

原 著

肺結核回復者の血液ガス値の運動負荷による変動曲線について

第2報：経皮血液ガス・運動負荷試験の臨床成績

吉 田 文 香

埼玉県立小原療養所

受付 平成3年2月8日

BLOOD GAS CHANGES DURING TREADMILL EXERCISE IN
CONVALESCENTS FROM PULMONARY TUBERCULOSIS

2. Clinical Results

Fumika YOSHIDA *

(Received for publication February 8, 1991)

We reported earlier in the 1st report the use of treadmill walk apparatus and transcutaneous blood gas measurement apparatus as a newly designed exercise test. In this report, test was carried out in 90 persons (4 healthy, 66 recovered from pulmonary tuberculosis, 3 recovered from silico-pulmonary tuberculosis, 12 of COPD, and 5 of pulmonary fibrosis et bronchiectasis).

The changing curves of transcutaneously measured O_2 partial pressure (tP_{O_2}) were, as previously reported, classified into 4 types : 1. unchange-6, 2. slightly decreased-38, 3. moderately decreased-24, 4. markedly decreased-21. And unexpected odd curves were seen in 4 patients, 3 of whom were retested the other day, and their changing curves of tP_{O_2} in the second test were corrected and classified into slightly or moderately decreased type.

The decreasing slopes of 4 types of tP_{O_2} curves were subclassified, in each type, into 3 to 4 forms.

In recovered pulmonary tuberculosis patients, in general, when the spread of pathologic changes in the lungs was wider, the more decreased types of tP_{O_2} curves were seen. But in COPD patients, such was not the case.

In the exercise test, total tolerance time (minuites) against the definite load was significantly shorter in the more decreased type ; unchanged-13.5~14.3, slightly decreased -7~10, moderately decreased-6~9, and markedly decreased-3~5. The recovering time of tP_{O_2} , pulse rate, blood pressure etc. from the records in the end of the exercise to the pre-exercise records, was longer in the more decreased type.

On the other hand, usually the lower Pa_{O_2} of the patients were, the more their changing curves of tP_{O_2} decreased. Pa_{O_2} was previously measured in blood taken from brachial artery in supine position before the test. But exceptionally in some patients with high Pa_{O_2} value,

* From the SAITAMA Prefectural OHARA Tuberculosis Sanatorium, 1696 Itai, Konan-machi, Osato-gun, Saitama 360-01 Japan.

the curves belonged to markedly decreased type. The changes of oxygen values of some patients during exercise test were individually different, showing that this exercise test reflected their comprehensive respiratory function. Prognosis was especially bad in patients with markedly decreased type, 8 of whom had died from respiratory failure within 2 years after the test.

In conclusion, it can be said that this exercise test was effective in judging the pulmonary reserve function and the prognosis in recovered pulmonary tuberculosis patients, but more detailed investigations are necessary, especially in more COPD patients, for the understanding of the respiratory distress.

As our main purpose was to investigate the changing curves of oxygen values under exercise, we used $t\text{PO}_2$ because of its safety and convenience on measurement. The relationship between the values of PaO_2 and $t\text{PO}_2$ is now being planned to investigate in the future.

Key words : Convalescents from pulmonary tuberculosis, Respiratory failure, Transcutaneously measured blood gas-treadmill exercise test, Changing curves of transcutaneously measured O_2 partial pressure ($t\text{PO}_2$)

キーワード : 肺結核回復者, 呼吸不全, 経皮血液ガス・運動負荷試験, 経皮 O_2 分圧変動曲線

はじめに

肺結核後遺症としての呼吸不全症例数は今日なお日本の慢性呼吸不全症例のうちの26~30%を占める¹⁾。肺結核患者数は減少してきているが、まだ肺結核後遺症としての呼吸不全症例数は決して少なくない。肺結核外科療法後や広範囲に侵襲された肺結核の治療後に、それも治癒ないし軽快安定後10~20年を経て呼吸不全に陥ることが多いので、昔肺結核患者の多かった時代の名残が今出ているとも考えられる。しかし全国的統計がないので正確な数は不明である²⁾。最近慢性閉塞性肺疾患による慢性呼吸不全が増加してきているが、なお肺結核後遺症としての慢性呼吸不全はその重要性を失ってはいない。肺結核治療はこの呼吸不全対策が十分に達成されない限り完全とはいえない。

肺結核回復者が呼吸不全に至る病態を知る目的で前回総合的肺機能検査法の一つとして経皮血液ガス・運動負荷試験法について報告した³⁾。今回はこの方法を用いて多数の症例の運動負荷中の経皮血液ガス分圧の変動曲線を検討して、その臨床的意義を調査したので報告する。

調査方法

前回報告したとおり、運動負荷試験は経皮血液ガス測定装置(ラジオメーター社製)とトレッドミル運動負荷装置とを用いて経皮 O_2 、 CO_2 分圧の変動曲線を描く方法で実施した。ただ前回は運動負荷中止の際にトレッド

ミル装置の中止スイッチを押すとトレッドミル装置の運動負荷量は急激に減少して1分後に停止するようにしたが、昭和63年からはトレッドミル装置の中止スイッチを押すとトレッドミル装置は即座に停止するように改めた。

運動負荷試験実施症例は、昭和60年10月以降平成2年5月までに埼玉県立小原療養所を訪れた外来症例76名、入院患者10名、療養所職員4名である。健康者4名、肺結核回復者66名(化学療法47名、手術療法19名)、珪肺結核回復者3名、慢性閉塞性肺疾患患者12名(肺気腫9名、気管支喘息3名)、肺線維症患者(各種肺疾患終末像のびまん性全肺線維性陰影例)4名、その他(気管支拡張症)1名、計90名である。健康者4名と軽症肺結核回復者2名は年齢的に若く息切れの訴えもなかったが、この6名を除くといずれも中年期以後で結核治療終了後長年月を経過しており(10年以内9名、10年以上20年まで18名、20年以上36名、不明4名)、程度の差はあれ動作時の息切れを訴えていた。なお肺結核後遺症としての呼吸不全の病態研究を目的としているので、健康者、軽症肺結核回復者、非結核性肺疾患症例は例数も少なく参考成績として検討した。

前回の報告で示したように、経皮 O_2 分圧の変動曲線は不変、軽度低下、中等度低下、高度低下の4型と奇異反応に分類されるので、これら実施症例がどの型に属するか、またその運動負荷による反応状況はどうかを調査した。

今回も肺疾患を中心として検査を行い、心電図上著明

表2 経皮血液ガス・運動負荷試験による経皮O₂分圧変動曲線の分類

被検者	病変 拡がり	治療 方式	経皮O ₂ 分圧変動曲線の型					計
			不変	軽度低下	中等度低下	高度低下	奇異反応	
健康者			4					4
肺結核回復者	1	化療	2		1			3
		手術		3				3
	2	化療		10	7	3		20
		手術		7	1	1	(3)	9 (3)
	3	化療		6	7	10	1	24
手術			1	2	4		7	
	小計		2	27	18	18	1 (3)	66 (3)
珪肺結核回復者	3	化療			2	1		3
慢性閉塞性肺疾患	軽症 中等症	内科 治療	3					3
			1	1				2
	重症		3	3	1		7	
	小計		7	4	1		12	
肺線維その他	3	内科 治療	4			1		5
総計			6	38	24	21	1 (3)	90 (3)

() 内、再検査により分類可能となった症例

表3 経皮O₂分圧変動曲線の型と肥満度

経皮O ₂ 分圧変動曲線の型	Broca 指数% 症例数				計	肥満傾向・肥満症例の病変とその拡がり			
	<89 痩せ	90~110 正常	111~120 肥満傾向	121≤ 肥満		肺結核回復者拡がり			COPD ほか
						3	2	1	
	3	3	0	0		6			
不変 (%)	(50.0)	(50.0)			(100)				
軽度低下 (%)	(31.6)	(36.8)	(26.8)	(5.3)	(100)	1	6	1	4
中等度低下 (%)	(45.8)	(37.5)	(8.3)	(8.3)	(100)	2	2		
高度低下 (%)	(42.9)	(28.6)	(23.8)	(4.8)	(100)	3	3		

では21名(23.3%)が50%以下であり、そのうち肺結核回復者は9名(肺結核回復者の13.6%)で比較的少なかった。

2) 経皮血液ガス・運動負荷試験による経皮O₂分圧変動曲線の分類(表2)

経皮O₂分圧変動曲線は先に報告したように不変、軽度低下、中等度低下、高度低下の4型と奇異反応に分類できる。今回の実施者90名の経皮O₂分圧変動曲線を

分類すると表2のようになった。肺結核回復者だけを見ると胸部X線写真上の病変の拡がり1から3へと広がるほど中等度ないし高度低下の割合が増加した。高度低下の割合は拡がり2では29名中4名(13.8%)とそれほど多くないが拡がり3になると31名中14名(45.2%)と格段に多くなった。したがって病変の拡がりが増すと、特に拡がり3になると経皮O₂分圧変動曲線の低下の程度の強いものが増加すると考えられる。

しかし、一方拡がり3だけを見るとその中に軽度低下例が7名(22.6%)もある。したがって個々の症例をみる場合、病変の拡がりがいからというだけで運動負荷時に必ず経皮O₂分圧変動曲線が中等度ないし高度低下するとはいえない。20%位の症例は予想より軽い低下を示すかもしれない。これは病変の拡がり以外の条件、胸膜癒着肥厚や気腫化線維化の程度、主病変が左右どちらの肺にあるか、また心血管系の変化、呼吸筋の変化、さらに肥満、栄養、呼吸不全リハビリ訓練、精神的要因など多くの要因が関係しているためと思われる⁶⁾⁷⁾。肥満について調査した成績を表3に示した。全体として肥満傾向・肥満者が少なく判定は難しいが、肥満度と各低下型との関係は判然としなかった。その他の要因については今回は細かく検討できなかった。

慢性閉塞性肺疾患(COPD)では例数が少ないが軽度低下の多いのが目についた。肺結核後遺症とCOPDとでは生体の酸素対応状況が違うのかもしれない¹⁰⁾。これも今後の検討課題である。

以上の成績は反面経皮血液ガス・運動負荷試験によっていろいろの条件のすべてが反映されて総合的成績として血液ガス変動が示されているとも考えられるので、経皮血液ガス・運動負荷試験は肺疾患患者、とくに肺結核後遺症例の呼吸機能の診断に必要なかつ有用であると思われる。

3) 経皮O₂分圧変動曲線の形状内訳および経皮CO₂

分圧の変動(図1, 2, 3)

経皮O₂分圧変動曲線の形状を低下型4型と奇異反応についてさらに詳しく、また経皮CO₂分圧の変動状況についても調べてみた。

図1に示すように経皮O₂分圧は不変型ではどの症例も全く同じで一直線であった。

軽度低下型ではI, II, III, IV型がみられた。運動負荷開始直後に経皮O₂分圧は5~10Torr前後軽度低下し、その後そのままの状態を続けて終了点に達するI型が15名(39.5%)で最も多かった。次は運動負荷直後に軽度低下するが、その後すぐに運動負荷前値に戻って終了点に達するIV型で11名(28.9%)あった。この型は不変型に入れるべきかもしれない。3番目は徐々に経皮O₂分圧の低下するII型、4番目は運動負荷開始直後にいったん軽度低下するが、かなり回復し再び低下して終了点に達するIII型であり、ともに6名(15.8%)であった。経皮O₂分圧の変動に比べると経皮CO₂分圧の変動は極めて少なく不変、軽度低下型とも全例0~4(平均1.4)Torr以内の変動に止まった。

中等度低下型では図2に示すようにI, II, III型がみられた。運動負荷開始直後に経皮O₂分圧は真直ぐに約10~20Torr位中等度低下しそのままの状態でもちこたえて終了点に達するI型が最も多くて12名(50.0%)であった。II型は運動負荷開始後徐々に経皮O₂分圧が低下して低下が20Torr以上になったもので6名(25.0

図1 経皮O₂分圧変動曲線の形状(不変群・軽度低下群)

経皮O ₂ 分圧変動曲線分類(型)	形状分類	症例内訳人数
軽度低下		6 健康者 4 肺結核回復者 化療(拡1, 若年) 2
	I	15 肺結核回復者 化療(拡2) 5, (拡3) 2 手術(拡1) 1, (拡2) 4 COPD 1, 肺線維症 2
	II	6 肺結核回復者 化療(拡2) 2, (拡3) 2 手術(拡1) 1, (拡2) 1
	III	6 肺結核回復者 化療(拡3) 2 手術(拡2) 2, (拡3) 1
	IV	その他 1 11 肺結核回復者 化療(拡2) 3, 手術(拡1) 1 COPD 6, 肺線維症 1

化療：化学療法，手術：手術療法，拡：病変の拡がり

図2 経皮O₂分圧変動曲線の形状(中等度および高度低下群)

経皮O ₂ 分圧変動曲線 分類(型)	形状分類	症例内訳 人数
中等度 低下	開始 運動負荷試験 終了 I	12 肺結核回復者 化療(拡1)1(拡2)2(拡3)5 手術(拡3)1 珪肺結核回復者 2
	II	6 肺結核回復者 化療(拡2)2, 手術(拡3)1 COPD 3
	III	6 肺結核回復者 化療(拡2)3(拡3)2 手術(拡2)1
高度 低下	開始 終了 I	5 肺結核回復者 化療(拡3)4 COPD 1
	II	6 肺結核回復者 化療(拡2)1(拡3)3 手術(拡3)1 肺線維症 1
	III	10 肺結核回復者 化療(拡2)2(拡3)3 手術(拡2)1(拡3)3 珪肺結核回復者 1

化療：化学療法，手術：手術法，拡：病変の拡がり

%)、Ⅲ型は経皮O₂分圧が運動負荷開始直後急速に約20 Torr位低下した後やや盛り返すが再び低下して終了点に達するもので6名(25.0%)にみられた。経皮CO₂分圧の変動は24名中20名が0~4(平均1.6) Torr以内であったが、4名(16.7%)で6~11 Torrと増加が認められた。

高度低下型でもI、II、Ⅲ型がみられた。I型は、経皮O₂分圧が運動負荷開始直後に約30 Torr低下して一応その低下状態を短いながら存続して終了点に達するもので、5名(23.8%)にみられた。II型は、経皮O₂分圧が運動負荷開始直後急速に30 Torr近く低下しその段階で息苦しくなり下がりがばなしのまま運動負荷中止に至ったもので、6名(28.5%)にみられた。III型は、経皮O₂分圧が運動負荷開始直後急速に低下し始めるが低下の程度がII型よりずっと少なく10~20 Torrで運動負荷に耐えられなくなったもので、これが最も多くて10名(47.6%)にみられた。この10名中7名では運動負荷試験開始時の経皮O₂分圧が50~60 Torr台であった。経皮CO₂分圧の変動は21名中17名では0~

3(平均1.8) Torr以内であったが、4名(19.0%)で5~11 Torrと増加を示した。

奇異反応型では図3に示すように経皮CO₂分圧の低下するA型2名、経皮O₂分圧の上昇するB型2名、両者の混合したAB型1名であった。5名中4名は再検査で軽度低下3名、中等度低下1名となった。残り1名は再検査前に死亡した。

4) 経皮O₂分圧変動曲線各型の運動負荷試験成績(表4、表5)

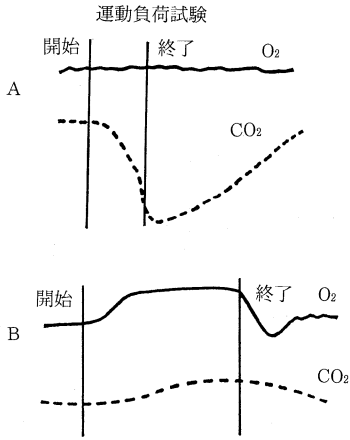
a) 不変型：6名の成績は表4のとおりである。いずれも40歳以下の若者で健康ないし肺結核回復者拡がり1の軽症例であったが、運動負荷耐久時間は健康者で平均14.3分、軽症肺結核回復者で13.5分(両者平均13.9分)であった。運動負荷中止時発汗例が多かった。経皮O₂分圧は運動負荷中も負荷中止後も変わらず、リバウンドは1例にみられたにすぎず、脈拍血圧などの負荷前値までの回復時間は負荷中止後健康者で平均5分、軽症肺結核回復者で平均8分であった。Hugh-Jones指数はいずれも1であった。

図3 経皮血液ガス分圧変動曲線の形状 (奇異反応群)

経皮 O₂ 分圧変動曲線
分類 (型) 形状分類

症例内訳
人数

奇異
反応



2 肺結核回復者 手術 (拡2) 1
化療 (拡3) 1*

2 肺結核回復者 手術 (拡2) 2

A + B (AB 混合型 O₂ 上昇 CO₂ 低下)

1 肺結核回復者 化療 (拡3) 1

化療：化学療法，手術：手術療法，拡：病変の拡がり
*再検前に死亡

表4 経皮血液ガス・運動負荷試験成績 (1)

経変 皮動 O ₂ 曲 分線 圧の 型	症例内訳					運動負荷試験成績							参考 ヒン ユズ 指 ジ数 ヨ 		
	検 査 対 象 者	病 変 の 拡 が り	治 療 方 式	年 齢 平 均 歳	症 例 数	耐 久 時 間 平 均 分	中止時所見 (症例数)					中止後所見			
							息 苦 しい	血 圧 上 昇	不 整 脈	発 汗	そ の 他	O ₂ 時 分間 圧平 均回 復分		脈ど 拍回 血復 平 均 な 間分	リあ バリ ウ症 ン例 ド数
不変	健康者			26	4	14.3	0	1	0	3	0	0	5	0	1
	肺結核 回復者	1	化療	35	2	13.5	0	0	0	1	0	0	8	1	1
軽度 低下	肺結核 回復者	2	化療	66	10	6.9	2	6	4	1	5	1.7	9.1	3	2
		3	化療	60	6	10.0	3	3	2	1	1	1.7	>10	4	3
		1	手術	61	3	9.8	1	1	0	1	0	2.3	6.0	1	2
	COPD	2	手術	66	7	7.1	4	2	2	0	2	2.1	6.5	2	3
		3	手術	72	1	8.0	0	0	1	0	1	3.0	不測	0	4
			内科 治療	69	7	7.1	4	2	2	0	5	0.1	>9	6	3
		肺線維症	3	内科	75	3	8.7	3	2	2	0	0	3.0	>9	3
その他	2	治療	72	1	7.0	1	1	1	0	0	1.5	7.0	0	3	

COPD：慢性閉塞性肺疾患

表5 経皮血液ガス・運動負荷試験成績(2)

経変 皮動 O ₂ 曲 分線 圧の 型	症例内訳					運動負荷試験成績								参考 ヒン ユズ 指 ジ数 ヨ 	
	検 査 対 象 者	病 変 の 拡 がり	治 療 方 式	年 齢 平均 歳	症 例 数	耐 久 時 間 平 均 分	中止時所見 (症例数)					中止後所見			
							息 苦 しい	血 圧 上 昇	不 整 脈	発 汗	そ の 他	O ₂ 時 分間 回 復	脈ど 拍回 拍回 血復 圧時 均 な間分		りあ バリ ウ症 ン例 ド数
中等度 低下	肺結核 回復者	1	化療	58	1	14.5	0	0	1	1	1	1.5	2.0	0	2
		2	化療	65	7	9.1	2	3	3	4	6	2.4	9.6	4	2
	珪肺結 核回復者	3	化療	58	7	7.2	2	4	2	1	3	2.1	>9.7	3	3
		2	手術	60	1	10.0	0	0	0	1	0	2.0	>10	0	3
		3	手術	66	2	7.3	2	0	1	0	1	3.3	10	0	3
	COPD	3	化療	68	2	8.8	2	1	1	0	0	2.5	>10	2	3
		内科 治療	61	4	6.1	4	1	3	1	1	2.5	>10	2	3	
高度 低下	肺結核 回復者	2	化療	65	3	2.8	3	2	3	0	1	3.4	6.7	2	3
		3	化療	59	10 (5)	3.3	8	6	7	0	6	4.0	>11	4	4
		2	手術	62	1	3.0	1	0	0	0	1	3.0	不測	1	4
		3	手術	65	4 (1)	3.1	3	2	0	1	2	4.0	>11	3	4
	珪肺結 核回復者	3	化療	57	1	5.0	1	0	0	1	1	2.0	>6	1	4
		COPD	内科 治療	61	1 (1)	3.3	1	1	1	0	0	3.7	5.5	0	3
	肺線維 症	3	内科 治療	44	1 (1)	4.0	1	0	0	0	1	4.0	不測	0	4

化療：化学療法。COPD：慢性閉塞性肺疾患。()内、運動負荷試験後2年目までの死亡例数

b) 軽度低下型(表4)：いずれも平均60歳以上の比較的高齢者であったが、運動負荷耐久時間は全体として7~10(平均8.1)分で不変型より短くなった。また中止時所見がかなりの頻度で観察された。運動負荷中止後軽度低下した経皮O₂分圧が負荷前値に戻るまでのO₂分圧回復時間は肺結核回復者の化療拡がり2および3で平均1.7分、手術拡がり1および2で2.1~2.3分、拡がり3で3分であった。COPDでは前述の低下曲線の形状のIV型が多かったためにO₂分圧回復時間は平均0.1分と短くなった。肺線維症で平均3.0分、その他(気管支拡張症)で1.5分であった。全体として平均1.9分となった。脈拍血圧などの回復時間は肺結核回復者の手術拡がり1および2とその他で平均6~7分であったが、それ以外ではいずれも9分以上を要した。リバウンドはCOPD、肺線維症、肺結核回復者拡がり3で多くみられた。またHugh-Jones指数では肺結核回復者化療拡がり2と手術拡がり1で2、手術拡がり3で4、その他

はすべて3であった。

c) 中等度低下型(表5)：平均年齢は58~68歳であった。運動負荷耐久時間は肺結核回復者化療拡がり1の1名で14.5分と長かったが化療拡がり2で9.1分、化療拡がり3で7.2分と漸次短くなった。手術例でも拡がり2で10分、拡がり3で7.3分と短くなった。珪肺結核回復者では拡がり3で耐久時間8.8分であり、肺結核回復者より少し長めであったが、COPDでは6.1分といっそう短かった。全体を平均すると8.0分となった。運動負荷中止時の所見では肺結核回復者化療拡がり2および3とCOPDで有所見者が多かった。運動負荷中止後の経皮O₂分圧の回復時間は肺結核回復者化療拡がり1で1.5分、手術拡がり3で3.3分であったが、残りの21名はすべて2.0~2.5分であった。全体を平均すると2.3分となった。負荷中止後の脈拍血圧などの回復時間は肺結核回復者化療拡がり1の1名だけが2分であったが残りの23名はいずれも9.6分以上を要した。リバウ

表6 上腕動脈採血血液ガス値と経皮O₂分圧変動曲線の型との関係

症例	病変の 拡がり	治療 方式	症例数	動脈血ガス分圧値 (Torr)		経皮O ₂ 分圧変動曲線の型 (症例数)					
				PaO ₂	Paco ₂	不変	軽度低下	中等度低下	高度低下	奇異反応	
健康者			4	≥80	正常	4					
肺結核 回復者	1	化療・手術	6	≥80	正常	2	3	1			
			19	≥80	正常						13
		化療	6	79~70	正常	3	2	1			
			2	69~60	>46					1	1
	3	化療・手術	2	59≥	>46	5	2	4			
			11	≥80	正常					1	2
		化療	6	79~70	正常	1	1	1	1		
			4	69~60	正常					1	1
		化療	1	≥80	33	1	1	1	1		
			3	79~70	>46					2	1
				5	69~60	>46	2	3			
				1	59≥	58				1	1
		小計		37	≥80 (%)		2 (5.4)	21 (56.8)	9 (24.3)		
				15	79~70 (%)		4 (26.7)	6 (40.0)	5 (33.3)		
			11	69~60 (%)		1 (9.1)	3 (27.3)	6 (54.4)			
			3	59≥				3			
珪肺結核 回復者 COPD 肺線維症 など	化療 及び	内科	5	≥80	正常	3	2				
			5	79~70	正常						1
	治療	5	4	69~60	正常	2		2			
			5	79~70	異常					4	1
	1	59≥	>46	1							

化療：化学療法。病変の拡がり：結核病学会分類に準拠した。

ンドは肺結核回復者化療拡がり2および3、珪肺結核回復者、COPDにみられた。Hugh-Jones指数は肺結核回復者化療拡がり1および2が2、その他はすべて3であった。

d) 高度低下型(表5): 年齢は肺線維症の44歳の1例を除くと57~65歳であった。運動負荷耐久時間は珪肺結核回復者1名の5分を除くと2.8~4.0分で全体平均3.3分と著しく短縮していた。負荷耐久時間が短いため所見の観察も不十分になったが負荷中止時所見は肺結核回復者化療拡がり2および3、手術拡がり3で多くみられた。負荷中止後の経皮O₂分圧の回復時間は珪肺結核回復者の2分を除くと3~4分となり、全体平均3.5分であった。軽度、中等度低下型より延長していた。脈拍血圧などの回復時間は、耐久時間が短かったためか肺結核回復者化療拡がり2とCOPDとでそれぞれ6.7、5.5分と短いものもあったが、全体としては11分以上とかなり長いものの方が多かった。リバウンドは肺結核回復者化療拡がり2および3、手術拡がり3で多くみられた。

Hugh-Jones指数は肺結核回復者化療拡がり2とCOPDで3、残りの17名はすべて4であった。

この高度低下型中8名が、この運動負荷試験後2年の経過観察中に呼吸不全で死亡した。高度低下型以外の症例からは、そのような呼吸不全死亡例はみられなかった。

e) 統計学的考察: 経皮O₂分圧変動曲線の不変、軽度低下、中等度低下、高度低下の各型と運動負荷試験時の耐久時間との相関関係、またそれら各型と運動負荷終了後の経皮O₂分圧の回復時間との相関関係を統計的に検討してみた。その結果それぞれ相関係数 $R = -.656756$ および $R = .679546$ で有意に ($p < 0.01$) 相関することが分かった。

5) 動脈採血血液ガス値と経皮O₂分圧変動曲線の型との関係(表6)

経皮血液ガス・運動負荷試験の前処置としてあらかじめ臥位で上腕動脈より採血し血液ガス値をILメーターで測定してあった。この測定値(PaO₂)と経皮O₂分圧変動曲線の各型との関係を調べたのが表6である。病

変の種類、拡がり、治療方式により多少の差があるが、小計に示すように肺結核回復者では PaO_2 が ≥ 80 Torr の場合不変ないし軽度低下を示す者 62.2 %、中等度低下 24.3 %、高度低下 13.5 % で不変ないし軽度低下の割合が多いが、 PaO_2 が 79~70 Torr になると不変型はなくなり、軽度低下 26.7 %、中等度低下 40.0 %、高度低下 33.3 % となった。さらに PaO_2 が 69~60 Torr となると、軽度低下 9.1 %、中等度低下 27.3 %、高度低下 54.4 % となり、 PaO_2 が $59 \geq$ Torr になると、例数は少ないが高度低下ばかりになった。なお Paco_2 値が異常の場合に高度低下になる割合が高いように思われた。すなわち肺結核回復者では PaO_2 値の低下に反比例して中等度および高度低下例が増加した。(珪肺結核回復者、COPD、肺線維症などの症例では例数が少ないがそのような傾向は判然としなかった)。しかし一方、 PaO_2 が ≥ 80 ないし 79~70 Torr の場合でも高度低下を示す者がそれぞれ 13.5、33.3 % に認められた。

6) 経皮測定法による血液ガス値について

本論文の目的が肺結核回復者の病態調査、特に呼吸機能低下例の運動負荷時の酸素分圧の変動を調査することであったので、われわれは簡便かつ安全に連続測定のできる経皮血液ガス測定方法を選んだ。そして経皮血液ガス・運動負荷試験の開始時に、座位で測定中の経皮酸素分圧値、炭酸ガス分圧値を、あらかじめ前準備として安静臥位で測定してあった PaO_2 値、 Paco_2 値にできるだけ近付けるようにした。両測定に ± 10 Torr 以上の差異がある時には経皮血液ガス測定装置の電極装着皮膚部位の変更、メンブランの交換、さらに経皮測定装置の点検などを行った。しかし酸素分圧で 33.3 %、炭酸ガス分圧で 12.2 % の症例で ± 10 Torr 以上の差異を認め改善することができなかった。

経皮血液ガス測定法は成人では皮膚での拡散抵抗が大きく測定値が不安定で精度が悪いといわれる⁹⁾。しかし運動中の血液ガス測定の安全性、便利性からみると経皮血液ガス測定も捨てられない。したがって両測定値の相互関係の研究も重要な課題と思われるが、今回は十分な検討ができなかった。両測定値の比較には同時、同体位で⁹⁾ 多数の健康者、疾患患者について検討することが必要であろう。

考 察

肺結核後遺症としての呼吸不全は在宅酸素療法実施症例の全国調査成績¹⁾ からみると、わが国の呼吸不全症例の 26~30 % を占めて閉塞性肺疾患に次いで第 2 位、また単独疾患としても肺気腫に次いで第 2 位と多い。したがって肺結核後遺症としての呼吸不全の診断治療対策は重要と考えられる。

呼吸不全の治療として現在在宅酸素療法が実施されて

いるが、その実施基準として安静、空気呼吸下で PaO_2 55 Torr 以下、または 60 Torr 以下でも肺性心のある場合、または睡眠時ないし運動時に著明な低酸素血症の有る場合と規定されている⁴⁾⁵⁾。

肺結核後遺症として在宅酸素療法の対象となっている症例は肺結核治療終了後約 20 年位経過して 60 歳位になっているものが多い。この約 20 年間に呼吸機能が低下したわけである。この呼吸機能の低下の機序についてはよく分かっていない。在宅酸素療法の対象になっていない肺結核回復者の中にも最近になって安静臥床時は息切れはしないが、少しでも動くと息切れが強いと訴える人が多い。これらの人の中には、そのうちやがて在宅酸素療法の対象となる在宅酸素療法の候補者がかなり存在すると考えられる。

一般的に肺結核症では、病変部は治癒安定後多少の差はあれ、非機能肺野となり拘束性換気障害を残すので、治癒後は残存機能肺野で生活することになる。この機能肺野の機能が少なくなってくると安静時には PaO_2 値が 60 Torr 以上で息切れを感じないが、予備能力が少ないため、わずかな運動によっても PaO_2 値が 60 Torr 以下に低下してきて強く息切れを訴えるようになることが考えられる。この運動時の低酸素血状態を的確に診断するには、肺結核回復者に運動負荷をかけて低酸素血症が起こるかどうかを確かめてみるのも一方法と考えられる。

運動時における PaO_2 の低下についてはすでに多くの報告がある^{11)~14)}。肺結核回復者の運動時の PaO_2 値の変動を確かめるためには PaO_2 値を運動中連続して測定してみればよい。 PaO_2 値の連続測定の方法についてもいくつかの研究報告がある¹⁵⁾¹⁶⁾。動脈内にカテーテルを挿入適時採血測定する方法とか動脈内に測定電極を挿入する方法などである。しかし、この方法では患者への肉体的精神的負担や道具、手数、費用がかかり、多くの人々に簡単に実施するには難がある。また、すでに呼吸不全を起こしたか起こしつつある症例では、運動負荷試験の実施もまた運動負荷試験中の動脈血採血による酸素分圧の持続的測定も負担の重すぎることが多い。なるべく簡単に余り負担のかからない方法がよい。

西邑らは、Pulse Oximeter による酸素飽和度の変化を一つの指標と考えた¹⁷⁾¹⁸⁾。そのような意味からわれわれは、経皮血液ガス分圧測定方法を用いてある一定負荷時の経皮 O_2 、 CO_2 分圧値の連続測定を試みた。経皮血液ガス測定は精度が悪いといわれる⁹⁾ が、前処置として測定した動脈採血血液ガス値を参考とし、連続測定による経皮 O_2 分圧変動曲線を中心的検討事項とすれば有用に利用できる。われわれはこの方法によって安静、空気呼吸下の PaO_2 値が 60 Torr 以上の症例中にも運動負荷により経皮 O_2 分圧が著明に低下する症例を見つけたことができた (表 6)。また肺結核回復者では経皮 O_2

分圧の低下は肺内病変の拡がりの広さ、すなわち非機能肺野の拡大とある程度平行することも分かった。

しかし病変の拡がりだけで説明できない場合もあり、肺内主病変の左右差、胸膜癒着肥厚や気腫化線維化の程度、心血管系の変化、呼吸筋の変化、さらには年齢、栄養、肥満、リハビリ訓練、精神的要因などの諸条件について今後の検討が必要であった⁶⁾⁷⁾。特に閉塞性肺疾患患者では肺結核回復者とは違った酸素反応を示すかもしれないことが示唆され、今後の検討を必要とした¹⁰⁾。これらの成績は、逆にみれば経皮血液ガス・運動負荷試験がこれら不明の諸条件をすべて満たした総合的結果を示しているとも考えられる。そんな意味からこの経皮血液ガス・運動負荷試験は有用と思われた。

今回の経皮血液ガス・運動負荷試験成績を顧みると次の3点も注目された。まず第一に経皮 O_2 分圧変動曲線の低下形状はすべて一様というわけではなく、各低下型でそれぞれ3～4形の垂型に分類された。なぜこのように分かれるのか、なぜこのような形をとるのか、その意味づけも今後の課題の一つであった。

第二に気付いた点は運動負荷耐久時間と経皮 O_2 分圧回復時間である。軽度、中等度、高度低下型と経皮 O_2 分圧変動曲線の低下が強くなるに従って運動負荷耐久時間が有意に短縮した。また運動負荷中止後経皮 O_2 分圧が負荷前値まで回復するに要する回復時間は軽度、中等度、高度低下と低下が進むに従って有意に延長した。この二つの指標も呼吸予備能力判定の一つの材料となると考えられた。

第三の点は予後についてであった。この経皮血液ガス・運動負荷試験実施後約5年間の経過観察中に高度低下型のみ運動負荷試験後2年目までに8名の呼吸不全死が認められた。やはり高度低下型が予後が悪く最も警戒を要するグループと考えられた。この高度低下型を示す症例に対しては呼吸不全急性増悪の予防、生活様式の改善などに留意するとともに在宅酸素療法の対象症例ないし候補者として対応すべきである。

結 論

1) 経皮血液ガス・運動負荷試験を健康者4名、肺結核回復者66名、珪肺結核回復者3名、COPD症例12名、肺線維症その他5名に実施した。

2) 運動負荷中の経皮 O_2 分圧変動曲線は前回報告どおり不変、軽度低下、中等度低下、高度低下の4型と奇異反応に分類できたが、経皮 O_2 分圧の低下形状はすべて一様ではなく各低下型でそれぞれ3～4形の垂型が分類された。

3) 肺結核回復者では経皮 O_2 分圧変動曲線は肺内病変の拡がりの程度とある程度相関して低下が強くなった。特に拡がり3で高度低下例が著しく増加した。しかし個

人差もあり、病変の拡がり以外の胸膜癒着肥厚や気腫化、心血管系や呼吸筋の変化などの病理学的要因や年齢、栄養、肥満、リハビリ訓練、精神的要因などの体力的要因についてさらに今後の詳しい検討を必要とした。また閉塞性肺疾患では肺結核回復者とは違う酸素対応も考えられ、今後の検討が必要であった。しかし反面これらの成績は経皮血液ガス・運動負荷試験がこれらすべての条件を満たした総合的結果を示しているとも考えられた。

4) 経皮血液ガス運動負荷試験では経皮 O_2 分圧変動曲線が不変から、軽度低下、中等度低下、高度低下へと低下の程度が強くなるにつれて運動負荷耐久時間は有意に短縮した。また運動負荷中止後の経皮 O_2 分圧の回復時間は低下が進むにつれて有意に延長した。

5) 動脈採血血液ガス値、特に酸素分圧値(PaO_2)と経皮 O_2 分圧変動曲線の各低下型との関係を調べた。 PaO_2 が低下するにつれて経皮 O_2 分圧変動曲線も中等度ないし高度低下例が多くなった。しかし PaO_2 が ≥ 80 Torrでも高度低下を示すものがあつた。

本研究の要旨は第63回日本結核病学会総会(昭和63年札幌)において発表した。本研究に御協力頂いた埼玉県立小原療養所黒沢知徳所長、検査部伊藤武技師長、福岡信恵技師ほか、外来看護部今田ケサ子婦長、岡田伸江主任ほか、小川赤十字病院柳沢守文博士の各位に謝意を表する。

文 献

- 1) 吉良枝郎、饗部三代治、石原昭夫：在宅酸素療法実施症例(全国)の調査結果について；厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班、昭和63年度研究報告書、9～12、1989。
- 2) 芳賀敏彦：第62回日本結核病学会総会シンポジウム、肺結核後遺症としての呼吸循環不全、結核、63：49～89、1988。
- 3) 吉田文香：肺結核回復者の血液ガス値の運動負荷による変動曲線について、第1報：運動負荷時の血液ガス分圧測定方法、結核、64：563～577、1989。
- 4) 日本胸部疾患学会肺生理専門委員会(委員長川上義和)：在宅(長期)酸素療法の適応基準、日胸疾会誌、26、巻末、1988。
- 5) 太田保世、沓沢智子：長期(在宅)酸素療法の適応基準、呼吸、7：974～981、1988。
- 6) 副島林造、弘 擁正：第64回日本結核病学会総会シンポジウムI. 肺結核症病態の変貌とその対策3. 上田英之助：肺結核の病態の変貌とその対策、特に後遺症としての肺性心に対する対策の検討、結核、64：810～814、1989。
- 7) 今中俊爾、上田英之助、螺良英郎他：外来通院可能

- な高度呼吸不全患者 ($\text{PaO}_2 < 45 \text{ Torr}$) の病態の解析—“慣れ”の現象の背景因子の検討—; 呼と循, 36: 1327~1331, 1988.
- 8) 吉田 稔, 有富貴道: PaO_2 , 呼吸, 1: 58~62, 1982.
- 9) 井上虎夫: 特集. 肺機能: 新しい考え方, 動脈血ガス, 肺と心, 34: 22~27, 1987.
- 10) 栗山喬之: 特集. 呼吸不全 I. 病態と診断 6. 睡眠・運動負荷と呼吸不全, 日内会誌, 79: 27~31, 1990.
- 11) Minh, V-D. Lee, H. M., Dolan, G. F. et al.: Hypoxemia during Exercise in Chronic Obstructive Pulmonary Disease, *Am Rev Respir Dis*, 120, 787-794, 1979.
- 12) Dantzker, D. R. and D'Alonzo, G. E.: The Effect of Exercise on Pulmonary Gas Exchange in Patients with Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease, *Am Rev Respir Dis*, 134, 1135-1139, 1986.
- 13) Kurihara, N., Fujimoto, S., Terakawa, K. et al.: Prediction of PaO_2 during Treadmill Walking in Patients with COPD, *Chest*, 91, 328-332, 1987.
- 14) 宮本実晴, 本田良行: 運動中の中枢性呼吸循環調節, 呼と循, 36: 3~11, 1987.
- 15) 沓沢智子, 小林龍一郎, 園田陽子他: 低酸素吸入および貧血における PaO_2 , $\text{P}\bar{\text{V}}\text{O}_2$, $\dot{\text{V}}\text{O}_2$, $\dot{\text{V}}\text{CO}_2$ の連続モニター, 呼吸, 1: 135~138, 1982.
- 16) 諏訪邦夫: 血液ガスの臨床 II 測定, 6. 血液ガスの連続測定, 109~110頁, 中外医学社刊, 1977.
- 17) 西邑信男, 竹下 尚: 慢性呼吸器疾患における酸素療法に関する検討, 日胸, 47: 402~407, 1988.
- 18) 西邑信男, 竹下 尚, 川端重子: 慢性閉塞性肺疾患における運動耐容量についての考察, 日胸, 48: 368~375, 1989.