



Title	呼吸不全患者における運動制限因子に関する研究-特に運動負荷時の換気機能, 心機能の変動について-
Author(s)	千住, 秀明; 佐藤, 豪; 神津, 玲; 北川, 知佳
Citation	長崎大学医療技術短期大学部紀要 = Bulletin of the School of Allied Medical Sciences, Nagasaki University. 1992, 5, p.59-69
Issue Date	1992-03-31
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10069/18156">http://hdl.handle.net/10069/18156</a>
Right	

This document is downloaded at: 2018-11-18T16:37:07Z

# 呼吸不全患者における運動制限因子に関する研究 ——特に運動負荷時の換気機能，心機能の変動について——

千住 秀明<sup>1</sup> 佐藤 豪<sup>2</sup> 神津 玲<sup>2</sup> 北川 知佳<sup>2</sup>

**要 旨** 本研究の目的は慢性呼吸不全患者の運動負荷に対する心肺機能の変化から、運動制限因子を検索することである。対象者は、健常者40名と閉塞性障害者16名、拘束性障害者8名の、計64名であった。方法は対象者に多段階運動負荷試験を行い、換気機能、呼気ガス分析および心拍数を測定した。その結果は、慢性呼吸不全患者の耐容能が著しく低下していた。その原因は、換気障害で、閉塞性障害者は、呼吸数の低下による最大分時換気量の低下、拘束性障害者は一回換気量低下による最大分時換気量の低下が主因と考えられた。しかし、心機能は、運動負荷試験を中止するほど低下していなかった。

長大医短紀要5:59-69, 1991

**Key words** : 閉塞換気障害・拘束性換気障害・運動負荷試験・ガス分析・運動制限因子

## 1 目 的

慢性呼吸不全患者の日常生活は、旅行やショッピング等の外出を希望する者が多いが、実生活では家庭の中に閉じ込められ、ほとんど外出せず、テレビや読書で余暇を過ごしている<sup>1)</sup>。その原因は、動作時の息切れと外出時の酸素供給機器が患者のニーズに十分答えていないためである。後者に関しては近年、液体酸素システム、軽量タイプの酸素ボンベ、デマンドバルブと改善は著しいが、息切れの軽減法は十分検討されていない。今回我々は、健常者と慢性呼吸不全患者に運動負荷試験を行い、運動と息切れのメカニズムについて検討

し、健常者と慢性呼吸不全患者の運動制限因子の相違について若干の知見を得たので報告する。

## 2 対 象

対象は、理学療法の治療経験を有する慢性呼吸不全患者24名と心肺機能に異常のない健常者(N群)、男性2名、女性38名計40名、総計64名であった。慢性呼吸不全患者は、換気障害により閉塞性換気障害(O群)と拘束性換気障害(R群)とに分類した。O群は男性10名、女性6名、計16名、R群は男性5名、女性3名、計8名であった。N群の年齢、身長および体重は平均でそれぞれ63.4歳、151.3

1 長崎大学医療技術短期大学部 理学療法学科

2 保善会田上病院 理学療法科

cm, 52.3 kgであった。O群は、それぞれ65.6歳, 156.2 cm, 52.0 kgであった。R群は、それぞれ58.3歳, 155.2 cm, 45.2 kgであった。

慢性呼吸不全患者のO群の診断名は肺気腫8名, び慢性汎細気管支炎 (DPB) 4名, 慢性気管支炎, 気管支拡張症, 喘息および分類不能なCOPDそれぞれ1名である。R群の診断名は, Old TB 5名, じん肺症, マルファン症候群および確定診断のない慢性呼吸不全1名であった (表1)。

### 3 方法

#### 1) 測定項目

<形態計測・肺機能検査・動脈血ガス検査>

対象者に形態計測として身長, 体重を, 肺機能検査として%VC, FEV<sub>1.0%</sub>, MVVを, さらに患者群には動脈血ガス検査を行った。

<運動負荷試験>

対象者に運動負荷試験を行い, 一回換気量 (V<sub>T</sub>), 分時換気量 (V̇<sub>E</sub>), 呼吸数 (RR), 酸素摂取量 (V̇<sub>O<sub>2</sub></sub>), 二酸化炭素排出量 (V̇<sub>CO<sub>2</sub></sub>), 酸素摂取量/体重 (V̇<sub>O<sub>2</sub></sub>/W), 呼吸効率 (V̇<sub>O<sub>2</sub></sub>/V̇<sub>E</sub>), 心拍数 (HR) および酸素脈 (V̇<sub>O<sub>2</sub></sub>/HR) の測定を行った。

#### 2) 測定機器

肺機能検査はミナト医科学製オートスパイ

ロAS500で, 心拍数は, フクダエム.イー社製心電図テレメータで計測した。それ以外の換気量の測定は熱線流量計で, 呼気ガス分析はジルコニア酸素電極によるミナト医科学製レスピロモニターRM-200を用いてBreath-by-Breathで計測した。

#### 3) 運動負荷法

対象者に安静座位を10分間とらせた後, 健常者にはBruce法で, 慢性呼吸不全患者には, Sheffield and Reeves法あるいはNaughton法によりトレッドミルによる多段階運動負荷を, それぞれexhaustionするまで与えた。

#### 4) 解析方法

上記の測定機器よりPC-9801VMコンピュータでリアルタイムで20秒毎に心拍数, 換気量および呼気ガスデータを取り込み, 記録し下記の方法で解析した。

①安静座位 (rest) からexhaustionまでの各測定項目の増加率 (exhaustion/rest) および最大値の差の検定

②Astrandの予測最大心拍数に対するexhaustion時実測心拍数; %心拍数 (%HR), V<sub>Tmax</sub>/VC比およびdyspnea index (V̇<sub>E<sub>max</sub></sub>/MVV) の差の検定, 以上の検定は対応のない場合のt検定を使用し, 危険率5%以下を

表1 対象者の年齢・性別・身長・体重・診断名

	N群 M±SD	O群 M±SD	R群 M±SD
症例数 (人)	40	16	8
年齢 (歳)	63.4 ± 2.5	65.6 ± 7.1	58.3 ± 20.0
身長 (cm)	151.3 ± 5.4	156.2 ± 6.9	155.2 ± 11.3
体重 (kg)	52.3 ± 4.9	52.0 ± 7.4	45.2 ± 5.5
診断名		肺気腫 8 DPB 4 慢性気管支炎 1 気管支拡張症 1 喘息 1 COPD 1	OLD TB 5 じん肺 1 マルファン症候群 1 <u>慢性呼吸不全 1</u> 8例
		16例	

有意とした。

③酸素摂取量/体重 ( $\dot{V}_{O_2}/W$ ) と他の測定項目との相関分析

#### 4 結 果

##### 1) 肺機能検査, 動脈血ガス検査の結果

対象者の肺機能検査, 動脈血ガス検査の結果を表2に示した。N群, O群, R群の%VCは113.2%, 74.9%および38.6%で, FE

$V_{1.0\%}$ も85.1, 54.8, 78.2%で3群間に有意差があった。MVVは, 70.1, 33.3, 25.0L/minでN群とO群・R群の間に有意差があったが, O群とR群の間には有意差は認めなかった。O群はFEV<sub>1.0%</sub>が著明に低下し閉塞性換気障害を, R群は%VCが著明に低下し拘束性換気障害を示した。MVVはO群, R群はN群に比べと1/2以下の換気量であった。

表2 対象者の肺機能・動脈血ガス検査の結果

	健常者 N=40 (M±SD)	閉塞性肺疾患 N=16 (M±SD)	拘束性肺疾患 N=8 (M±SD)
%VC (%)	113.2 ± 18.7**	74.9 ± 18.6**	38.6 ± 9.4**
FEV <sub>1.0%</sub> (%)	85.1 ± 7.5**	54.8 ± 11.3**	78.2 ± 9.8**
MVV (L/min)	70.1 ± 19.2**	33.3 ± 12.6	25.0 ± 7.2
pH	—	7.391 ± 0.016	7.391 ± 0.03
P <sub>O2</sub> (torr)	—	72.8 ± 12.0	64.4 ± 14
P <sub>CO2</sub> (torr)	—	45.3 ± 4.8	49.2 ± 10.8

.. P<0.01

表3 対象者の運動負荷試験の結果

	Rest	Exhaustion	Exhaustion/Rest	
N 群 (N=40)	V <sub>T</sub> (ml)	480 ± 105	1330 ± 270	2.8
	$\dot{V}_E$ (L)	7.8 ± 1.8	52.0 ± 12.2	6.7
	RR (f)	17 ± 4	39 ± 6	2.3
	$\dot{V}_{O_2}/W^*$	3.5 ± 0.5	25.9 ± 5.4	7.4
	HR (beats)	79 ± 15	157 ± 17	2.0
	$\dot{V}_{O_2}/HR^{**}$	2.3 ± 0.4	8.5 ± 1.9	3.7
O 群 (N=16)	V <sub>T</sub> (ml)	540 ± 120	1000 ± 300	1.9
	$\dot{V}_E$ (L)	10.5 ± 3.9	30 ± 10.9	2.9
	RR (f)	20 ± 5	30 ± 7	1.5
	$\dot{V}_{O_2}/W^*$	4.1 ± 1.9	15.7 ± 7.4	3.8
	HR (beats)	79 ± 8	119 ± 21	1.5
	$\dot{V}_{O_2}/HR^{**}$	2.6 ± 1.1	6.6 ± 2.2	2.5
R 群 (N=8)	V <sub>T</sub> (ml)	400 ± 80	660 ± 230	1.7
	$\dot{V}_E$ (L)	11.2 ± 3.7	27.1 ± 10.0	2.4
	RR (f)	27 ± 8	42 ± 8.9	1.6
	$\dot{V}_{O_2}/W^*$	4.5 ± 0.9	12.4 ± 4.0	2.8
	HR (beats)	94 ± 12	121 ± 15.8	1.3
	$\dot{V}_{O_2}/HR^{**}$	2.1 ± 0.4	4.8 ± 2.0	2.3

\*(ml/min/kg)

\*\* (ml/kg/beats)

動脈血ガス検査は、O群が pH,  $P_{O_2}$ ,  $P_{CO_2}$  それぞれ 7.391, 72.8torr, 45.3torr, R群がそれぞれ 7.391, 64.4torr, 49.2torr で両群間に有意差はなかったが、呼吸不全の分類(厚生省呼吸不全研究班分類による)ではO群がI型, R群はII型呼吸不全であった。

2) 運動負荷によるN群, O群, R群の運動負荷試験の結果

①安静座位 (rest) から exhaustion 時までの各測定項目の増加率 (exhaustion/rest) および最大値 (表3)

N, O, R群の安静座位時から exhaustion 時までの変移を表3に示した。

exhaustion 時の  $V_{Tmax}$ ,  $\dot{V}_{Emax}$ ,  $RR_{max}$ ,  $\dot{V}_{O_2}/W_{max}$ ,  $HR_{max}$  および酸素脈 ( $\dot{V}_{O_2}/HR$ ) は,  $V_{Tmax}$ , 酸素脈がN群に比べO群が, O群に比べR群が各々有意に少なかった。  $\dot{V}_{Emax}$ ,  $\dot{V}_{O_2}/W_{max}$  および  $HR_{max}$  は, N群に比べO群, R群が各々有意に少なく, O群, R群には有意差はなかった。  $RR_{max}$  はR群が最も多く, R群に比べO群が有意に低値であったがN

群とR, O群の有意差はなかった (図1-a)。

② $V_{Tmax}/VC$ 比, dyspnea index および%HR

exhaustion 時 N, O, R群の  $V_{Tmax}/VC$  比は, 50.7, 48.6, 52.3, dyspnea index は 0.77, 1.02, 0.91, %HR は 100%, 75%, 76% であった。  $V_{Tmax}/VC$  比は, N, O, R群に有意差はなく共に約50%であり,  $V_T$  の最大値は慢性呼吸不全の有無, 換気障害の相違に関係なく, VCの1/2であった。 dyspnea index および%HR は, N群とO, R群の有意の差があったが, O群とR群の間に有意差はなかった。以上のことからN群は心機能に限界が, O, R群では換気機能が限界に達して, それぞれ運動を中止していた (図1-b)。

③酸素摂取量/体重 ( $\dot{V}_{O_2}/W$ ) と他の測定項目との相関分析

運動中の  $\dot{V}_{O_2}/W$  と  $V_T$ ,  $\dot{V}_E$ ,  $RR$ ,  $\dot{V}_{O_2}/W$  と  $\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E$ ,  $HR$  および酸素脈を図2-7に, それぞれの単回帰式, 相関係数, 両側確率を表4に示した。

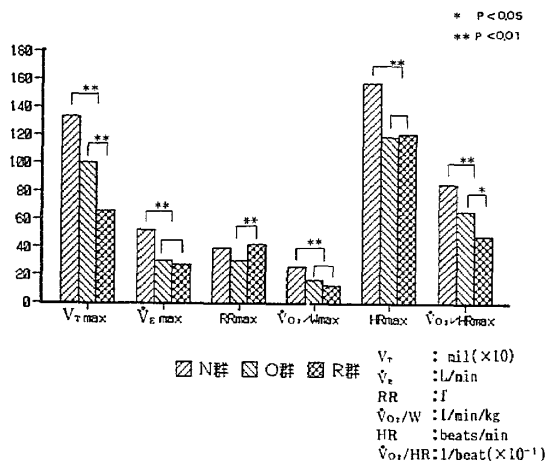


図1-a 健常者・閉塞性・拘束性障害者  $V_T$ ・ $\dot{V}_E$ ・ $\dot{V}_{O_2}/W$ ・ $RR$ ・ $\dot{V}_{O_2}/HR$  の最大値

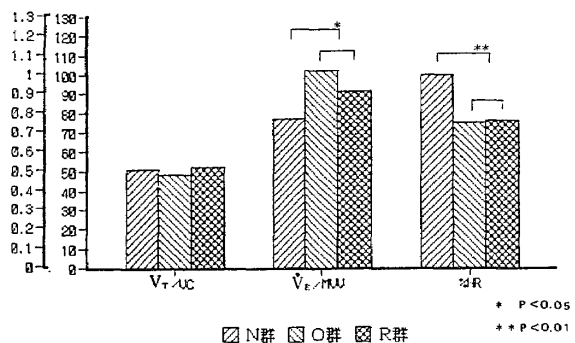


図1-b 健常者・閉塞性・拘束性換気障害者  $V_T/VC$ 比・ $\dot{V}_E/MVV$ 比・%HR

表4 運動中の $\dot{V}_{O_2}/W$ に対する各パラメーターの単回帰式, 相関係数, 両側確立

		単回帰式	r	P <
N 群 (N=40)	$V_T$ (ml)	$V_T = 38.90 \dot{V}_{O_2}/W + 335$	0.918	0.001
	$\dot{V}_E$ (L)	$\dot{V}_E = 1.736 \dot{V}_{O_2}/W + 0.23$	0.949	0.001
	RR (f)	$RR = 0.769 \dot{V}_{O_2}/W + 15.0$	0.783	0.001
	$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E = 0.293 \dot{V}_{O_2}/W + 31.7$	0.382	0.001
	HR (beats)	$HR = 3.20 \dot{V}_{O_2}/W + 74.3$	0.870	0.001
	$\dot{V}_{O_2}/HR$	$\dot{V}_{O_2}/HR = 0.320 \dot{V}_{O_2}/W + 1.28$	0.764	0.001
O 群 (N=16)	$V_T$ (ml)	$V_T = 24.15 \dot{V}_{O_2}/W + 542$	0.360	0.001
	$\dot{V}_E$ (L)	$\dot{V}_E = 1.600 \dot{V}_{O_2}/W + 4.94$	0.863	0.001
	RR (f)	$RR = 1.607 \dot{V}_{O_2}/W + 12.3$	0.516	0.001
	$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E = 0.944 \dot{V}_{O_2}/W + 17.4$	0.541	0.001
	HR (beats)	$HR = 2.23 \dot{V}_{O_2}/W + 76.9$	0.472	0.001
	$\dot{V}_{O_2}/HR$	$\dot{V}_{O_2}/HR = 0.448 \dot{V}_{O_2}/W + 0.44$	0.885	0.001
R 群 (N=8)	$V_T$ (ml)	$V_T = 21.27 \dot{V}_{O_2}/W + 393$	0.395	0.001
	$\dot{V}_E$ (L)	$\dot{V}_E = 1.171 \dot{V}_{O_2}/W + 7.12$	0.757	0.001
	RR (f)	$RR = 1.091 \dot{V}_{O_2}/W + 21.6$	0.413	0.001
	$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}/\dot{V}_E = 0.920 \dot{V}_{O_2}/W + 19.1$	0.537	0.001
	HR (beats)	$HR = 4.30 \dot{V}_{O_2}/W + 76.0$	0.716	0.001
	$\dot{V}_{O_2}/HR$	$\dot{V}_{O_2}/HR = 0.247 \dot{V}_{O_2}/W + 1.16$	0.836	0.001

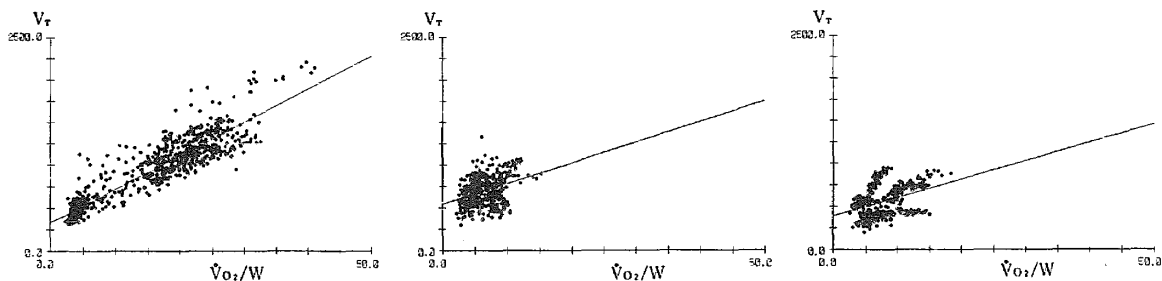


図2 - a N群の運動 ( $\dot{V}_{O_2}/W$ ) と一回換気量 ( $V_T$ )  
 図2 - b O群の運動 ( $\dot{V}_{O_2}/W$ ) と一回換気量 ( $V_T$ )  
 図2 - c R群の運動 ( $\dot{V}_{O_2}/W$ ) と一回換気量 ( $V_T$ )

図2 運動と1回換気量

### 1. 運動強度と $V_T$

運動の強度と  $\dot{V}_{O_2}/W$  が相関することから、しばしば  $\dot{V}_{O_2}/W$  は運動強度の指標として用いられてきた。以下我々も運動強度を  $\dot{V}_{O_2}/W$  で表した。

N, O, R 群の  $V_T$  は、運動強度と比例して増加する。N 群は運動強度が増加するに従って分散は大きくなる。O 群では運動の初期か

ら分散が大きく  $V_T$  のバラツキが大きい。R 群は運動強度が小さい時は分散が少ないが、運動強度が増加するに従い、急速に増加する群、N 群と同様の増加を示す群、 $V_T$  が全く増加しない3群に分かれた。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N 群 38.90 に比べ O, R 群は 24.15, 21.27 と小さく、運動に対する  $V_T$  の上昇率が低い (図2)。

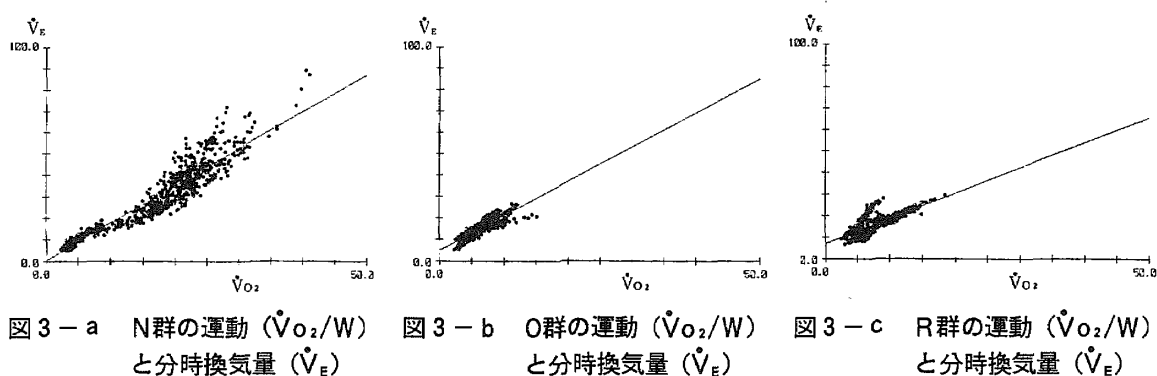


図3 運動と分時換気量

### 2. 運動強度と $\dot{V}_E$

N, O, R群の  $\dot{V}_E$  は、運動強度と比例して増加した。N群は運動強度が増加するに従って著しく分散し、運動強度の最大値では個人差が大きかった。O, R群はN群に比べ分散が小さく、個人差が少ない。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N群 1.736 に比べO群 1.600, R群は 1.171 と小さく、

運動にたいする  $\dot{V}_E$  の上昇率は、N, O, R群の順に高かったが、単回帰式での運動強度の原点を通る  $\dot{V}_E$  が、N, O, R群がそれぞれ、0.23, 4.94, 7.12 と、同じ運動強度に対する  $\dot{V}_E$  がO, R群では大きいことを示し、O, R群は、運動強度に対する増加率が少ないが、同じ動作を行うにも多くの換気量が必要なことを示した (図3)。

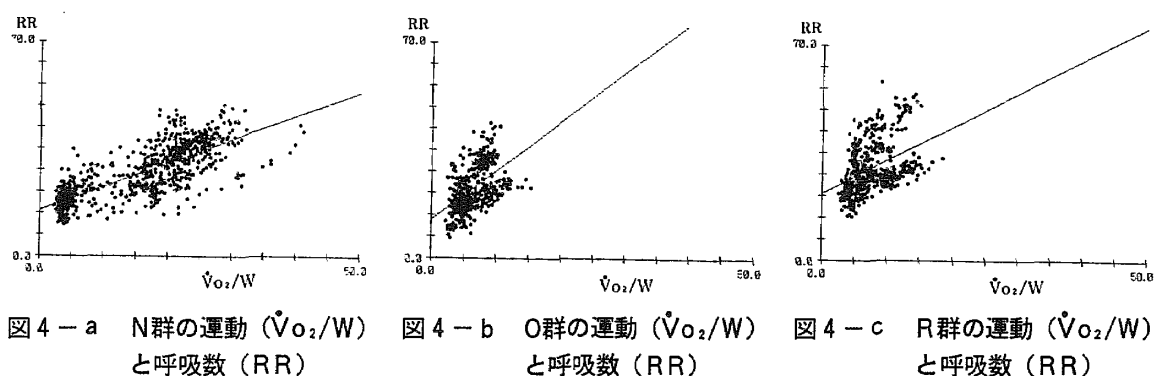


図4 運動と呼吸数

### 3. 運動強度と RR

N, O, R群の RR は、運動強度と比例して増加する。運動強度増加に対する RR の分散は各群間の相違は少ないが、N群に比べO, R群の分散が大きい傾向を示した。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N群 0.769 比べO群 1.607, R群は 1.091 と大きく、運動に対する RR の上昇率は、N, R,

O群の順に低かったが、単回帰式での運動強度の原点を通る RR が、N, O, R群それぞれ、15.0, 12.3, 21.6 と、同じ運動強度に対する RR がR群では著しく大きいことを示し、R群は、運動強度に対する増加率がO群に比べ少ないが、少ない運動強度でも RR が多いことを示した (図4)。

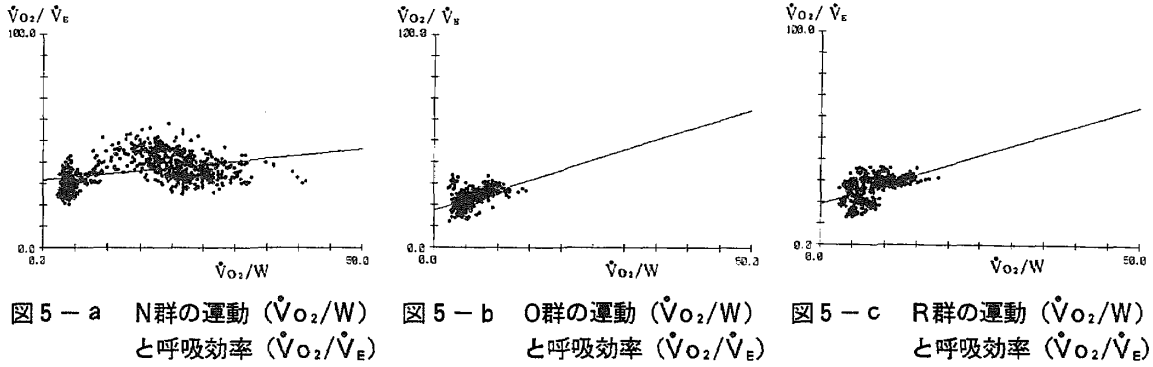


図5 運動と呼吸効率

4. 運動強度と  $\dot{V}O_2/\dot{V}_E$

N, O, R 群の呼吸効率は、運動強度と比例して増加する。N 群は、20ml/min/kg 付近でプラトー（最大値）を示し、その後は徐々に低下するが、O, R 群は、増加の一途を辿り、プラトーに達しない。運動強度増加に対する呼吸効率の分散は N 群では大きく、O, R 群は、運動強度の増加に伴い少なくなる。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N 群 0.293 に比べ O 群 0.944、R 群は 0.920 と大きい。運動にたいする呼吸効率の上昇率は、O, R, N 群の順に高く、N 群では著しく少ない。単回帰式での運動強度の原点を通る呼吸効率が、N, O, R 群それぞれ、31.7、17.4、19.1 と、同じ運動強度に対する呼吸効率が N 群では著しく大きく、N 群は、運動強度に対する増加率は少ないが、換気効率が優れていることを示した（図5）。

ば、N 群 0.293 に比べ O 群 0.944、R 群は 0.920 と大きい。運動にたいする呼吸効率の上昇率は、O, R, N 群の順に高く、N 群では著しく少ない。単回帰式での運動強度の原点を通る呼吸効率が、N, O, R 群それぞれ、31.7、17.4、19.1 と、同じ運動強度に対する呼吸効率が N 群では著しく大きく、N 群は、運動強度に対する増加率は少ないが、換気効率が優れていることを示した（図5）。

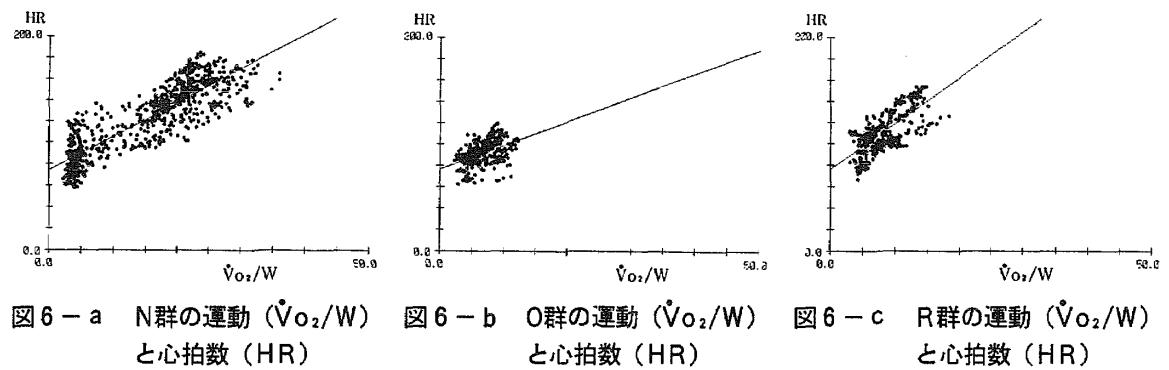


図6 運動と心拍数

5. 運動強度と HR

N, O, R 群の HR は、運動強度と比例して増加する。分散や単回帰式での運動強度の原点を通る HR は、各群間ほぼ同様の傾向を示した。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N 群 3.20、O 群 2.23 に比べ、R 群は 4.30 と大きく、運動にたいする HR の上昇率は、R 群で著しく大きかった。（図6）。

示した。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N 群 3.20、O 群 2.23 に比べ、R 群は 4.30 と大きく、運動にたいする HR の上昇率は、R 群で著しく大きかった。（図6）。



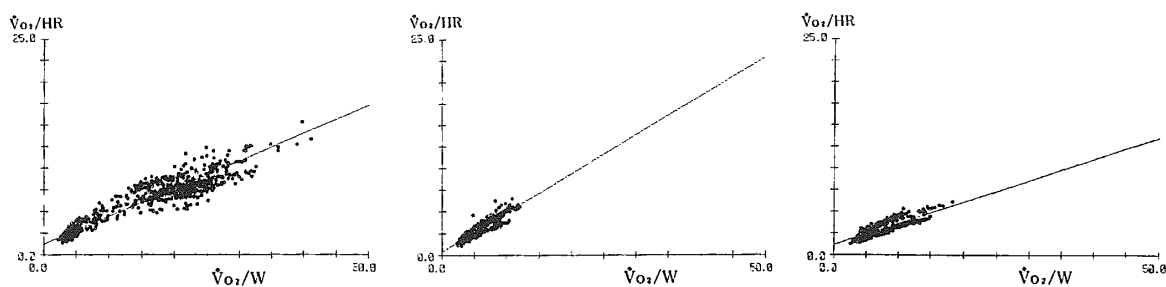


図7-a N群の運動 ( $\dot{V}O_2/W$ ) と酸素脈 ( $\dot{V}O_2/HR$ )      図7-b O群の運動 ( $\dot{V}O_2/W$ ) と酸素脈 ( $\dot{V}O_2/HR$ )      図7-c R群の運動 ( $\dot{V}O_2/W$ ) と酸素脈 ( $\dot{V}O_2/HR$ )

図7 運動と酸素脈

## 6. 運動強度と酸素脈

N, O, R群の酸素脈は、運動強度と比例して増加する。N群は、20ml/min/kg付近でプラトー(最大値)を示し、その後は最大値を維持するが、O, R群は、増加の一途を辿り、プラトーに達しない。運動強度増加に対する酸素脈の分散はN群では大きく、O, R群は少ない。回帰係数から運動強度に対する増加率をみれば、N群0.320に比べO群0.448と大きく、R群は0.247と小さい。運動に対する酸素脈の上昇率は、O群が著しく高かったがN群に比べ最大値は少なかった(図7)。

## 5 考 察

慢性呼吸不全患者の息切れの原因は、換気障害だけでなく、ガス交換障害、呼吸筋疲労、呼吸調節異常、肺性心、栄養障害等さまざまな因子が関与しているが、本論文では換気機能障害を中心に息切れのメカニズムを検討した。慢性呼吸不全患者の自覚症は段階や坂道を上る日常生活で、息切れを自覚し、初めて病院を訪れる者、また、病棟ではトイレや看護婦詰所、階段の踊り等で呼吸困難に喘ぐ患者、理学療法部でも息切れのため極軽度の運動療法を度々中断する患者を多く経験してきた。これらは全て、呼吸困難から起こる運動制限である。人は様々な活動を行なうと酸素の需要が増してくる。運動の強度が弱い場合は、酸素需要量(oxygen requirement)と酸

素摂取量(oxygen uptake)のバランスが取れ、定常状態(steady state)となるが、運動強度が強い場合は、酸素需要量が酸素摂取量を越え、酸素不足が生じて筋肉中に乳酸が蓄積し、やがて運動ができなくなる<sup>2)</sup>。

この運動制限のメカニズムは、呼吸不全患者や健常者にも適応される。従って様々な運動強度での運動制限は、個人の持つ酸素摂取量に左右されることになる。我々の運動負荷試験においても、酸素摂取量はN群が安静坐位からexhaustionまで、3.5から25.9ml/min/kgへ約7.4倍の増加が可能なのに対して、O群では4.1から15.7ml/min/kgへ約3.8倍、R群は4.5から12.4ml/min/kgへ2.8倍までで、その差は著明であった。しかも安静座位での酸素摂取量はO, R群がN群より大きく、同じ座位を保持するにも多くの酸素が必要であった。

このような慢性呼吸不全患者の最大酸素摂取量の制限は、換気が強い影響を与えるといわれている<sup>3)4)5)</sup>。我々の $\dot{V}_{E\max}$ の結果においてもN群が52.0L/min/minに対して、O, R群30.3, 27.1L/minで著明に少なく、exhaustion時の呼吸困難の指標であるdyspnea indexは、N群は0.77と予備力を持っているが、O群では1.02と換気の限界を越え、R群では0.91と換気がほぼ限界に達して、明らかに慢性呼吸不全患者に換気制限が認められた。

呼吸効率の関係から O, R 群は、同じ運動強度でも多くの  $\dot{V}_E$  を必要とし、呼吸効率が N 群に比べ O, R 群が低い。これは運動中の換気が  $\dot{V}_E = 283 \cdot \dot{V}_{CO_2} / P_{CO_2} (1 - V_D / V_T)$  で示されるように、 $V_T$  が  $\dot{V}_E$  に強い影響を与えている。運動中  $V_T$  は N 群に比べ O, R 群の運動強度が増加率も  $V_{Tmax}$  も少ない。慢性呼吸不全患者の運動中の  $\dot{V}_E$  は死腔換気量が多く換気が無駄に dead space に捨てられ、呼吸効率が低下したものと考えられる。

また、 $\dot{V}_E$  は  $V_T$  と RR の積であることから運動中の  $V_T$  と RR が  $\dot{V}_E$  の制限因子を知る上で一つの手がかりとなる。一般に  $V_T$  と RR は、呼吸の仕事量を最小にするように自己制御されているといわれている<sup>6)</sup>。  $V_{Tmax}$  は、 $V_{Tmax} / VC$  で示されるように、健常、肺障害の有無に関わらず %VC の 50% が最大値と考えられている<sup>7,8)</sup>。従って、 $V_{Tmax}$  が N, O, R 群で 1330, 1000, 660ml と N 群に比べ、O, R 群著しく少なくても、 $V_{Tmax} / VC$  比が N, O, R 群それぞれ 50.7, 48.6, 52.3 で有意差がないことから、 $V_{Tmax}$  は、上限に達していると考えられる。このことから O 群の  $V_T$  は僅かに上昇させる可能性を残しているが、これ以上の  $V_T$  の増加は困難と考えるのが妥当であろう。RRmax は N, O, R 群 39, 30, 42f で、R 群が O 群に比べ著明に大きい。O 群は RR を増して換気量を増そうとするが気道閉塞のために増加できず、また、R 群は  $V_T$  を増加しようとするが %VC の低下のために増加できず、RR を N 群以上に高めて換気量を増加させている。沖本によれば、運動中の RR の増加は健常者は呼気時間の短縮で、閉塞性障害者は吸気時間の短縮で、拘束性障害者は、呼気、吸気時間の短縮で行われていると報告し<sup>3)</sup>、閉塞性障害者は呼気延長のために呼吸数を増加させにくいことを示唆している。

運動制限のもう 1 つの因子に心機能がある。N 群では exhaustion 時の %HR が 100% と限

界に達しているのに O, R 群では 75, 76% とまだまだ慢性呼吸不全患者は心機能に予備力を残している。心臓の一回拍出量は、運動強度が増加するに従い、ある点までは直線的に増加するが、やがてプラトーに達し、その後の心拍出量は HR の増加で補うと言われている<sup>9)</sup>。一回拍出量の指標である酸素脈は、N 群 8.5 に比べて O, R 群は 6.6, 4.8 と著しく少なく、梅本<sup>9)</sup>、Filly<sup>10)</sup> の慢性呼吸不全患者の運動時の心拍出量が低下しているという報告と一致する。しかし、%HR に予備力を残していることから、酸素脈がプラトーに達する前に換気制限で運動を中断したと考えられる。

以上のことから慢性呼吸不全患者の息切れを改善する手段として下記のことが示唆された。

1. 慢性閉塞性障害には、運動中の  $V_T$  を増加させ、死腔換気量を減少させ、呼吸効率を高めること。
2. 慢性閉塞性障害には、FEV<sub>1.0</sub> と RR を増加させること。
3. 拘束性換気障害には、%VC の増加を計り、 $V_{Tmax}$  の増加から最大酸素摂取量を高めること。
4. 慢性呼吸不全患者には、呼吸効率の最も高いレベルでの換気運動を修得させること。
5. 慢性呼吸不全患者には最大酸素摂取量に限界があることから、患者の最大酸素摂取量の範囲内で酸素不足の起こらない運動強度で、日常生活をおこなうこと。

## 6 ま と め

理学療法の治療経験を有する慢性呼吸不全患者 23 名と心肺機能に異常のない健常者 40 名、計 64 名を対象に運動負荷試験を行い、息切れのメカニズムや運動制限因子について検討した。その結果、運動能力を規定する因子は、健常者では主に心機能で、慢性呼吸不

全患者では換気機能であった。慢性呼吸不全の換気障害の中でも閉塞性障害は、呼吸数が制限され、拘束性障害では  $V_T$  が制限されていた。心機能は運動負荷試験を中止するほど低下していなかった。

## 7 参考文献

- 1) 千住秀明, 勝野久美子, 浦田秀子, 坂口明子, 佐藤豪, 神津玲, 吉川卓司, 木村謙太郎: 慢性呼吸不全患者の生活状況調査. 理学療法学 17: 469-475. 1990.
- 2) 進藤宗洋: 運動療法の基礎知識. 運動療法の実践, 荒川規男, 河合忠一編: 南江堂, 1991, pp13-36.
- 3) 沖本二郎: 呼吸器障害患者における運動制限因子に関する一特に運動負荷時の肺機能と血中乳酸血の変動について一, 日胸疾会誌 20: 59-68. 1982.
- 4) 直江弘明, 副島林造, 小林武彦, 松島敏春, 入江淑美, 坂梨朱美, 福田芳美: 正常人および換気障害患者における運動能力制限因子について, 日胸疾病会誌 16: 693. 1982.
- 5) 栗原直嗣, 藤本繁夫: 慢性肺疾患の運動時の換気. 呼吸 9: 287-291. 1990.
- 6) Mead J.: Control of respiration frequency. J Appl Physiol 15: 325-336. 1960.
- 7) Jones N L, Jones G, Edward R H T.: Exercise tolerance in chronic airway obstruction, Am. Rev. Rrspir. Dis., 103: 477. 1971.
- 8) 蝶名林直彦, 野口昌幸, 中田一郎, 田英明, 谷本晋一, 加藤光恵, 遠藤和彦, 野村秀樹: 肺気腫症患者における多段階負荷試験の評価に関する研究, 厚生省特定疾患呼吸不全研究班. 昭和 63 年研究業績集, pp114-118
- 9) 梅田博道, 鈴木清: 機能訓練としての運動負荷試験, 呼と循 16: 501. 1968.
- 10) Filley G F, Beckwitt H J, Reeves J T, Mitchell R C, : Chronic obstructive pulmonary disease. 2. Oxygen transport in two clinical types. Am. J. Med., 44: 26, 1968.

(1991年12月28日受理)

Studies on the Exercise Limitation Factor in Patient  
with Respiratory Diseases.

— With Special Reference to Change Cardiopulmonary  
Function During Progressive Exercise Test. —

Hideaki SENJYU<sup>1</sup>, Tuyoshi SATOU<sup>2</sup>, Ryo KOZU<sup>2</sup>, Chika KITAGAWA<sup>2</sup>

- 1 The School of Allied Medical Science Nagasaki University  
physical Therapy Department
- 2 Hozenkai Tagami Hospital.

**Abstract** The purpose of this study is to evaluate the differences of cardio-pulmonary responses among normal, obstructive lung disease and restrictive lung disease. The measurements taken were  $V_T$ ,  $\dot{V}_E$ , RR,  $\dot{V}_{O_2}$ ,  $\dot{V}_{CO_2}/W$ , HR and  $\dot{V}_{O_2}/HR$ .

The results are as follows:

1. Obstructive lung disease and restrictive lung disease were weaker in exercise tolerance than normal subjects, which seems to be caused by the deterioration of ventilation function and gaseous metabolic observed in those patients.
2. Obstructive lung disease of the limiting factor of exercise tolerance was  $\dot{V}_E$  and RR. Restrictive lung disease of the limiting factor of exercise tolerance was  $V_T$ .
3. However the cardiac function of those patients failed to be so bad that they could not continue the exercise.

Bull. Sch. Allied Med. Sci., Nagasaki Univ. 5 : 59-69, 1991