

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1報：運動負荷時の血液ガス分圧測定方法

吉 田 文 香

埼玉県立小原療養所

受付 平成元年1月31日

BLOOD GAS CHANGES DURING TREADMILL EXERCISE IN  
CONVALESCENTS FROM PULMONARY TUBERCULOSIS

## 1. METHOD OF MEASUREMENT

Fumika YOSHIDA \*

(Received for publication January 31, 1989)

With advances in treatment for tuberculosis, pulmonary tuberculosis has become curable. However, chronic respiratory failure has been more often observed in those who have ever had thoracic operation, and were cured with anti-tuberculous chemotherapy in spite of initially severe pulmonary tuberculosis with wide spread lesions in both lungs, particularly in the aged. Therefore it is now necessary to understand accurately the real physio-dynamic situation of respiro-circulatory impairment in these patients.

For this purpose, an exercise test was newly designed, and changing curves of blood gas ( $O_2$ -and  $CO_2$ -partial pressure, measured transcutaneously) were drawn in 4 healthy persons and 23 recovered patients from pulmonary tuberculosis. The newly designed method was carried out by using Treadmill walk apparatus (NIHON-DENKI SANEI Co. Japan), transcutaneous blood gas measurement apparatus (RADIO-METER Co. Copenhagen) and automatic blood pressure measurement apparatus (KYORIN Co. Japan). Treadmill walk exercise test was done through Bruce-Sheffield covered method. The details of this exercise test are written and illustrated in this paper. The results of the test were classified into 4 types by the changes of transcutaneously measured  $O_2$  partial pressure curve during the test : 1. unchanged, 2. slightly decreased, 3. moderately decreased, 4. markedly decreased. The significance of these 4 types will be discussed in the next report after examining more convalescents from pulmonary tuberculosis.

The reproducibility of this test was examined in 6 patients, and it was almost good.

In addition, in 3 out of 27 patients, odd curves contrary to our expectation, that is increase of the value of trans-cutaneously measured  $O_2$  partial pressure and/or decrease of the value of trans-cutaneously measured  $CO_2$  partial pressure immediately after the initiation of the first test were observed. But in the second test, carried out in the other

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

day, the curve fell into one of the 4 types mentioned above. The odd curve might be due to psychological hyperventilation.

**Key words :** Convalescents of Pulmonary Tuberculosis, Respiratory Failure, Transcutaneously measured Blood Gas ( $O_2$ -and  $CO_2$ -partial pressure), Treadmill Exercise Test

**キーワード:** 肺結核回復者, 呼吸不全, 経皮測定血液ガス ( $O_2$ 分圧,  $CO_2$ 分圧), Treadmill運動負荷試験

## はじめに

肺結核治療法の発達とともに肺結核は治癒可能な疾患となったが、後遺症として慢性呼吸不全に陥る症例が最近かなり多く見られる<sup>1)2)</sup>。治療開始時に両肺に広範囲な病変を有した重症肺結核では、治癒したとはいえ結核病変に侵された部分の肺の機能は治癒後にも障害を残しており、結局面積の少なくなった結核非侵襲の正常な肺組織だけに頼って余生を送らねばならない。また化学療法 of そのほど発達していなかった約30年前若年齢で肺切除術、胸郭成形術などの外科療法によって治癒した肺結核症例では、外科手術による肺機能の低下に加えて加齢による心肺機能低下をきたして呼吸不全に陥るものが目につくようになった。これらの慢性呼吸不全の実態の解明とその対策は、今日肺結核治療上の重要な課題の一つである。今回これら慢性呼吸不全患者の運動能力、作業能力の判定、ひいては日常生活の指導に役立つことを目的として血液ガス運動負荷試験方法を考案検討した。

## 研究方法

運動負荷試験方法は経皮血液ガス測定装置(ラジオメーター社製)およびトレッドミル運動負荷装置(日本電気三栄社製)を用いて運動負荷中の経皮 $O_2$ 、 $CO_2$ 分圧の変動を測定することを中心として心電図、血圧の変動を調べた。被検者は運動負荷前に胸部X線撮影、心電図検査、肺換気機能検査、血算、検尿などを施行するとともに安静横臥位肘動脈採血による血液ガス分析(ILメーター型、 $PaO_2$ 、 $PaCO_2$ と記す)を行った。今回の運動負荷試験には心電図上著明な変化を示す心疾患や不整脈を有する症例(軽度ないし中等度右心負荷所見例は除く)は研究対象症例から除外した。実施方法の概要は、表1、図1に示すとおりである。

運動負荷試験の施行手順としては、まず被検者の被服を経皮血液ガス測定装置の電極装着や心電計の端子装着に都合のよいように両手、前胸部を脱衣させる。このため試験室の温度を22~25°Cに調節した。続いて被検者を座位にして左手前膊内面もしくは左前胸鎖骨下に経皮

血液ガス測定用装着リング( $O_2$ 用および $CO_2$ 用)および電極を装着調整する。続いてトレッドミル装置の心電計の端子を型のごとく(後述)装着する。次に右手上膊に血圧計のマンスレットを巻く。以上が本検査の準備の概要である。

次に、使用機器の使用方法について詳細に説明する。

### 1. 血液ガス経皮測定装置(ラジオメーター社製)の装着

装着する電極は予め経皮 $O_2$ 、 $CO_2$ 分圧測定装置本体で目盛り合わせ(calibration)を行って装着の準備をしておかねばならない。 $O_2$ 電極とマイクロコンピュータとの目盛り合わせを行い(所要時間:約15分)、電極校正終了後 $O_2$ 電極を装置本体から外して被検者の皮膚面に予め準備固定された $O_2$ 用装着リングにはめこむ。 $CO_2$ 電極についても同様に目盛り合わせを行う。 $CO_2$ 電極の目盛り合わせは $N_2-CO_2$ ガス5%と10%を用いて2回行う(所要時間:1回目10分以内、2回目20分以内)。電極校正終了後 $CO_2$ 電極を外して被検者の皮膚面に準備された $CO_2$ 用装着リングにはめこむ。以上のようにして経皮 $O_2$ 、 $CO_2$ 分圧測定装置と被検者とを連結すると装置モニター上に経皮 $O_2$ 、 $CO_2$ 分圧が表示される。

続いて記録計に記録紙を挿入して記録紙の回転速度を2分/1cmとしてスイッチを入れると、経皮 $O_2$ 、 $CO_2$ 分圧それぞれの分圧曲線が記録紙上に描かれる。運動負荷開始時期の記録には記録計の経皮 $O_2$ もしくは $CO_2$ 分圧の表示スイッチを一度切つてすぐまた入れると開始時期が記録紙上に縦線で記録できる。運動負荷終了時期も同様にして記録する。

### 2. トレッドミル(Treadmill)運動負荷装置の準備と使用方法

a) トレッドミル装置心電計端子の装着部位:標準心電計の肢誘導に相当する端子を右左の鎖骨下窩と左肋骨弓の下端かあるいは前腸骨棘に置いてWilsonの中心電極を作る。胸部誘導は普通の胸部誘導と同様に装着した(図2)。

b) 運動負荷基準:運動負荷量は原則としてBruceの

変法プロトコルによった(図3)。目標心拍数はSHEFFIELD表(表2)の moderate (MOD) 70%としたが、被検者の耐久力の状況をもつ多少の伸縮を行った(次項の運動負荷中止時期の決定を参照のこと)。

c) 運動負荷中止時期の決定: 次に記載する自覚症状、他覚的所見を中止決定要因として、これら症状、所見が出現すれば直ちにトレッドミル装置の中止スイッチを押

表1 経皮血液ガス・運動負荷試験手順

1. 被検者: 座位または臥位(室温22~25°C)
2. 経皮 $O_2$ ・ $CO_2$ 分圧測定用電極装着  
左手前腕内側もしくは左前胸鎖骨下
3. Treadmill 装置心電計端子装着(前胸部, 標準12誘導変法), 血圧計装着
4. 運動負荷量の決定  
Bruce 変法  
目標心拍数: SHEFFIELD表  
moderate (MOD) 70%
5. 運動負荷開始  
被検者立位(Treadmill上), スタート, 経皮 $O_2$ ・ $CO_2$ 分圧, 血圧, 心電図の監視下運動継続
6. 運動負荷中止  
目標心拍数到達, 被検者の主訴(息苦しさ, 胸痛, 下肢痛等), 経皮 $O_2$ ・ $CO_2$ 分圧か血圧か心電図所見の異常
7. 運動負荷中止後監視  
Treadmill 装置停止後被検者を座位または臥位として経皮 $O_2$ ・ $CO_2$ 分圧, 血圧, 心電図所見がほぼ運動前所見に戻るまで監視

した。

自覚症状: 息切れ, 呼吸困難, 動悸, 胸痛, 足の筋肉痛, 足の運動力低下, 疲労感, めまい, 視覚異常など。

他覚的所見: 心電図上の異常所見の出現, 不整脈の頻発, ST-level (STL) の1 mV以上の低下, 血圧の異常上昇,  $O_2$ 分圧の急激な異常低下, 顔面蒼白, チアノーゼ, 冷汗, 応答不能, 目標心拍数へ到達(多少の伸縮あり, すなわち自覚症状, 他覚的所見が出現すれば到達前でも直ちに中止, 目標心拍数であるSHEFFIELD表MOD 70%に到達してなお余力が十分ある時は途中中止を含め同表MOD severe 80%までは負荷を継続できることとした)など。

d) 運動負荷中止後の監視: 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きて1分後に停止する。停止後被検者は検査前の座位に戻り(患者の疲労強い時は停止を待たず即刻臥位), そのまま引続いて経皮 $O_2$ ,  $CO_2$ 分圧, 心電図検査, 血圧の測定を続行して負荷中止後の所見を観察した。すなわち経皮 $O_2$ ,  $CO_2$ 分圧の運動負荷中止後の回復状況および脈拍, 血圧, 心電図所見など一般身体所見の回復状況を観察して, 中止時点から運動負荷前の所見に戻るまでの回復時間を測定した。

### 3. 自動血圧計の装着

右上上腕に血圧測定用のマンシェットを巻き血圧計に繋ぐ。最初運動負荷前と開始後2分毎に手で血圧を測定したが, 定時に正確に測定できなかったのでマンシェットを自動血圧計(日本コーリン社製)に繋いで自動的に2分毎に測定した。

運動負荷試験の本番は次のとおりである。被検者は経

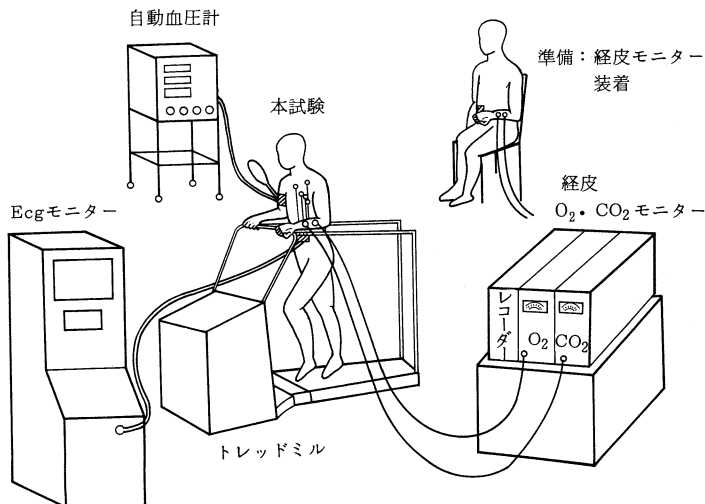


図1 経皮血液ガス・運動負荷試験

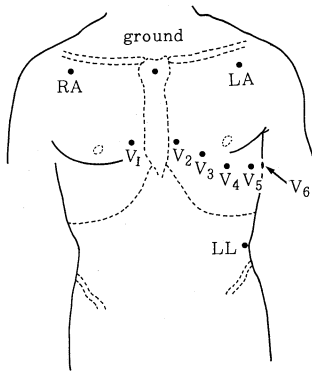


図2 多チャンネル同時運動心電図誘導法(Mason)

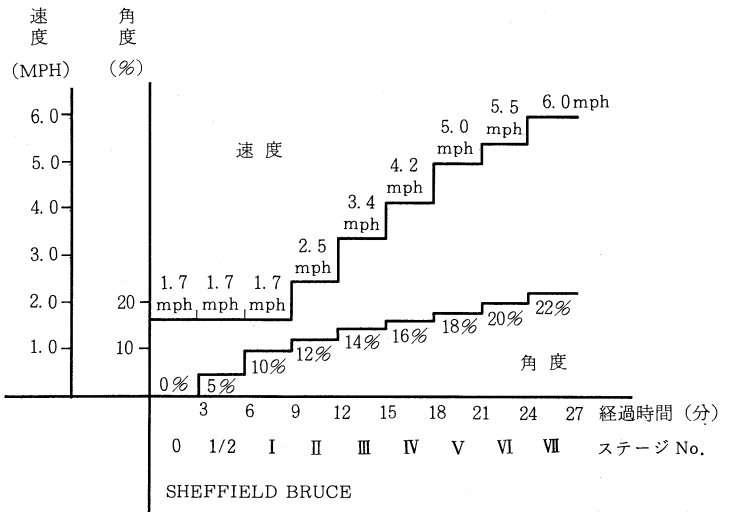


図3 BRUCE-SHEFFIELD 20変法プロトコール

表2 目標心拍数 (TARGET HR) SHEFFIELD

年齢 (歳)	MILD	MOD	MOD SEVERE	NEAR MAX (GXT)	MAX
	60%	70%	80%	90%	100%
20~29	115	135	155	175	195
30~39	110	130	150	170	190
40~49	106	126	146	166	186
50~59	102	122	142	162	182
60~69	98	118	138	158	178

皮 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 電極, 心電計端子, 血圧測定用マンシェットをつけて椅子に座って待つ。次にトレッドミル装置のコンピューターに被検者の姓名, 年齢, 血圧, 目標心拍数などのデータが打込まれ, 続いてコンピュータースイッチが押される。するとトレッドミルのモニター上に心電図, 脈拍数, ST-level (STL), ST-slope (STS) などが描出される。3分でトレッドミルのコンピューターは安定して準備 OK となる。ここで被検者は立上ってトレッドミル装置のベルトの上にあがり型のごとく周りの棒を握る。ここで簡単に運動負荷歩行中の注意事項が被検者に説明される。これですべての準備完了である。

本試験開始は主検査者の号令でトレッドミル装置, 経皮 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 分圧記録装置 (開始時期記入), 自動血圧計のスイッチがそれぞれの検査者によって同時に押されることで始まる。その後はトレッドミル装置の使用方法的欄に記述したとおりに中止時期を決定して中止し, 引

き続いて中止後の監視を平均約 10~15 分行う。これで運動負荷試験はすべて終了である。すべてのスイッチがきられ, 被検者に装着した電極, 心電計端子, 血圧用マンシェットが外される。

この運動負荷試験について, 基礎的な検討を行った症例は次のとおりである。健康者 4 名, 肺結核回復者 23 名 (うち化学療法のみでの回復者 17 名—肺病変の拡がり 1: 2 名, 拡がり 2: 3 名, 拡がり 3: 12 名—胸部外科療法での回復者 6 名), 肺病変の拡がり 1, 2, 3 は日本結核病学会分類によった。

研究成績

1. 運動負荷中の経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧の変動曲線
  - a) 健康者, 軽症肺結核回復者 (拡がり 1) の成績
 

健康者 4 名 (男 2 名, 女 2 名。いずれも 20~30 歳代) について検討した。その 1 例を図 4, 表 3A に示した。運動負荷 18 分間程度では経皮 O<sub>2</sub> 分圧は運動負荷開始

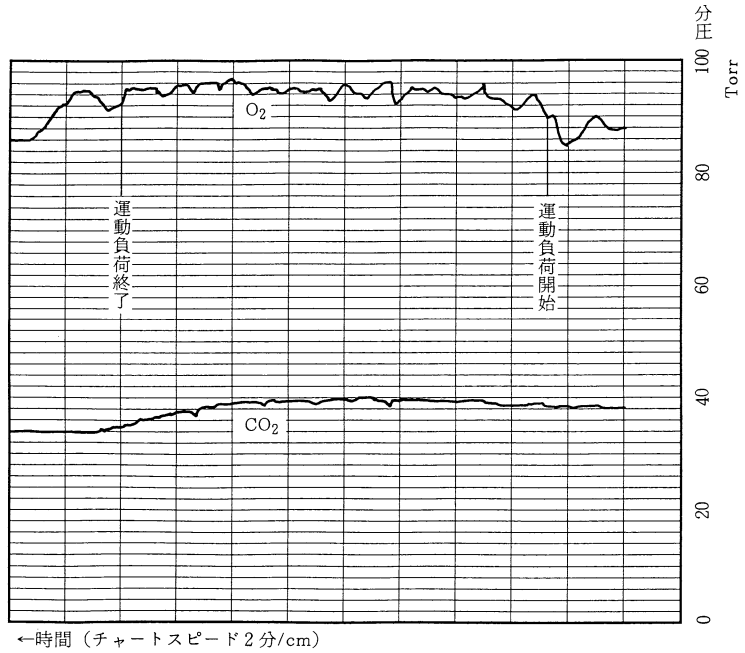
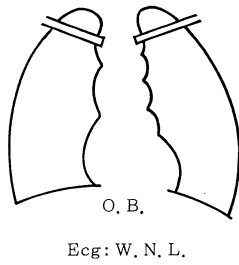


図4 健康者(不変例) (男, 30歳, 事務職)

直後わずかに上昇しているが、そのままの経皮 O<sub>2</sub> 分圧を維持してほとんど変化が起こらなかった。経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は終始ほとんど変化がなく終盤でわずかに低下した。他の3名についても同様であった。軽症肺結核回復者2名について検討したが、その1例を図5、表3Bに示した。運動負荷中の経皮 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 分圧はほとんど変化なく、運動負荷開始前の値を維持した。運動負荷終了直後に経皮 O<sub>2</sub> 分圧は急に約8 Torr 上昇してそれから徐々に元に戻る傾向を示した。経皮 CO<sub>2</sub> 分圧も運動負荷終了後ほんのわずかに低下しているが特に問題にするほどではなかった。他の1例も同様であった。健康者および軽症肺結核回復者のこのような運動負荷中の経皮 O<sub>2</sub> 分圧曲線の変動を経皮 O<sub>2</sub> 分圧不変と名付けた。

b) 中等度以上の拡がりの病変(拡がり2, 3)を持つ肺結核回復者の成績

肺病変は安定治癒しているが、その拡がり日本結核病学会分類の拡がり2である3例について運動負荷試験を行った。うち1例は軽症肺結核回復者と同様な変動曲線を描いたが、他の1例は図6、表3Cに示すような変動曲線を描いた。すなわち運動負荷開始とともに経皮 O<sub>2</sub> 分圧は低下し始め約8 Torr 真直ぐに低下した。そこでいったん低下は止まり横ばいとなり約2分横ばいが続くが再びゆっくりと低下して運動負荷終了時にはさらに約8 Torr 低下していた。全体として経皮 O<sub>2</sub> 分圧の低下は約16 Torr であった。運動負荷終了後、経皮 O<sub>2</sub>

分圧は急上昇して運動負荷開始前の経皮 O<sub>2</sub> 分圧より10 Torr 高くなった(これを経皮 O<sub>2</sub> 分圧の rebound 現象と名付けた)。経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は、運動負荷開始後にただか2~4 Torr 位の軽い上昇が認められ、運動負荷中止後には2~4 Torr 低下が認められるが、全体としてその変動は極めて小さい。この例のように、経皮 O<sub>2</sub> 分圧の変動曲線が運動負荷開始直後に10 Torr 以内の低下を示し、さらに運動負荷継続中になお少し低下して運動負荷終了時まで併せて総低下が19 Torr 以内であり、経皮 CO<sub>2</sub> 分圧の変動が2~4 Torr と極めて小さい場合を、経皮 O<sub>2</sub> 分圧軽度低下と名付けた。

拡がり2の残りの1例は図7表3Dに示すような変動曲線を描いた。すなわち運動負荷開始とともに経皮 O<sub>2</sub> 分圧は低下し始め約18 Torr 真直ぐに低下し、そこでいったん低下は止まり横ばいとなった。しかしその約3分後再びゆっくりと低下し始めて運動負荷終了時にはさらに約8 Torr 低下した。運動負荷終了後は経皮 O<sub>2</sub> 分圧は急速に回復して3分少して元に復してさらに元以上に少し上昇した。しかし運動負荷前の経皮 O<sub>2</sub> 分圧値より10 Torr 以上は上昇していなかった(このような10 Torr 以内の上昇は rebound 現象とはいわないことにした)。経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は、運動負荷中ただか2 Torr 位の上昇をみ、運動負荷終了後約3分頃からゆっくり低下し運動負荷前値より約4 Torr 低下した。この例のように、経皮 O<sub>2</sub> 分圧が運動負荷開始直後に10 Torr 以上

表3 検討症例の基礎 Data

群	A 健康者	B 軽症肺結核 回復者	C 中等症肺結 核回復者	D 中等症肺結核 回復者	E 重症肺結核 回復者	
年齢	30歳	33歳	50歳	53歳	58歳	
性	男	男	女	男	女	
職業	公務員	会社員	主婦	自営業	なし	
身長 cm	172	167.6	153	165	158	
体重 kg	58	56.2	48	61.5	50.3	
X P 学研分類	異常なし	rC <sub>1</sub>	bC <sub>2</sub> Pls	bC <sub>2</sub> KzPls.v	bC <sub>3</sub> KzPls.v	
E C G	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	RVH	
肺活量 ml	5310	4420	1500	2190	1050	
%VC	127.3	110.0	58.6	60.8	41.7	
一秒率	85.4	89.0	73.1	65.0	67.1	
残気率 %	19.8	30.6	36.1	44.0	50.4	
肘動脈	PaO <sub>2</sub>	104.9	104.4	82.4	77.0	63.6
	PacO <sub>2</sub>	40.2	43.3	47.4	41.8	40.7
	P H	7.399	7.398	7.373	7.391	7.381
運動 負荷 試験	目標心拍数	170/分	150/分	122/分	122/分	122/分
	負荷耐久時間	18分	14分30秒	10分	10分	2分40秒
	負荷中止理由	STS 上昇 下肢倦怠 血圧上昇 発汗	STL 低下 > 1 血圧上昇 発汗	目標到達 VPC 散発 血圧上昇	下肢痛 P 波増高	APC 頻発 STL 低下 > 1 息苦しさ
	回復時間					
	O <sub>2</sub> 分圧	0分	0分	2分	3分	5分
	すべて	5分	5分	10分以上	15分	10分以上
運動負荷試験 による分類	不変群		軽度低下群	中等度低下群	高度低下群	

20 Torr 以下の低下を示し、さらに運動負荷継続中なお少し低下して、終了時までの総低下が 20 Torr 以上 30 Torr 以下であり、経皮 CO<sub>2</sub> 分圧の低下が 4 Torr 以下と極めて小さい場合を、経皮 O<sub>2</sub> 分圧中等度低下と名付けた。

拡がり 3 の 12 名について経皮 O<sub>2</sub> 分圧の変動曲線を調べて見ると、3 名は経皮 O<sub>2</sub> 分圧軽度低下、3 名は経皮 O<sub>2</sub> 分圧中等度低下を示し、残り 6 名中 5 名は図 8、表 3 E の 1 例に示すような変動曲線を描いた。すなわち運動負荷開始とともに経皮 O<sub>2</sub> 分圧は真直ぐに低下し始め約 30 Torr 低下した。この時点で息切れ、動悸などのため苦しいと訴えたので、直ちに運動負荷試験を中止した。中止後、経皮 O<sub>2</sub> 分圧はゆっくりと上昇し始めたが回復速度は遅く、運動負荷開始前の経皮 O<sub>2</sub> 分圧値に戻るまでに約 5 分を要した。経皮 CO<sub>2</sub> 分圧も運動負荷中は 2 Torr 位のわずかな低下に過ぎなかったが、運動

負荷中止後に比較的早急な約 9 Torr の上昇を認め、次いで再び低下して元に戻った。この例のように経皮 O<sub>2</sub> 分圧が運動負荷開始とともに急速に真直ぐに低下し続けて約 30 Torr に達して、経皮 O<sub>2</sub> 分圧軽度および中等度低下の際に見られたような横ばいは見られず、その時点で呼吸困難、動悸などの中止決定要因のために運動負荷試験を中止せざるを得ない場合、また同時に経皮 CO<sub>2</sub> 分圧も運動負荷終了直後 5~10 Torr 位の軽い上昇を伴うことがあるような場合を、経皮 O<sub>2</sub> 分圧高度低下と名付けた。拡がり 3 の症例中には呼吸不全の程度の強い人が多く、運動負荷試験の実施に当たり経皮 O<sub>2</sub> 分圧が運動負荷開始とともにすぐに真直ぐに低下し始めて、その低下が 30 Torr に達しないうちに運動負荷試験継続不能と判定され中止した人もいた。この場合も経皮 O<sub>2</sub> 分圧高度低下とした。

拡がり 3 の最後の 1 例は、奇異反応の項で述べるよう

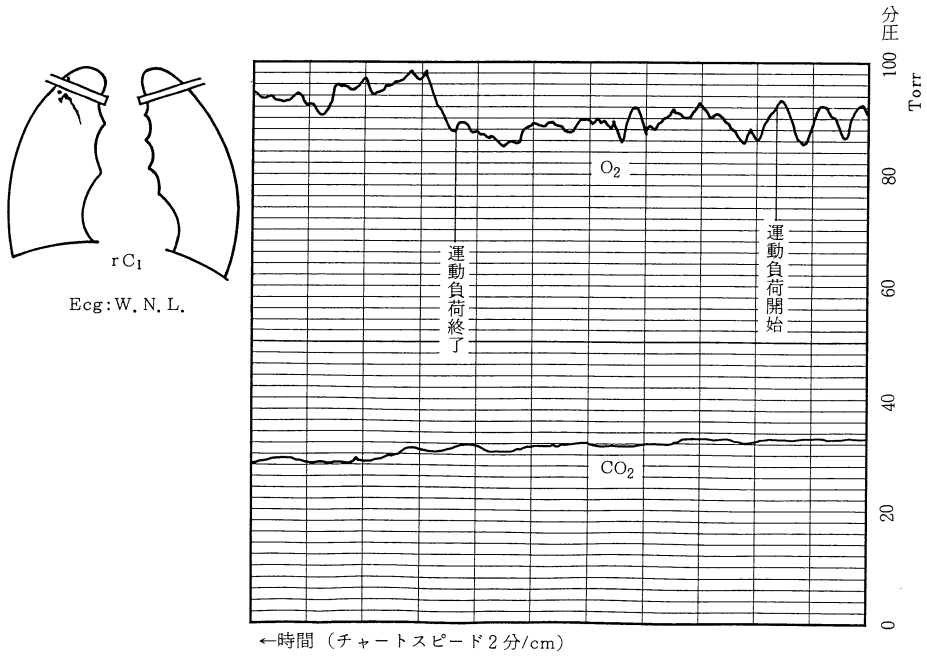


図5 肺結核 rC<sub>1</sub> (不変例) (男, 33歳, 会社員)

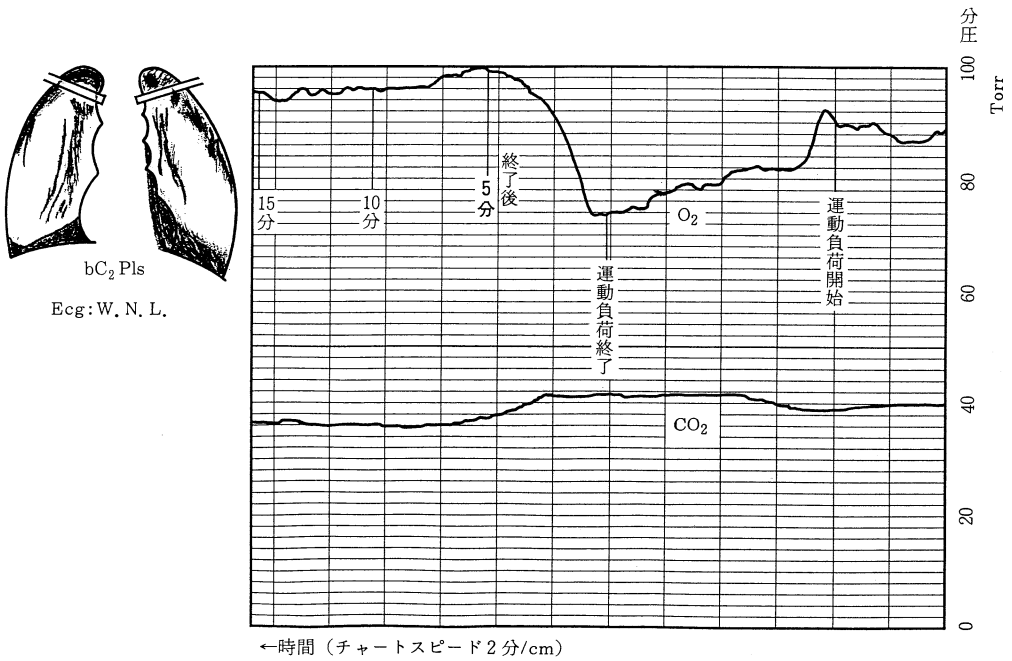
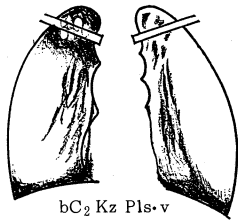
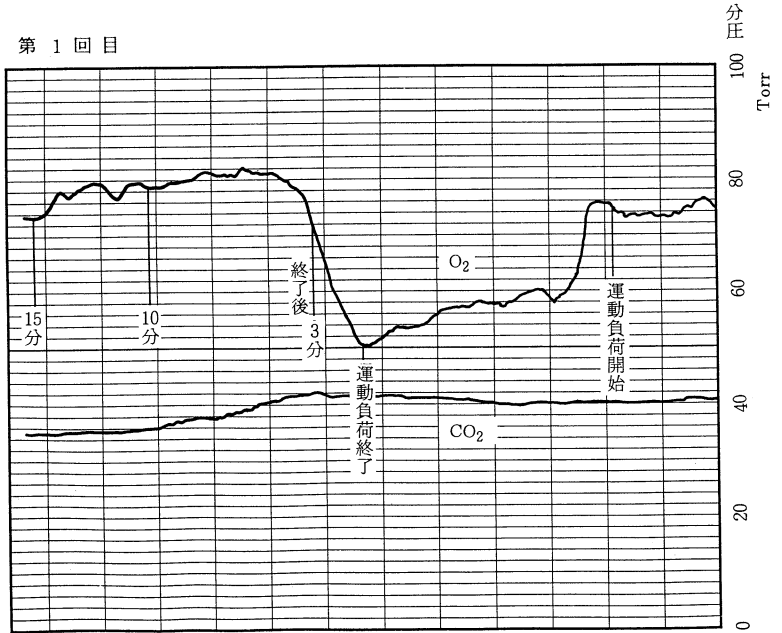


図6 肺結核 bC<sub>2</sub> P1s (軽度低下例) (女, 50歳, 主婦)

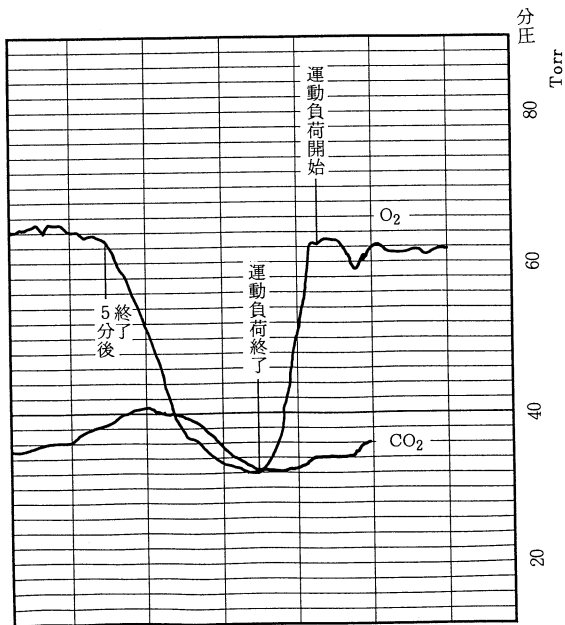
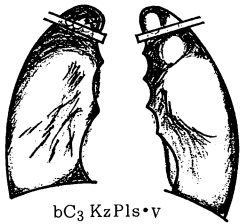


第 1 回 目



←時間 (チャートスピード 2分/cm)

図 7 肺結核 bC<sub>2</sub>KzPls.v (中等度低下例) (男, 53歳, 自営業)



←時間 (チャートスピード 2分/cm)

図 8 肺結核 bC<sub>3</sub>KzPls.v (高度低下例) (女, 58歳, 無職)



表4 肺結核外科手術施行症例の運動負荷試験成績

症例	性 年齢 歳	手術術式	他側の 肺病変	運動負荷時 学研病型	運動負荷試験成績
1. ■■■	男 61	右上葉切除	なし	rC <sub>1</sub> P1v	経皮 O <sub>2</sub> 分圧軽度低下
2. ■■■	男 45	左区域切除 左胸膜部分剥皮	なし	1-Op P1s	経皮 O <sub>2</sub> 分圧軽度低下
3. ■■■	男 67	右空洞切開 右胸成術	なし	rD <sub>2</sub> P1v rOp Th	経皮 O <sub>2</sub> 分圧中等度低下 (奇異反応)
4. ■■■	男 68	左胸郭成形	あり	bD <sub>2</sub> P1v 1-Op Th	経皮 O <sub>2</sub> 分圧軽度低下 (奇異反応)
5. ■■■	男 72	左胸膜剥皮	あり	bC <sub>3</sub> P1v 1-Op	経皮 O <sub>2</sub> 分圧中等度低下
6. ■■■	男 73	左上葉切除 補正成形	あり	bD <sub>3</sub> 1-Op ReTh	経皮 O <sub>2</sub> 分圧中等度低下

に、最初の第1回目の運動負荷試験では奇異反応を示したが、第2回目の運動負荷試験では経皮 O<sub>2</sub> 分圧中等度低下を示し、さらに第3回目にも第2回目と同様な中等度低下を示した。

### c) 肺結核外科療法回復例の成績 (表4)

各種の肺結核外科手術を受け回復した6名について運動負荷試験を行った。外科療法回復者の経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧変動曲線も特別例外的ではなく、化学療法回復者と同様な曲線を描いた。しかし表4の症例1および2は、胸部 X 線所見上病変はごく軽微で経皮 O<sub>2</sub> 分圧変動曲線は不変が考えやすかったが、手術の影響が軽度低下を示した。症例3および4はいずれも第1回目の運動負荷試験で後述の奇異反応を示し、他日やり直しの第2回目の検査で経皮 O<sub>2</sub> 分圧変動曲線中等度ないし軽度低下を示した。症例5および6は拡がり3であったが経皮 O<sub>2</sub> 分圧変動曲線は中等度低下で済んでいた。手術の影響については、さらに症例数を増して検討する必要がある。

### 2. 運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧変動曲線の再現性

運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧の変動曲線は同一条件 (同一症例, 同一病状, 同一負荷) であれば同様な変動曲線を描くことが要求される。われわれのこの運動負荷試験についても同一症例に日時を変えて再度運動負荷試験を施行して同様な変動曲線が得られるかどうか再現性の良否を検討した。6症例での再度運動負荷試験の成績は表5のとおりで、第1回目第2回目とも同様な変動曲線を描いた。図9はその中の1例、表5の症例3 (図7, 表3 D の中等度低下図示症例) の第2回目の運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 分圧変動曲線である。図7と図9を比較検討するとほぼ同様な変動曲線が描かれているのが分かる。ただ運動負荷試験終了

直後の経皮 O<sub>2</sub> 分圧の上昇が第2回目は第1回目より少なく rebound が無い。患者がこの運動負荷試験に馴れて精神的にもまたトレッドミル歩行でも順調に運動できたためと思われた。以上、運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧の再現性は、まず良好と考えてよいと思われた。

### 3. 奇異反応

以上述べてきたように運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub> 分圧は、運動負荷により不変ないし下降、経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は不変ないし軽い上昇が一般的と考えられる。ところがこれに反して運動負荷試験開始後経皮 O<sub>2</sub> 分圧が上昇したり経皮 CO<sub>2</sub> 分圧が著明に低下したりした症例が、検討症例27例中に3例認められた。このような、予期に反した変動曲線を描いた場合を奇異反応と名付けた。この3例はいずれも初めてこの運動負荷試験を受けた第1回目の検査時に現れており、他日改めて運動負荷試験を行った第2回目の再試験では奇異反応は出現せず、予期どおりの変動曲線が描かれた。さらに再度行った第3回目の試験でも、第2回目と同様な変動曲線が描かれた。その3例を図示する。

図10は58歳、自営業、女、病型 bC<sub>2</sub> KzPls, 化学療法のみでの回復者の変動曲線である。初めての第1回目の運動負荷試験では運動負荷開始とともに経皮 O<sub>2</sub> 分圧は上昇し経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は低下した。しかし日を改めて行った第2回目の運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧変動曲線はごく普通な中等度低下を示した。

図11は67歳の農夫、病型 rD<sub>2</sub> Plv・rOp (空切, Th), 初めての第1回目の運動負荷試験による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧変動曲線では、経皮 O<sub>2</sub> 分圧は不変であったが経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は急激な低下を示したため、検査担当者は驚いて運動負荷をすぐに中止した。日を改めて行った第2回目の運動負荷試験では、経皮 O<sub>2</sub> 分圧変

表5 運動負荷による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧変動曲線の再現性

症例 No	性	年齢 歳	病 型 学 研 分 類	運動負荷による経皮 O <sub>2</sub> および CO <sub>2</sub> 分圧変動曲線	
				第 1 回 目	第 2 回 目
1	女	67	bC <sub>2</sub> Pls	軽 度 低 下	軽 度 低 下
2	男	67	lC <sub>2</sub> Pls.v	軽 度 低 下	軽 度 低 下
3	男	53	bC <sub>2</sub> KzPls.v	中 等 度 低 下	中 等 度 低 下
4	女	61	bC <sub>3</sub> EmP	中 等 度 低 下	中 等 度 低 下
5	女	52	bC <sub>3</sub> Pls.v	高 度 低 下	高 度 低 下
6	男	59	bC <sub>3</sub> KzPls.v	高 度 低 下	高 度 低 下

各症例それぞれに第1回目, 第2回目とも同様な変動曲線を描いた。

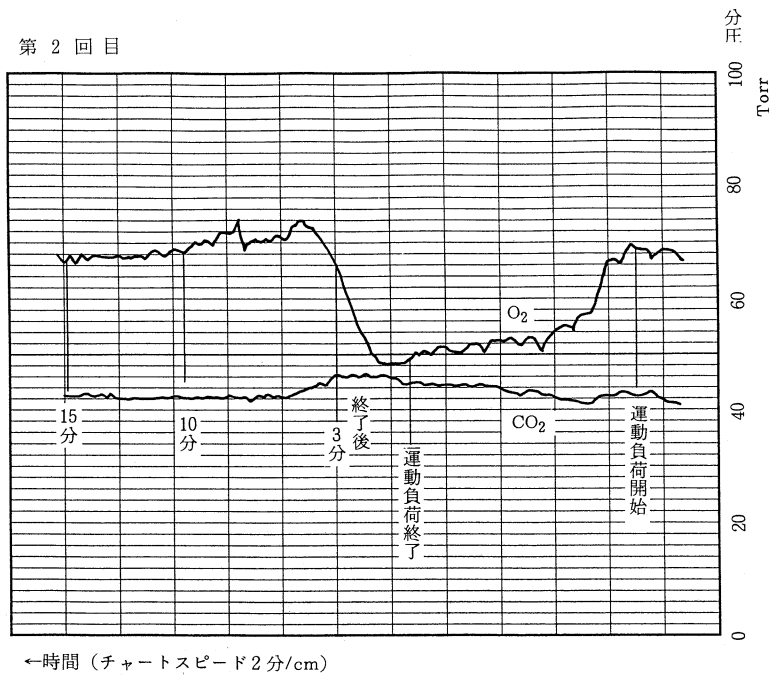


図9 肺結核 bC<sub>2</sub>KzPls.v (中等度低下例) (男, 53歳, 自営業)

変動曲線はやや不揃いながら軽度低下型となった。

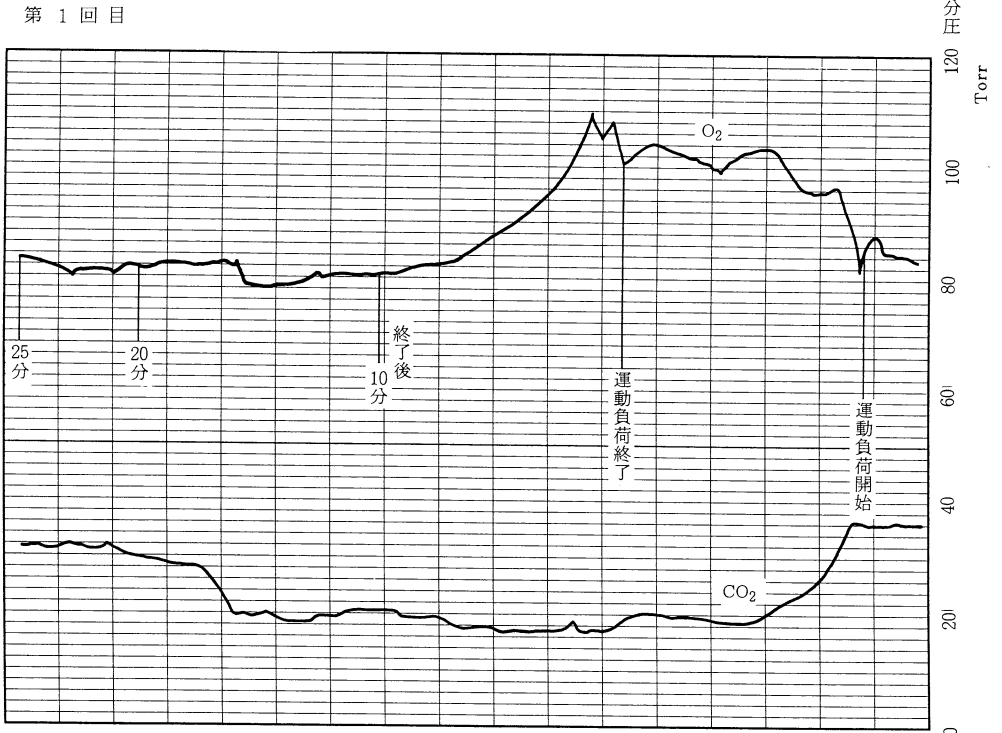
図12は68歳の農夫, 病型 bD<sub>2</sub>Plv・1-Op (Th), 初めての第1回目の運動負荷試験で運動負荷開始とともに経皮 O<sub>2</sub> 分圧は上昇, 経皮 CO<sub>2</sub> 分圧は不変であったが, 第2回目には軽度低下型の普通の変動曲線となった。

これら症例はさらに第3回目の運動負荷試験を行ったが第2回目の変動曲線とほぼ同じ曲線を描いた。したがって第2回目の変動曲線がその患者固有の曲線と考えられる。奇異反応を呈した理由としては3人も気の小さい神経質な患者であり, 運動負荷試験のためいろいろと電極, 心電計端子, 血圧計マンシェットを自分の身体に装

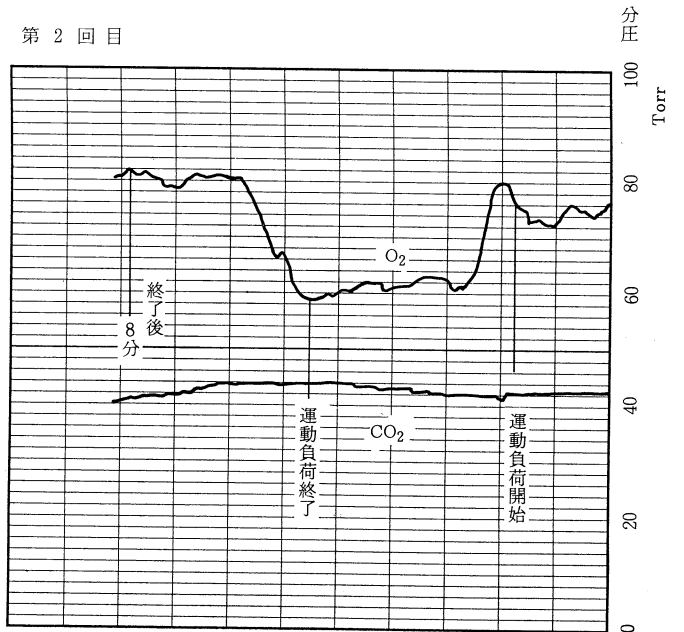
着されて不安な気分となり, 無意識に興奮して過呼吸になり過換気症候群を呈したためであり, 第2回目にはこの運動負荷試験が安全なことを理解して平静に実施できたものと考えられた。奇異反応のうち経皮 CO<sub>2</sub> 分圧低下型を A 型, 経皮 O<sub>2</sub> 分圧上昇型を B 型, 両者揃ったものを AB 型と呼ぶことにした。ともかく第1回目の運動負荷試験で被検者が奇異反応を呈した時は, その日の試験は中止して他日改めて実施する方がよい。

4. 副作用, 安全性, その他

この運動負荷試験では奇異反応以外には特別の異常反応や副作用は認められなかった。外来患者にも安全に実

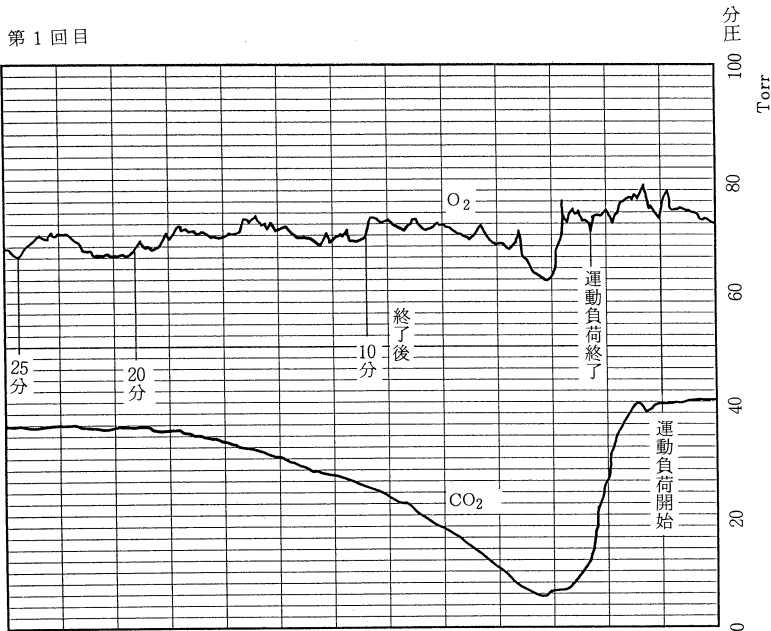


←時間 (チャートスピード 2分/cm)

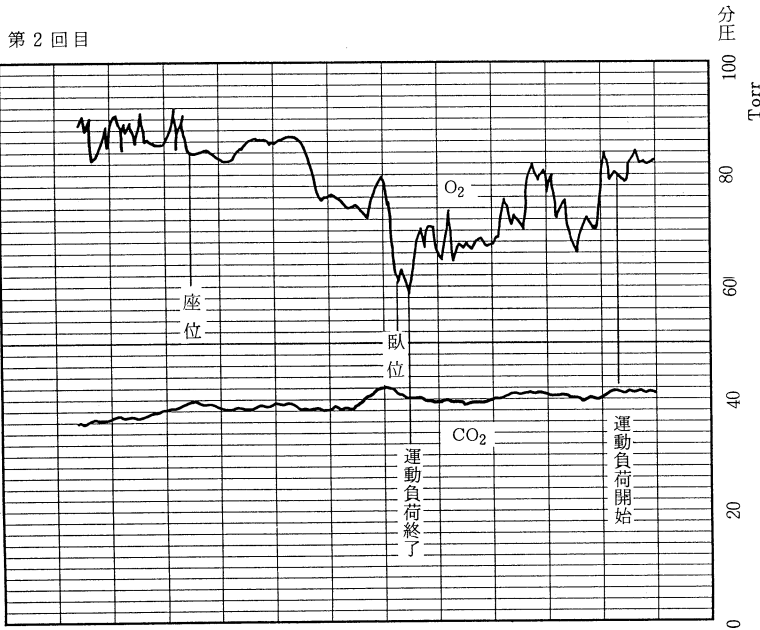


←時間 (チャートスピード 2分/cm)

図10 肺結核 bC<sub>2</sub>KzPls (奇異反応例) (女, 58歳, 自営業)



←時間 (チャートスピード2分/cm)



←時間 (チャートスピード2分/cm)

図11 肺結核 rD<sub>2</sub>Plv・rOp (空切・Th) (奇異反応例) (男, 67歳, 農業)

施できた。ただ、高度低下症例では負荷開始から終了までの経過時間が短かったため被検者の反応観察が忙しすぎた。高度低下症例ではトレッドミル負荷条件を緩めて実施する方法の検討が必要である。

5. 臥位肘動脈採血測定法と座位経皮測定法とによる血

液ガス分圧値の比較

運動負荷試験の前検査として測定した安静横臥位肘動脈採血による血液ガス値 (PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>) と運動負荷試験開始直前の座位経皮測定による経皮 O<sub>2</sub> および CO<sub>2</sub> 分圧値との比較を試みた。検討症例 27 例の成績は表 6

のとおりである。両測定値は同時でなく時間的にずれており、また体位も違っていて厳密な比較とはいえ意味づけも難しいが、一般に呼吸不全の判定基準には動脈採血法による血液ガス値 ( $\text{PaO}_2$ ,  $\text{Paco}_2$ ) が用いられているので、それとの対比の意味であえて比較した。

表6をみると、健康者と肺結核回復者病変拡がり1で両測定値の差異が大きいですが、これら測定値の変動はおおよそ正常範囲内での変動といえそうである。拡がり3の3名で両測定値に10 Torr以上の差異を認めるが、その他では両測定値はかなり近づいている。今後同時同体位など厳密な意味での両測定値の比較を検討予定である。しかし動脈採血による  $\text{PaO}_2$  および  $\text{Paco}_2$  の運動負荷中の連続測定は準備、装置とも大変であり被検者への負担も大きいですが、経皮  $\text{O}_2$  および  $\text{CO}_2$  分圧測定法を用いれば運動負荷中の連続測定は簡単に可能であり、被検者への負担もほとんどないので、現状では臨時的には経皮  $\text{O}_2$  および  $\text{CO}_2$  分圧測定法に頼らざるをえない。

考 案

結核治療の進歩とともに肺結核の治癒、患者の救命、長期生存が可能になったが、それとともに肺結核回復者の呼吸機能が注目を浴びようになった。これは、肺結核回復後肺機能低下のため日常生活に事欠く患者が漸次増加して社会問題となってきたためである。このために昭和41年頃よりこの方面の協同研究やシンポジウムが数多くみられるようになった<sup>3)~7)</sup>。昭和42年身体障害者福祉法の一部改正により予測肺活量1秒率(指数)40%以下が基準となつて、呼吸器の機能障害が認定され身体障害者手帳が交付されるようになった<sup>8)</sup>。また厚生省特定疾患呼吸不全調査研究班は、日本胸部疾患学会呼吸生理委員会との共同答申により昭和60年3月から在宅酸素療法の保険適用を可能にした<sup>9)10)</sup>。当初  $\text{PaO}_2$  が50 Torr以下ないし60 Torr以下でも肺性心のある場合が対象となった。肺結核後遺症のみならず、慢性閉塞性肺疾患(肺気腫、慢性気管支炎、びまん性細気管支炎、気管支喘息など)肺線維症、気管支拡張症、塵肺、肺癌などにも適用された。一方、米国では慢性閉塞性肺疾患、主として肺気腫に対して以前から在宅酸素療法が行われてきており、動作時に  $\text{PaO}_2$  値の低下が観察されている<sup>11)12)</sup>。慢性閉塞性肺疾患(COLD)における運動負荷中の血液ガスの変動についての研究も数多く行われている<sup>13)~15)</sup>。日本でも、最近、肺疾患における運動負荷テストについての研究が報告されるようになった。

運動負荷による血液ガスの変動、特に酸素分圧の低下については単に肺内呼吸面積の減少、肺循環の減少だけで説明できるものではなく、心臓血管系の変化、呼吸筋の変化、そして精神的な影響など多くの条件によって支配されている<sup>16)</sup>。したがって何か1つの条件だけで呼

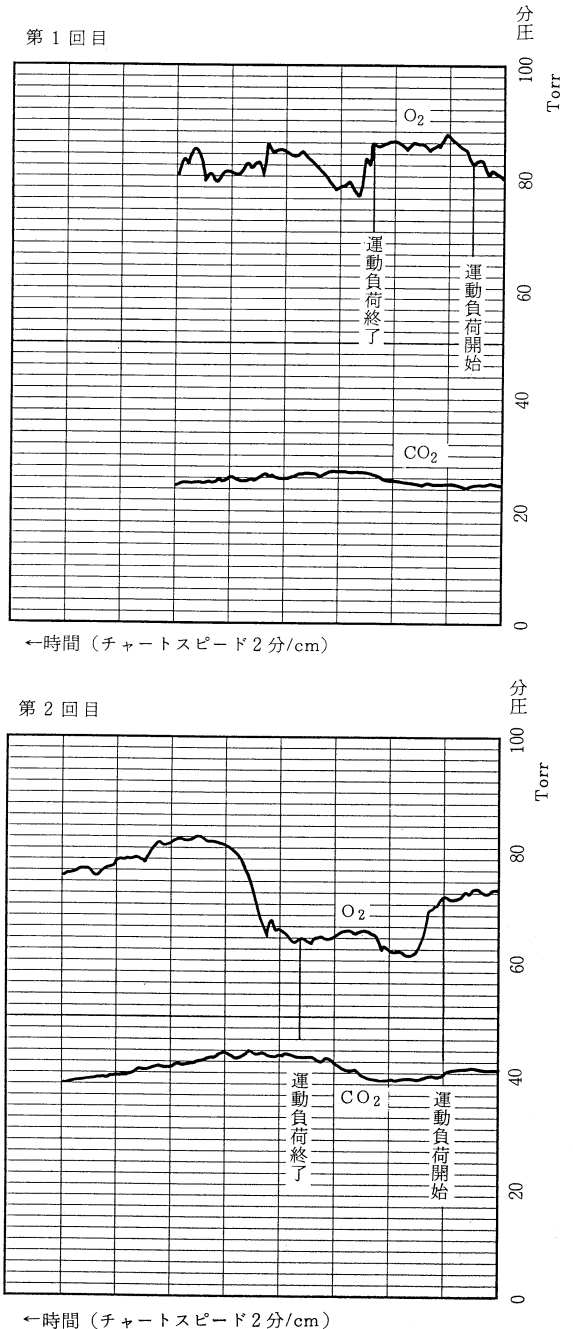


図12 肺結核 bD<sub>2</sub>Plv・l-Op (Th) (奇異反応例) (男, 68歳, 農業)

吸不全を診断することは難しい。日本での在宅酸素療法の対象基準は昭和63年4月以降改正されて、 $\text{PaO}_2$  が55 Torr以下ないし60 Torr以下でも睡眠時ないし運動時に著明な低酸素血症のあるものとなったが、これは

表6 血液ガス分圧値：臥位肘動脈採血ILメーター測定と座位経皮測定との比較  
(測定値の単位はすべてTorr)

被検者	症例 No	PaO <sub>2</sub>	経皮 O <sub>2</sub> 分圧	差 B-A	PaCO <sub>2</sub>	経皮 CO <sub>2</sub> 分圧	差 D-C
		(臥位) A	(座位) B		(臥位) C	(座位) D	
健康者	1	104	90	-14	40	38	-2
	2	103	76	-27	39	42	+3
	3	119	88	-31	32	40	+8
	4	111	80	-31	39	45	+6

肺結核回復者；化学療法例（拡がり1, 2, 3は日本結核病学会分類による）

拡がり1	5	104	90	-14	43	30	-13
	6	94	76	-18	35	34	-1
拡がり2	7	86	78	-8	35	36	+1
	8	82	80	-2	47	40	-7
拡がり3	9	77	72	-5	42	47	+5
	10	84	70	-14	42	36	-6
	11	84	71	-13	37	40	+3
	12	75	61	-14	44	36	-8
	13	82	82	0	39	44	+5
	14	53	56	+3	63	64	+1
	15	80	82	+2	46	49	+3
	16	77	76	-1	44	49	+5
	17	50	49	-1	48	45	-3
18	66	73	+7	48	46	-2	
19	77	76	-1	44	45	+1	
20	83	83	0	43	42	-1	
21	69	75	+6	49	43	-6	

肺結核回復者；外科療法例（拡がり1, 2, 3は日本結核病学会分類による）

拡がり1	22	96	80	-16	38	40	+2
1	23	81	81	0	41	42	+1
2	24	67	72	+5	38	38	0
2	25	87	84	-3	45	54	+9
2	26	67	68	+1	41	41	0
3	27	76	68	-8	45	54	+9

宅酸素療法を健康保険に適用する上での1つの便宜上の取決めと考えるべきである。今後研究の進歩とともに改訂されていくものと思われる<sup>17)</sup>。

肺結核回復者の中には日常生活で動作時に強い息切れを訴える者がかなりある。動脈採血 PaO<sub>2</sub> 測定が安静臥位で行われるせい PaO<sub>2</sub> が 60 Torr 以上の人にも動作時息切れを訴える人がわりあい多くみられる。また既に PaO<sub>2</sub> が 60 Torr 以下になった人では呼吸困難は余りにも強く、在宅酸素療法下でもほとんど終日安静ないし臥床して過ごし社会的活動まではできない人が多

く、予後も余りよくない。安静時の PaO<sub>2</sub> が 60 Torr 以上ではあるが、動作時に息ぎれが強く日常生活に事欠くような場合にも、在宅酸素療法があればもっと豊かな日常生活が送れるかもしれない。米国 COLD 患者のように、在宅酸素療法下に豊かな日常生活が送れば真に有効な在宅酸素療法といえる。この場合の在宅酸素療法の適応基準はいかにあるべきかが重要な課題となる。その課題を解く方法の1つが、運動負荷試験と思われる。これが本研究を始めた理由である。

心肺機能測定装置としてエルゴメーター、バッグ方式、

O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> コンピューター測定, 心電計などを組込んだ  
 マイン・ハート社 (オランダ) のストレス・テスト・シ  
 ステムがあるが, この方式では呼吸不全患者のテストと  
 しては過重にすぎる。簡単で安全で被検者の負担も少な  
 い方法として, 経皮血液ガス測定装置, トレッドミル運  
 動負荷装置, 自動血圧計とを組み合わせた方式を考案し  
 た。この方式では, 経皮 O<sub>2</sub> 分圧の低下の程度から不変,  
 軽度低下, 中等度低下, 高度低下の4群に分類された。  
 また奇異反応が初回検査時27名中3名で観察された。  
 当面の課題は高度低下を示す症例にあると考えられるが,  
 今後症例を増やして検討する予定である。

### 結 論

肺結核回復者にみられる慢性呼吸不全の実態解明のた  
 めの呼吸機能検査法の1つとして, 血液ガス運動負荷試  
 験方法を考案報告した。本法は経皮血液ガス測定装置,  
 トレッドミル運動負荷装置, 自動血圧計とを用いて実施  
 する。健康者4名, 肺結核回復者23名について予備試  
 験を行った。その結果運動負荷により経皮 O<sub>2</sub> 分圧は低  
 下し, その低下の程度から不変, 軽度低下, 中等度低下,  
 高度低下の4群に分類できた。経皮 CO<sub>2</sub> 分圧の運動負  
 荷による変動は高度低下群以外は全体にごく軽微であ  
 った。なお, 初回検査時27名中3名に奇異反応がみられ  
 たが, 再検査で正常反応型に戻った。

本研究の要旨は第62回日本結核病学会総会 (昭和62  
 年, 東京) において発表した。本研究に御協力戴いた埼  
 玉県立小原療養所検査部伊藤武技師長ほか, 看護部今田  
 ケサ子婦長ほかの各位に謝意を表する。

### 文 献

- 1) 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.
- 2) 国立療養所結核死亡調査班 (班長長沢誠司) 結核予  
 防会結核死亡調査班 (班長岩井和郎): 全国国立療  
 養所における結核死亡調査—昭和59年 (1984)—:  
 呼吸器疾患結核文献の抄録速報, 38: 57~87, 1987.
- 3) 堂野前維摩郎, 岩崎竜郎, 山本和男: 呼吸器疾患に  
 おける低肺機能に関する研究; 第42回日本結核病  
 学会総会報告; 結核, 42: 総会プログラム65,  
 1967.
- 4) 梅田博道: 昭和43年日本結核病学会総会要望課題,  
 肺機能障害例の機能的予後—とくに経時的観察を中  
 心として; 結核, 43: 390~394, 1968.
- 5) 笹本 浩, 村尾 誠: 第72回日本内科学会総会シ  
 ンポジウム 慢性呼吸不全, 日本内科学会雑誌, 64  
 : 1211~1248, 1975.
- 6) 島村喜久治: 第49回日本結核病学会総会シンポジ  
 ム 肺結核の残したもので, 2. 呼吸不全 (長野  
 準), 結核, 49: 339~342, 1974.
- 7) 長野 準: 呼吸不全の臨床 (綜説), 結核, 51: 305  
 ~311, 1976.
- 8) 笹本 浩: 内部障害等級認定基準の考え方—結核・  
 呼吸器の機能障害—, 社会保険庁年金保険部編: 国  
 民年金内部障害認定事務の手引き, 11~18, 1964.
- 9) 吉良枝郎, 饗部三代治, 石原照夫: 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62年度研究報告書, 9  
 ~13, 1988.
- 10) 寺松 孝, 本間日臣: 第22回日本胸部疾患学会総  
 会シンポジウム 肺疾患による呼吸・循環不全, 日  
 胸疾会誌, 21: 413~454, 1983.
- 11) 齊藤 元: 特発性間質性肺炎における運動時のガス  
 交換機能の検討, 日胸疾会誌, 22: 733~741, 1984.
- 12) 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.
- 13) Dantzker, D. R. and D'Alonzo, G. E.: The  
 Effect of Exercise on Pulmonary Gas Ex-  
 change in Patients with Severe Chronic  
 Obstructive Pulmonary Disease, Am Rev  
 Respir Dis, 134, 1135~1139, 1986.
- 14) Kurihara, N., Fujimoto, S., Terakawa, K.  
 et al.: Prediction of PaO<sub>2</sub> during Treadmill  
 Walking in Patients with COPD, Chest, 91,  
 328~332, 1987.
- 15) 宮村実晴, 本田良行: 運動中の中枢性呼吸循環調節,  
 呼と循, 36: 3~11, 1987.
- 16) 栗原直嗣, 藤本繁夫, 太田勝康: Limiting factor  
 としてのガス交換とガス運搬能, 呼と循, 36: 19~  
 25, 1988.
- 17) 杳沢智子, 太田保世: 特集 酸素療法の適応基準,  
 呼吸機能からみた基準, 呼と循, 36: 479~483,  
 1988.