

12.2 vs 95.3 分 ± 13.0 ; 2 回目 : 104.9/分 ± 12.0 vs 95.7/分 ± 13.1). これは初期値 (1 回目 : 70.8/分 ± 9.0 vs 75.3/分 ± 9.5 ; 2 回目 : 69.8/分 ± 9.6 vs 76.7/分 ± 11.5) より有意に増加した ($p < 0.05$) が, 寧ろ健常者でより大きな増加を示した. また, 心拍数回復時間は健常者で有意に短かった (1 回目 : 76.4秒 ± 29.7 vs 322.7秒 ± 218.8 ; 2 回目 : 107.8秒 ± 35.6 vs 274.8秒 ± 164.3) ($p < 0.05$). 50mWT (A) と同様に 50mWT (B) でも 1 回目, 2 回目の間では各種パラメーター間に有意な変化は認められなかった. 従って 1 回目を用いて各種パラメーターの比較を行なった.

図 9 上段に示すように ΔSpO_2 は 50mWT (A) で健常者では 6 名で変化が全然認められなかったが, その平均値は $1.5\% \pm 0.5$ であった. それら 6 名は 50mWT (B) でも有意な変化が認められず, その平均値は $1.4\% \pm 0.9$ であった. 一方, 管理 4 者では 50mWT (A) では 6 名で有意な変化が認められなかったが, その平均値は $3.8\% \pm 2.0$ であった. それらでは 50mWT (B) でも 1 名を除いて有意な変化を認めなかったが, 平均値は $1.2\% \pm 1.5$ であった.

図 9 中段に示すように心拍数回復時間は健常者では 50mWT (A) (89.9秒 ± 24.2), 50mWT (B) (76.4秒 ± 29.7) 共に有意差は認められなかった. 一方, 管理 4 者では 50mWT (A) (157.7秒 ± 96.5), 50mWT (B) (322.7秒 ± 218.8) で有意差

はなかったが, 平均で 50mWT (A) に比しては 50mWT (B) では約倍近く延びた.

呼吸困難感については図 9 下段に示すように健常者では 50mWT (A) (0.2 ± 0.6 から 0.9 ± 0.8), 50mWT (B) (0.2 ± 0.6 から 0.9 ± 0.8) 共, 終了後で増加したが有意でなく, その増加の割合は同じ傾向を示した. 一方, 管理 4 者では 50mWT (A) (0.9 ± 0.8 から 3.5 ± 1.6), 50mWT (B) (1.0 ± 0.9 から 5.7 ± 2.0) 共, 終了後で有意に増加したが, 50mWT (B) の終了後の呼吸困難感 は 50mWT (A) のそれに比しても有意に大きかった (3.5 ± 1.6 vs 5.7 ± 2.0) ($p < 0.05$).

5. ΔSpO_2 および心拍数回復時間について

健常者では ΔSpO_2 (mean + 2SD) < 3% であった. また, 心拍数回復時間 (mean + 2SD) < 150 秒であったので, $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ と心拍数回復時間 ≥ 150 秒の組合せでグループ分けをした. 表 3 には健常者および管理 4 者の組合せが書いてある. 管理 4 者で両パラメーター共に満たした症例は 8 名であったが, これらは拘束性障害 4 名, 閉塞性障害 2 名, 混合性障害 1 名, 末梢気道障害 1 名であった. $SpO_2 \geq 3\%$ のみを満たした症例は拘束性障害, 閉塞性障害, 混合性障害が各 1 名であった. 心拍数回復時間 ≥ 150 秒のみを満たした症例は拘束性障害 1 名, 末梢気道障害 2 名であった. 両パラメーター共満たさなかった症例は末梢気道障害 1 名のみであった (但し, \dot{V}_{25} の値は示されていない).

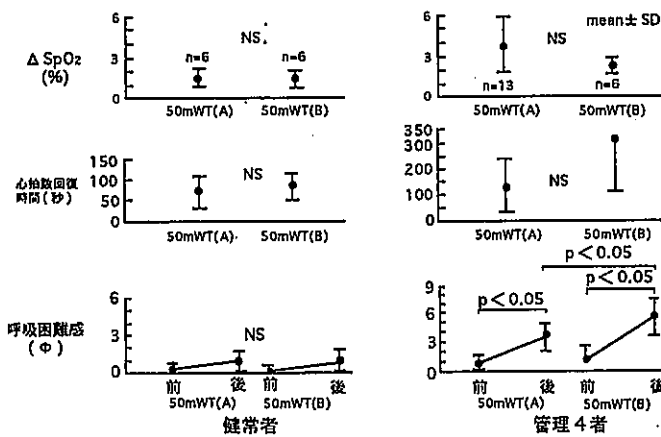


図 9 健常者と管理 4 者の 50mWT (A) および 50mWT (B) における代表的パラメーターの比較

表 3 健常者 (上) および管理 4 者 (下) における指標の組み合わせによる頻度分布

	心拍数回復時間 ≥ 150 秒	心拍数回復時間 < 150 秒
$\Delta SpO_2 \geq 3\%$	0	0
$\Delta SpO_2 < 3\%$	4	8
	心拍数回復時間 ≥ 150 秒	心拍数回復時間 < 150 秒
$\Delta SpO_2 \geq 3\%$	8 (4R, 2O, 1M, 1P)	3 (1R, 1O, 1M)
$\Delta SpO_2 < 3\%$	31 (1R, 2P)	1 (1P)

R; 拘束性障害 O; 閉塞性障害 M; 混合性障害 P; 末梢気道障害

表4には $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ と $\Delta SpO_2 < 3\%$ のグループ分け、並びに、心拍数回復時間 ≥ 150 秒と心拍数回復時間 < 150 秒のグループ分けでの%DLCOを比較した結果を示す。有意差はなかったが $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ では%DLCOが平均60%未満であった。同じく心拍数回復時間でも有意差はなかったが、心拍数回復時間 ≥ 150 秒でむしろ%DLCOが大きい傾向が認められた。

表5には50mWT (A)における $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ と心拍数回復時間 ≥ 150 秒が1回目に現われたのか、2回目に現われたのかが示してある。この表のように1回目、2回目のうちどちらかが基準を満たしたものを陽性とする8例で2つの指標が共に陽性であったが、片方の指標しか陽性でない症例が3例ずつ、また両方の指標共陽性でない例が1例認められた。

考 察

安定期にある療養中の管理4者に対して、パルスオキシメーターを利用し私共が設定した50m歩行試験を行い、ガス交換障害の有無とその判定基準について健常者との比較から検討した。今回の検討から次のような事柄が認められた。第1に健常者では SpO_2 は50mWT (A), 50mWT (B) 共有意な低下は認められなかったが、心拍数については歩行終了後平均約70秒で前値に復した。第2に、管理4者では SpO_2 は平均して歩行終了後に有意に低下したが、最低値をとる迄の時間は健常者に比し管理4者の方が長かった。心拍数については初期値に復する時間は管理4者の方が有意に長かった。第3にこれらの結果は再現性を有していた。第4に管理4者では50mWT (A) で有意な SpO_2 の変化を示さなかった者は50mWT (B) でも有意な変化は認められなかったが、心拍数が初期値に復する時間は50mWT (A) に比し倍以上に増え、呼吸困難感も強かった。第5に SpO_2 が3%以上低下する症例では%DLCOが60%より低かった。以上より、50mWT (A) はじん肺患者に過度な負担を与えることなくガス交換障害を把握することの出来る検査法であると考えられた。

今回の検討における問題点について考える。ま

表4 50mWT (A) における各指標別の%DLCOの比較

	$\Delta SpO_2 \geq 3\%$	$\Delta SpO_2 < 3\%$
%DLCO	53.1% ± 18.7	66.7% ± 9.3
	心拍数回復時間 ≥ 150 秒	心拍数回復時間 < 150 秒
%DLCO	58.5% ± 14.4	52.7% ± 22.4

表5 50mWT (A) における検査指標の陽性陰性結果出現頻度

●陽性 ○陰性

検査指標 回数 被検者	$\Delta SpO_2 \geq 3\%$		心拍数回復時間 ≥ 150 秒	
	1回目	2回目	1回目	2回目
1	○	○	○	○
2	●	○	○	○
3	○	○	●	●
4	○	○	○	●
5	●	○	○	○
6	○	○	●	○
7	●	●	○	○
8	○	●	●	●
9	○	●	●	●
10	●	●	●	●
11	●	●	○	●
12	●	●	●	●
13	●	●	●	●
14	●	●	●	●
15	●	●	●	●

ず、今回50m歩行試験を選択した理由である。運動負荷試験に定量性をもたせるものとして職業性肺疾患患者にもトレッドミルやエルゴメーターを用いる方法が行なわれている³⁰⁾。しかし、これらは繁雑であり、また人的要員の問題があり、手軽に運動能力をみる検査として6分間歩行試験⁷⁾やわが国では10分間歩行試験⁸⁾などが提唱され実施されている。実際にはこれらとて被験者の最大努力を要するものであり、健常者にとっては短時間で余り問題(息切れ等)がなくてもじん肺患

者、とりわけ高齢者にとってはかなりきついものであり仲々実施が困難であるのが現状であろう。そこで考え出されたのがパルスオキシメーターを装着させ一定の時間に50m歩行を行なわせる50m歩行試験である。本試験の提唱理由は更に次のような視点に立っている。運動負荷の強度として酸素消費量でみた場合、軽作業例えば受け付け、事務仕事などの場合、1～3 METにあたり、1MET = 3.5ml/kg/minとして歩行で換算した場合、2mile/hr = 53m/minの速さで歩行したことに相当すると考えられる⁹⁾。更に、郵便配達、工場機械組立といった中程度作業は3～5 METにあたり、歩行で換算した場合4mile/hr = 110m/minの速さで歩行したことに相当する考えられる⁹⁾。また、検査方法選択に求められる一般的要件として客観性があり、出来る限り定量的に検出出来ること、被験者に著しい努力を強えず、検査実施に対する協力の程度にも依存しないことその他、侵襲性がなく検査方法が比較的簡単で設備も余り要せず、検査結果が安定して再現性が高いものであること等が挙げられる。例えば低酸素血症発現の把握法としてパルスオキシメーターが喘息発作時に利用されている¹⁰⁾。また、パルスオキシメーターはその有用性から運動負荷時の低酸素血症発現の検討で利用され、その評価法は己に色々と報告されている¹¹⁾¹²⁾。よってこれらの要件を満たしつつ、生理学的強度を反映させる方法として50m歩行試験が選ばれた。

第2に被験者の年齢の違いであるが、健常者は管理4者に比し有意に若かった。しかし、健常者では基本的に労作時の低酸素血症はみられないといわれ¹³⁾、このことは老年者でも同じである¹⁴⁾。心拍数については、最大心拍数は加齢と共に低下し、一般には運動制限因子となる。しかし、最大心拍数が100前後というのは所謂嫌気性代謝閾値前の運動レベルであり、この程度の運動レベルにおける心拍数変化は年齢の違いというよりはdeconditioningの問題や肺の組織学的変化に基づく二次的循環障害の影響と考えられた。従って年齢の違いはSpO₂や心拍数の変化の評価に対して特に決定的な影響を与えないと考えられた。

第3に被験者のうちじん肺患者を4Cを除いた管理4者のみ選んだ点である。これは現じん肺法では管理4のうち4Cは胸部X線をみて判断され管理区分が別に設定されている為である。肺機能的には管理4(4Cを除く)では拘束性障害に拡散障害がみられ、これらはじん肺の肺機能障害としては妥当と考えられた。

第4に今回の検討例ではSpO₂の有意な低下を最初に4%以上と設定したと初期SpO₂は全例95%以上であったということである。SpO₂の低下をどこから有意と設定するかであるが、絶対値として88%以下とする報告¹¹⁾や基線から4%以上とする報告¹²⁾等様々ある。今回は初期SpO₂が95%以上であること、SpO₂解離曲線の特性からSpO₂が高いとSpO₂の変化がPao₂の低下を余り反映しない可能性がある為にとりあえず4%以上と設定した。結果的に、管理4者では平均で3.5%以上運動前から低下し健常者に比し有意差がみられた。

第5に検査の施行間隔であるが暫定的に10分間を置いたが、これはSpO₂、心拍数の変化が運動終了後管理4者ではほぼ6分間以内に認められたので妥当な線と考えられた。

第6にSpO₂の低下が正しくガス交換障害の有無を反映しているのかということである。ガス交換の障害はAaDO₂の開大で表現されるが、その為には厳密にはPao₂やPaco₂の値が必要である。しかし、一般的には運動中にPao₂の低下が起こればガス交換障害があると考えて差し支えない。従来から運動中のPao₂の低下をなるだけ非侵襲的に検討する方法が考えられ、これは肺線維症でも慢性閉塞性肺疾患でも%DLCOは運動時のPao₂低下を予測すると報告されている^{15)~18)}。今回の検討でもΔSpO₂は健常者では有意に低下せず管理4者では有意に低下したものが多かった。表4に示したように管理4者のうち有意なSpO₂低下を示さなかった者は示した者に比し%DLCOが高く、従来報告と似て55～60%を上廻っていた。

第7に心拍数回復時間をガス交換障害の指標として用いたことである。これは当初はSpO₂の低下が健常者を初め、一部の管理4者でみられない

ことや、慢性閉塞性肺疾患 (COPD) 患者などで運動負荷後の心拍数回復時間が健常者に比して長くなること¹⁹⁾等から考えられた。川上は%DLCO以外にも循環や代謝が P_{aO_2} の変化に関与することは十分あり得ると述べている²⁰⁾。表3下に示したように心拍数回復時間遷延例の方が非遷延例より閉塞性障害や拘束性障害を示す例が多い傾向がみられたが、表4下に示すように、%DLCOは心拍数回復時間遷延例の方が非遷延例より寧ろ大きいので心拍数回復時間については換気障害等に基づく循環や代謝因子の影響を受けているのかもしれない。

さて、ガス交換障害の判定基準について考えてみる。健常者では ΔSpO_2 は $mean + 2SD < 3\%$ であり、歩行終了後に心拍数回復時間は $mean + 2SD < 150$ 秒であった。50mWT (A) で $\Delta SpO_2 < 3\%$ の者を50mWT (B) に廻しても $SpO_2 \geq 3\%$ になることは少なく、却って呼吸数や呼吸困難感、更には心拍数回復時間の著明な延長が認められた。従って、 $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ または検査終了後心拍数回復時間 ≥ 150 秒であればガス交換障害があると考えて良いと思われた。表5に示したように50mWT (A) の2回の施行でどちらかのパラメーターがほぼ陽性になるので、50mWT (A) のみで判定を行なっても良さそうである。ところで、 $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ と心拍数回復時間150秒以上の組合せでみて管理4者を分けると $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ の群では拘束性障害かつ/または閉塞性障害を示す例が多い傾向がみられたが、様々な組合せがあり、肺機能障害の存在のみから ΔSpO_2 、心拍数回復時間についての予測は困難と考えられた。

ガス交換障害の重症度を示す分類として $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ かつ心拍数回復時間150秒以上の群 (A) > $\Delta SpO_2 \geq 3\%$ かつ心拍数回復時間150秒未満の群 (B) > $\Delta SpO_2 < 3\%$ かつ心拍数回復時間150秒以上の群 (C) > $\Delta SpO_2 < 3\%$ かつ心拍数回復時間150秒未満の群 (D) などが考えられた。(C) についてはdeconditioningの可能性、(D) については健常者に近い可能性が考えられた。

ところで、今回の検討対象となった症例は全て初期 $SpO_2 \geq 95\%$ であったが、歩行試験可能な症例は $90\% \leq$ 初期 SpO_2 と考えられるが、 SpO_2 の解離曲線のパターン特性から初期値95%以上の例より ΔSpO_2 の変化はより大きく、また、心拍数回復時間はより長くなることが予想されるので、それらの症例が検討されれば当然先の基準をクリアすると思われた。尚、この種の検査を施行する際において常に問題になるのは息ごらえ等による作爲的動作による結果への影響や詐病 (努力不足での多大な呼吸困難の訴え) 等であるが、管理4者呼吸数の変化や呼吸困難感の歩行前後の変化をみるとじん肺患者では特に問題ないと思われた。古典的な努力不足の示唆は1) 換気の増加が余りないにも拘らず強い呼吸困難感がある、2) 嫌気性代謝閾値 (AT) に到達しない (即ち、一定数以上の心拍数に到達しない) での足の疲れ、3) 各試験間での結果の著しい解離が挙げられている²¹⁾。従って原則として試験を2回行い、問題がありそうな場合は特に呼吸数や心拍数、呼吸困難感を検討すれば問題はないと考えられた。但し、カプノメーター等の装着可能な機器を併用して SpO_2 と共に呼気時炭酸ガス濃度を測定するとより確実であるかもしれない。

本論文の要旨は第46回日本災害医学会 (名古屋市) にて発表した。

本研究に御協力下さいました関東労災病院内科高木重人先生に感謝致します。

本研究は労働福祉事業団の第1種医学研究の助成を受けた。

文 献

- 1) Cotes JE: Lung disorders of occupational origin. In Lung function. Assessment and application in medicine (5th edition) London, Blackwell Scientific Publications, 1993, pp587-599.
- 2) Nakamura M, Chiyotani K, Takishima T: Pulmonary dysfunction in pneumoconiosis. Tokyo, Maruzen Planning Network Co, Ltd, 1991.
- 3) Sherman CB: Cardiopulmonary exercise testing to assess respiratory impairment in occupational lung disease. Occupational medicine 2: 243-257, 1987.
- 4) 田口 治, 斎藤芳晃, 冬木俊春, 他: じん肺症患者における労作時ガス交換障害把握のためのパルスオキシメ

- ーターを用いた50m自然歩行検査について. 日胸疾会誌 34 : A209, 1996.
- 5) Borg G AV : Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exer* 14 : 377—381, 1982.
 - 6) Gelb AF : Physiologic testing in preventing occupational lung disease. *Occupational Medicine* 6 : 59—68, 1991.
 - 7) Mark VHF, Bugler JB, Roberts CM, Spiro SG : Effects of arterial oxygen desaturation on six minute walk distance, perceived effort, and perceived breathlessness in patients with airflow limitation. *Thorax* 48 : 33—38, 1993.
 - 8) 滝島 任, 飛田 渉, 田口 治, 他 : 10分間歩行距離法による運動能力の評価. 厚生省呼吸不全班 昭和61年度研究報告書 1985, pp107—109.
 - 9) Jones NL : Clinical exercise testing. Third edition. Philadelphia, Saunders, 1988.
 - 10) 田口 治, 飛田 渉, 菊池喜博, 他 : 気管支喘息と低酸素血症—パルスオキシメーターによる検討—. 日胸疾会誌 32 : S115—S120, 1994.
 - 11) Tarcy SP, Celli BR : Current concepts: Long-term oxygen therapy. *N Engl J Med* 333 : 710—714, 1995.
 - 12) Eschenbacher WL, Mannina A : An algorithm for the interpretation of cardiopulmonary exercise tests. *Chest* 97 : 263—267, 1990.
 - 13) 田口 治, 飛田 渉 : 運動時 desaturation の病態と対策, 呼吸と循環 42 : 425—430, 1994.
 - 14) 田口 治, 飛田 渉 : 老年者の耐運動能. 呼吸 8 : 836—840, 1989.
 - 15) Kelley MA, Panettieri RA, Krupinsk AV : Resting single-breath diffusing capacity as a screening test for exercise-induced hypoxemia. *Am J Med* 80 : 807—812, 1986.
 - 16) Owens GR, Rogers RM, Pennock BE, Levin D : The diffusing capacity as a predictor of arterial oxygen desaturation during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *N Eng J Med* 310 : 1218—1221, 1984.
 - 17) 津島久孝, 岸本信人, 野上裕子, 他 : 肺機能検査による慢性肺気腫症の運動負荷時の血中酸素分圧低下の予測. 呼吸 8 : 648—652, 1989.
 - 18) 三島理晃 : 肺線維症における肺機能. 呼吸 16 : 1162—1166, 1997.
 - 19) Chick TW, Cagle TG, Vegas FA, et al : Recovery of gas exchange variables and heart rate after maximal exercise in COPD. *Chest* 97 : 276—279, 1990.
 - 20) 川上義和 : 慢性肺気腫・肺機能の問題点—運動負荷—. 日胸疾会誌 18 : 705—710, 1980.

ASSESSMENT OF GAS EXCHANGE DISTURBANCE IN PATIENTS WITH PNEUMOCONIOSIS

Osamu TAGUCHI¹⁾, Masao NAKAMURA¹⁾, Keizo CHIYOTANI¹⁾, Toshiharu FUYUKI²⁾,
Shinji OZAKI³⁾, Takumi KISHIMOTO³⁾, Kiyoshi MORIKAWA⁴⁾,
Kazushi SAKAMOTO⁴⁾ and Yutaka OOSAKI⁴⁾

¹⁾Keihai-Rosai Hospital, ²⁾Kanto-Rosai Hospital, ³⁾Okayama-Rosai Hospital,
⁴⁾Iwamizawa-Rosai Hospital

To assess gas exchange disturbance in patients with pneumoconiosis, we performed "50m-walking test" using pulse oximetry to those who are clinically stable 15 class 4 pneumoconiotic subjects and 12 normal volunteers. Where "50m-walking test" was performed to have the subjects with pulse oximetry walk on a corridor in 60 seconds. We adopted two parameters such as ΔSpO_2 (SpO_2 difference between the initial SpO_2 before the exercise and the lowest SpO_2 during or after the exercise) and HR recovery time (a time needed for recovery to the initial HR before exercise from the end of the exercise). The initial SpO_2 of all the subjects examined were more than 95%.

In normal volunteers, mean+2SD of ΔSpO_2 was less than 3% and mean+2SD of HR recovery time was less than 150 sec. By contrast, most of the pneumoconiotic subjects exceeded such criteria. These data were reproducible. If we increased the intensity of exercise by shortening the exercise time by 30 seconds, many of the pneumoconiotic subjects became exhausted. In addition, ΔSpO_2 did not always increase any further with much prolonged HR recovery time. The subjects with ΔSpO_2 more than 3% had %DLCO less than 60%. These results suggest that "50m-walking test" and above criteria may be useful for the assessment of gas exchange disturbance in patients with pneumoconiosis.