活動の発現には、上記のような換気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ことが想像される。このことは、呼吸困難を換気仕事量の増加なる面から考察しようとする考え方^{15,71,72)}が妥当なことを意味している。

結 論

安静時に呼吸困難のある肺疾患々者9例について、呼吸筋筋電図、動脈血ガス組成およびpH、換気量等を検討し、次の結果を得た。

- (1) 補助呼吸筋の一つである胸鎖乳突筋が全例において呼吸運動に関与していることを知った。
- (2) このことは、胸鎖乳突筋の呼吸運動への関与をもって、呼吸困難の客観的な指標としても差し支えないことを示すものであ

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 換気量の経時的変化

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。