

呼吸機能障害が右心血行動態に及ぼす影響について

—塵肺症例を対象とした検討—

大坪 光典¹⁾, 高野 英行¹⁾, 五十嵐 毅²⁾中野 郁夫²⁾, 木村 清延²⁾, 加地 浩²⁾¹⁾ 岩見沢労災病院循環器科, ²⁾ 同 内科

(平成18年2月20日受付)

要旨: 【背景】慢性呼吸器疾患を対象とした心機能と呼吸機能に関する報告が散見されるが、呼吸機能障害の重症度と右心血行動態の指標が関連するか検討した報告は少ない。

【目的】塵肺症例を対象として、呼吸機能と右心系血行動態との関連性を検討する。

【対象と方法】対象は塵肺患者24例(全例男性, 70.1 ± 7.4歳)。心エコーを用いて左室駆出率(EF), 収縮期肺動脈圧(PAP)を測定した。ドプラー法により右室流入路血流波形を記録し、心房収縮波(A波)と急速流入波(E波), これらの比(A/E), E波の加速時間(E AcT), E波の減速時間(E DcT), 等容拡張時間(IRT)を測定した。また右室流出路収縮期血流波の加速時間(RVOT AcT), 減速時間(RVOT DcT), 駆出時間(RVOT ET), 最大血流速度(RVOT PFV)を計測した。呼吸機能の指標として1秒量・1秒率・%肺活量を測定するためにスパイロメトリーを施行し、心エコーの各指標とスパイロメトリーの各指標との相関を検討した。

【結果】心エコーの結果はEF 58.9 ± 6.9%, PAP 26.1 ± 14.2mmHg。スパイロメトリーの測定値は1秒量 1.55 ± 0.6L, 1秒率 54.2 ± 16.1%, %肺活量 89.9 ± 16.3%だった。1秒量はRVOT AcT, RVOT AcT/ETと有意に相関し(AcT $r = 0.62$, $p < 0.01$; AcT/ET $r = 0.57$, $p < 0.01$), 1秒率はE AcT, RVOT AcT, RVOT AcT/ETと相関を示した(E AcT $r = 0.44$, $p < 0.05$; RVOT AcT $r = 0.45$, $p < 0.05$; AcT/ET $r = 0.42$, $p < 0.05$)。%肺活量はA wave, A/E, RVOT AcTと相関していた(A wave $r = -0.46$, $p < 0.01$; A/E $r = -0.60$, $p < 0.01$; RVOT AcT $r = 0.41$, $p < 0.05$)。PAPは1秒量および%肺活量と相関を示す傾向にあったが統計的に有意ではなかった(1秒量 $r = -0.37$, $p = 0.08$; %肺活量 $r = -0.39$, $p = 0.06$)。一方, PAPとA/Eの間には有意な相関関係が認められた($r = 0.61$, $p < 0.01$)。

【結語】RVOT AcTおよびRVOT AcT/ETは呼吸機能障害の重症度を反映する指標になり得ると考えられた。また呼吸機能障害の程度が強ければ肺動脈圧が高値を示す傾向が認められ、肺動脈圧の上昇は右室拡張能障害と関連していると考えられた。

(日職災医誌, 54: 72—78, 2006)

—キーワード—

塵肺, 心血行動態, 心エコー

はじめに

慢性閉塞性肺疾患^{1)~3)}や原発性肺高血圧症⁴⁾, 肺塞栓症⁵⁾などの呼吸器疾患を対象として、呼吸機能障害における右心血行動態を評価した報告が散見される。しかし、呼吸機能障害の重症度と右心系血行動態の関連性を検討した報告は数少ない⁶⁾。また塵肺症例を対象とした検討

は、これまでに報告がない。

本研究では、心エコーを用いて塵肺症例の右心血行動態を評価し、呼吸機能障害例における右心血行動態の特徴を検討したので報告する。

対象と方法

対象は当院内科へ通院中の塵肺症例24例。年齢は70.1 ± 7.4歳, 全例男性。低左心機能例では右心系への負荷が予想されるため、左室駆出率(LVEF)50%以下の症例は除外した。また、全例洞調律の症例とした。

心機能の評価は体表心エコーを用いて行った。Bモード法で心内径を測定し、Mモード法でLVEF・左室短縮率(%FS)を測定した。次いで右心行動態を評価するために、パルスドプラー法により右室流入路血流波・右室流出路血流波をそれぞれ記録し、これらの波形の血流速度や持続時間・減衰時間を計測した。右室流入路血流波(図1)から心房収縮波(A波)、急速流入波(E波)の速度(cm/sec)を計測した。肺動脈弁が閉鎖してからE波の開始までの時間を等容拡張時間 isovolumic relaxation time (IRT : msec)として測定し、E波の開始から頂点に達するまでを加速時間 acceleration time (E AcT : msec)、頂点からE波の終点までを減速時間 deceleration time (E DcT : msec)として測定した。また右室流出路血流波形(図2)から駆出波形の速度 peak flow velocity (RVOT PFV : cm/sec)を求めた。駆出波形の開始から肺動脈弁が閉鎖するまでの時間を駆出時間 ejection time (RVOT ET : msec)とし、駆出波形の開始から頂点までを acceleration time (RVOT AcT : msec)、頂点から肺動脈弁が閉鎖するまでを減速時間 deceleration time (RVOT DcT : msec)として測定した。これらの指標は心拍数の影響を受けるため⁷⁾、心エコー施行時に記録した心電図のRR間隔(sec)の平方根で除した値を補正值とし、この補正值を用いて検討した。

呼吸機能はスパイロメトリーを用いて評価し、1秒率・1秒量・%肺活量をそれぞれ測定した。次に上記の心エコーで求めた心行動態の各指標と、スパイロメト

リーで得られた各指標の相関を検討した。さらに肺動脈圧と、心行動態・スパイロメトリーの各指標との相関についても検討した。

測定値の数値は平均±標準偏差で表示した。相関関係の検定はピアソンの相関係数を用いて行った。相関係数をrとして表し、危険率 $p < 0.05$ をもって統計学的に有意とした。

結 果

表1に心エコー、スパイロメトリーの測定値を示す。LVEFは $58.9 \pm 6.9\%$ 、%FSは $34.2 \pm 4.8\%$ であり、対

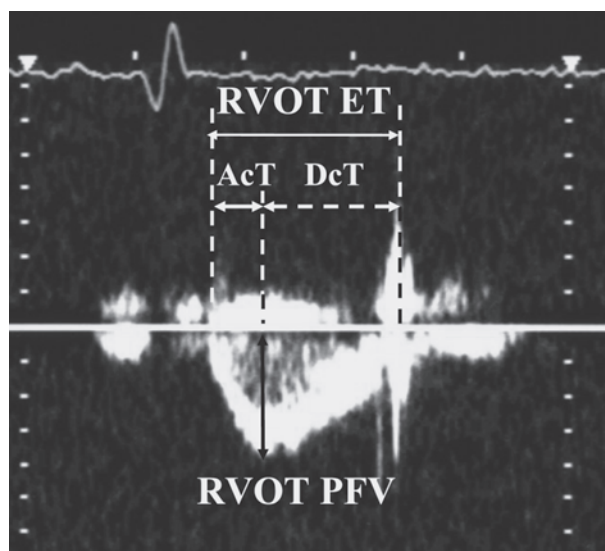


図2 右室流出路血流波形

RVOT PFV : 右室流出路駆出波速度 right ventricular outflow peak flow velocity (cm/sec)

RVOT ET : 右室流出路駆出時間 right ventricular outflow ejection time (msec)

AcT : 加速時間 acceleration time (msec)

DcT : 減速時間 deceleration time (msec)

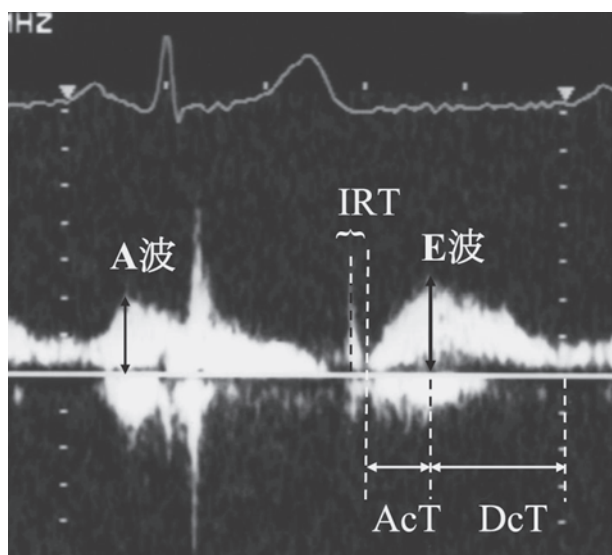


図1 右室流入路血流波形

A波 : 心房収縮波

E波 : 急速流入波

IRT : 等容拡張時間 isovolumic relaxation time (msec)

AcT : 加速時間 acceleration time (msec)

DcT : 減速時間 deceleration time (msec)

表1 心エコー・スパイロメトリーの測定値

EF (%)	58.9 ± 6.9
FS (%)	34.2 ± 4.8
PAP (mmHg)	26.1 ± 14.2
A wave (cm/sec)	48.1 ± 9.2
E wave (cm/sec)	47.3 ± 8.5
A/E	1.0 ± 0.3
IRT (msec)	43.3 ± 16.7
E AcT (msec)	112.3 ± 38.9
E DcT (msec)	206.3 ± 57.7
RVOT AcT (msec)	144.1 ± 51.5
RVOT DcT (msec)	225.8 ± 33.4
RVOT ET (msec)	264.8 ± 57.1
RVOT PFV (cm/sec)	72.1 ± 10.9
1秒量 (l)	1.55 ± 0.6
1秒率 (%)	54.2 ± 16.1
%肺活量 (%)	89.9 ± 16.3

象例の左室収縮能が保たれていることが確認された。また肺動脈圧は 26.1 ± 14.2 mmHgと正常範囲内だった。呼吸機能の指標は1秒量 1.55 ± 0.6 L, 1秒率 $54.2 \pm 16.1\%$, %肺活量 $89.9 \pm 16.3\%$ であり, 閉塞性呼吸機能障害を呈していた。

呼吸機能と心行動態の相関を検討してみると, 1秒量はRVOT AcT・RVOT AcT/ETと有意な相関を示し, RVOT ET・RVOT DcT/ETと正の相関を示す傾向にあったが, 統計的に有意ではなかった(表2, グラフ1A・B)。1秒率はE AcT・RVOT AcT・RVOT AcT/ETと相関していた(表3, グラフ2A~C)。%肺活量はA wave・A/E比・RVOT AcTと有意に相関し, RVOT AcT/ETと相関を示す傾向にあったが統計的に有意ではなかった(表4, グラフ3A~C)。

また肺動脈圧と呼吸機能の指標の関係では, 肺動脈圧は1秒量・%肺活量と相関する傾向にあったが統計的に

有意ではなかった。一方, 右心行動態の指標のうちA/E比・E AcTと有意に相関していた(表5, グラフ4A・B)。

考 察

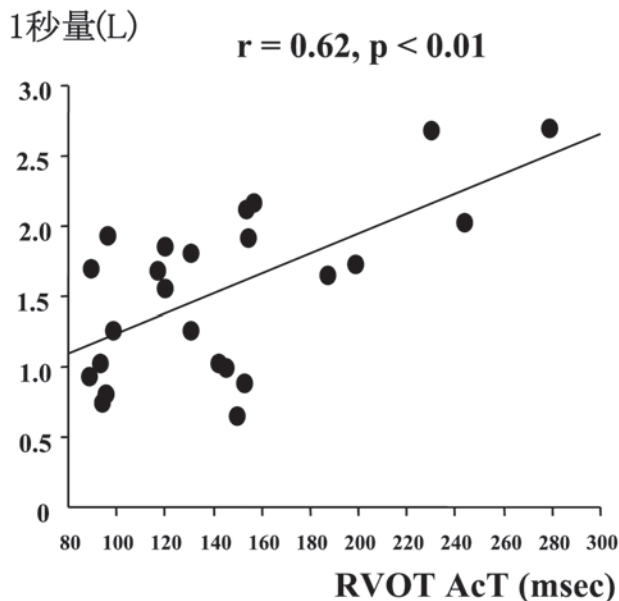
本研究により, ①1秒量および1秒率はRVOT AcT・RVOT AcT/ETと有意な正の相関を示し, ②%肺活量はA波・A/E比と負の相関を示す一方でRVOT AcTと有意な正の相関を持ち, ③肺動脈圧は1秒量および%肺活量と負の相関を示す傾向がある一方でA/E比・E AcTと有意に相関することが示された。

今回対象とした塵肺症例は, 閉塞性呼吸機能障害が主体であった。閉塞性呼吸機能障害では, 肺血管床の減少⁸⁾, 低酸素血症による肺内血管の攣縮, 二次性多血症に伴う血液粘稠度の増加等が生じるとされている^{9)~11)}。これらの器質的・機能的異常により右室の後負荷が増大し, 肺動脈コンプライアンスの低下が生じることが考えられる。この結果, 右室から肺動脈への血流の立ち上がりが急峻となり, 閉塞性呼吸機能障害の程度が重症である程, RVOT AcTの短縮やRVOT AcT/ETの低下を来したものと推測された。慢性閉塞性肺疾患を対象とした過去の検討^{1) 2)}でも, 肺高血圧症を合併した症例ではRVOT AcTが短縮することが報告されており, 今回の結果を支持する内容であると考えられる。

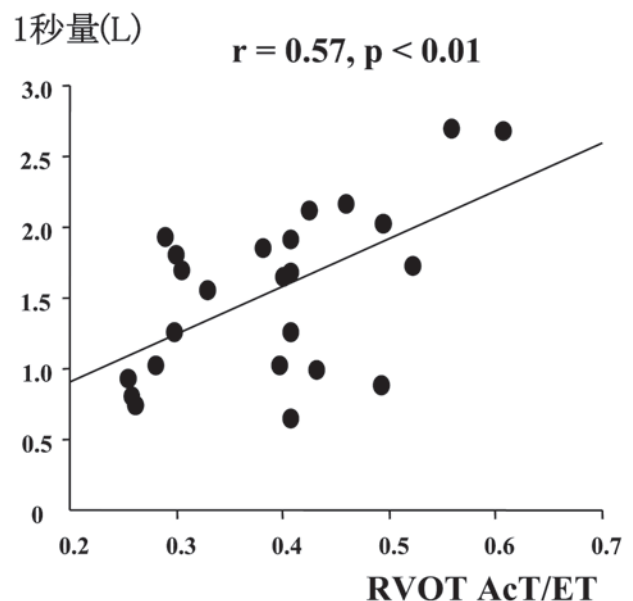
拘束性呼吸機能障害の指標である%肺活量は, 右室流入路血流波・流出路血流波の一部の指標と関連していた。特にA/E比と負の相関を認めることは, 拘束性呼吸機能障害と右室拡張能障害の関連を示唆する興味深い結果であったが, 今回の検討ではこの現象を説明し得る機序は不明であった。これまでに, 慢性閉塞性肺疾患例

表2 1秒量と心エコーによる右心行動態指標の相関

	相関係数	p value
A wave	0.151	NS
E wave	0.025	NS
A/E	0.196	NS
IRT	0.089	NS
E AcT	0.317	NS
E DcT	0.117	NS
RVOT AcT	0.622	< 0.01
RVOT DcT	0.081	NS
RVOT ET	0.399	0.05
RVOT PFV	0.053	NS
RVOT AcT/ET	0.568	< 0.01
RVOT DcT/ET	0.402	0.05



グラフ1A 1秒量と右室流出路血流波加速時間

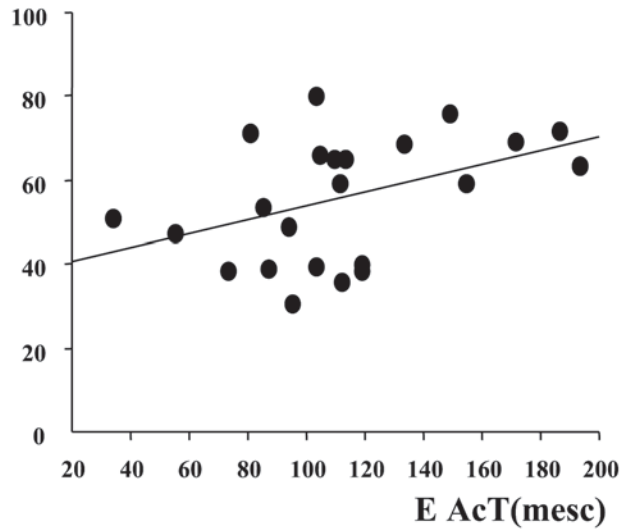


グラフ1B 1秒量と右室流出路血流波加速時間/駆出時間比

表3 1秒率と心エコーによる右心血行動態指標の
相関

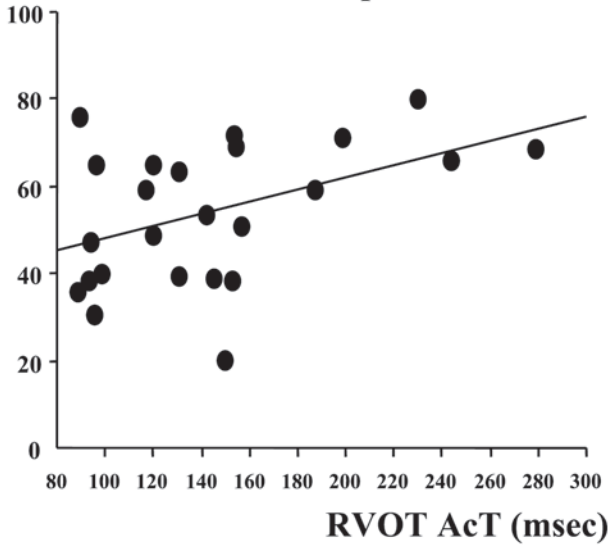
1秒率 vs	相関係数	p value
A wave	0.217	NS
E wave	0.063	NS
A/E	0.165	NS
IRT	0.143	NS
E AcT	0.435	< 0.05
E DcT	0.039	NS
RVOT AcT	0.447	< 0.05
RVOT DcT	0.075	NS
RVOT ET	0.275	NS
RVOT PFV	0.08	NS
RVOT AcT/ET	0.415	< 0.05
RVOT DcT/ET	0.293	NS

1秒率(%) $r = 0.44, p < 0.05$



グラフ2C 1秒率と右室流入路急速流入波加速時間

1秒率(%) $r = 0.45, p < 0.05$

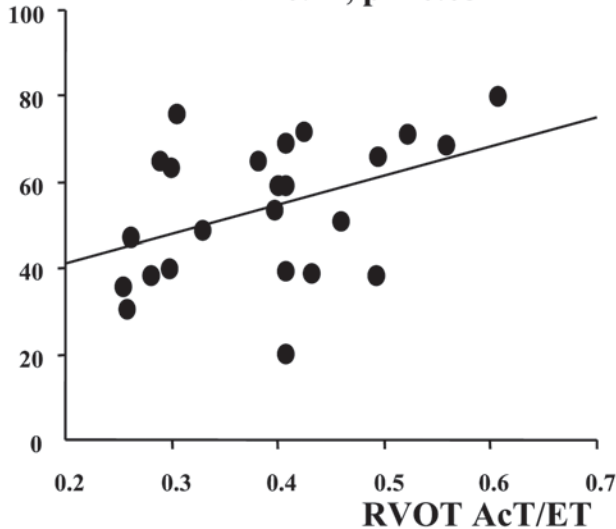


グラフ2A 1秒率と右室流出路血流波加速時間

表4 %肺活量と心エコーによる右心血行動態指標
の相関

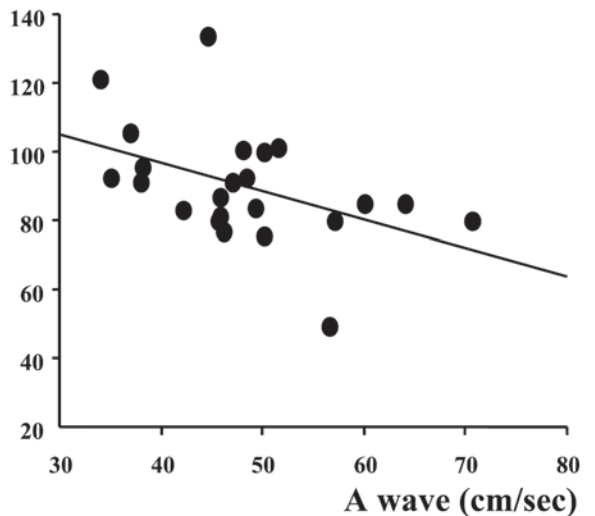
%肺活量 vs	相関係数	p value
A wave	- 0.455	< 0.01
E wave	0.235	NS
A/E	- 0.595	< 0.01
IRT	- 0.422	NS
E AcT	0.014	NS
E DcT	0.065	NS
RVOT AcT	0.413	< 0.05
RVOT DcT	0.003	NS
RVOT ET	0.245	NS
RVOT PFV	0.246	NS
RVOT AcT/ET	0.392	0.05
RVOT DcT/ET	0.195	NS

1秒率(%) $r = 0.42, p < 0.05$

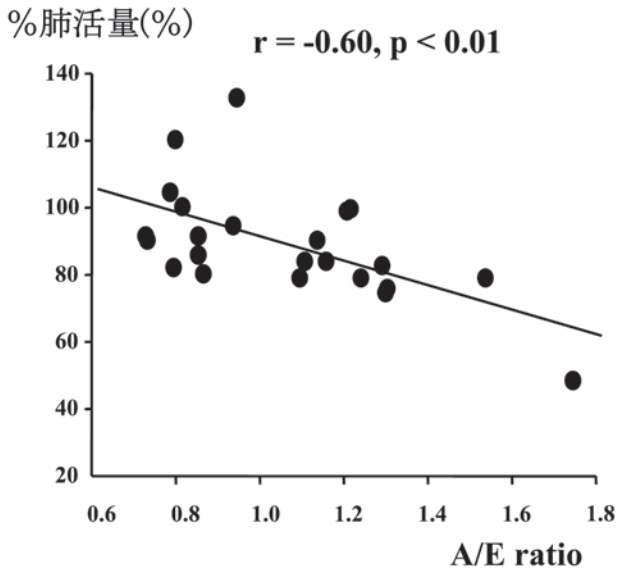


グラフ2B 1秒率と右室流出路血流波加速時間/駆出時間比

%肺活量(%) $r = -0.46, p < 0.01$



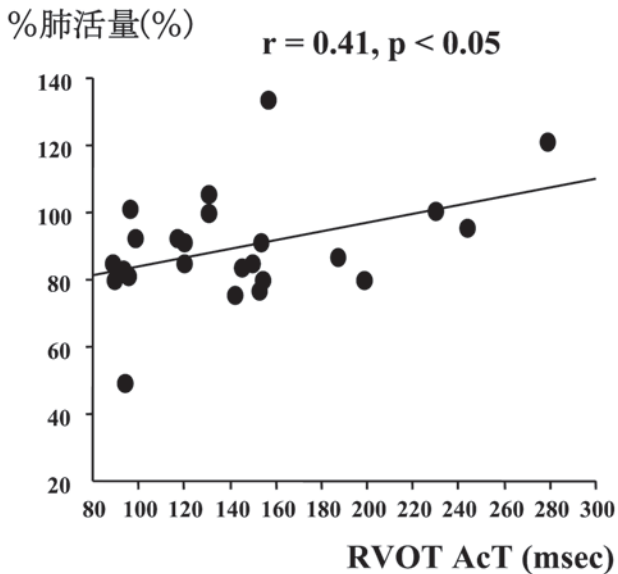
グラフ3A %肺活量と右室流入路心房収縮波



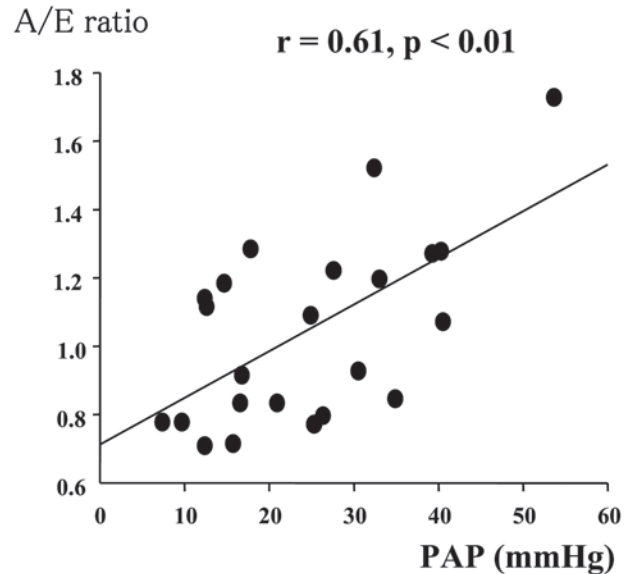
グラフ3B %肺活量と右室流入路心房収縮波/急速流入波比

表5 肺動脈圧とスパイロメトリー・心エコー測定値の相関

	相関係数	p value
1 秒量	- 0.365	0.08
1 秒率	- 0.225	NS
%肺活量	- 0.389	0.06
EF	- 0.129	NS
FS	- 0.177	NS
A wave	- 0.333	NS
E wave	- 0.387	0.07
A/E	0.608	< 0.01
IRT	0.435	NS
E AcT	- 0.436	< 0.05
E DcT	- 0.226	NS
RVOT AcT	- 0.043	NS
RVOT DcT	- 0.212	NS
RVOT ET	- 0.13	NS
RVOT PFV	- 0.012	NS
RVOT AcT/ET	0.058	NS
RVOT DcT/ET	- 0.125	NS



グラフ3C %肺活量と右室流出路血流波加速時間



グラフ4A 肺動脈圧と右室流入路心房収縮波/急速流入波比

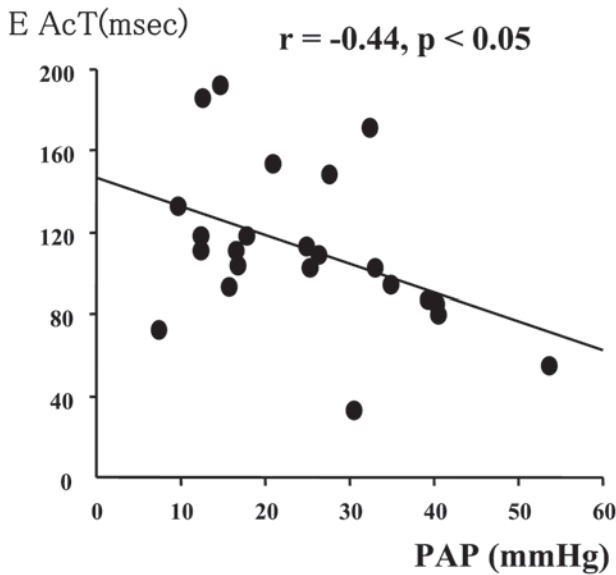
では右室拡張能が障害されていることが報告されている¹⁾。この報告では肺疾患で右室拡張能障害が認められる機序は不明であると記されているが、我々の結果と共通する部分があり、拘束性呼吸障害の重症度と右室拡張能障害の重症度は関連する可能性があると考えられた。

呼吸機能障害が重症化すると肺性心に至る症例が存在するため、肺動脈圧は1秒量・1秒率・%肺活量と強く関連するものと予想されたが、今回の検討では統計的に有意な相関は認められなかった。むしろ呼吸機能障害の重症度、特に閉塞性呼吸機能障害の重症度はRVOT AcTやRVOT AcT/ETと強い相関を示していた。RVOT AcTやRVOT AcT/ETは、肺動脈圧よりも鋭敏に閉塞性呼吸機能障害による右心系への影響を反映する

可能性が考えられ、注目に値する。また、肺動脈圧は右室流入路A/E比と相関したが、これは肺動脈圧の上昇に伴って右室拡張能が低下した結果であると考えられた。

結 語

塵肺症例においてRVOT AcTおよびRVOT AcT/ETは閉塞性呼吸機能障害の重症度を反映する指標になり得ると考えられた。呼吸機能障害の程度が強ければ肺動脈圧が高値を示す傾向が認められ、肺動脈圧の上昇は右室拡張能障害と関連していると考えられた。



グラフ4B 肺動脈圧波と右室流入路急速流入波加速時間

文 献

- 1) Marangoni S, Scavini S, Schena M, et al : Right ventricular diastolic function in chronic obstructive lung disease. *Eur Respir J* 5 : 438—443, 1992.
- 2) Caso P, Galderisi M, Cicala S, et al : Association between myocardial right ventricular relaxation time and pulmonary arterial pressure in chronic obstructive lung disease : analysis by pulsed Doppler tissue imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 14 : 970—977, 2001.
- 3) Yilmaz R, Gencer M, Ceylan E, et al : Impact of chronic obstructive pulmonary disease with pulmonary hypertension on both left ventricular systolic and diastolic performance. *J Am Soc Echocardiogr* 18 : 873—881, 2005.
- 4) Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, et al : Value of a Doppler-derived index combining systolic and diastolic time inter-

vals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 81 : 1157—1161, 1998.

- 5) Ciurzynski M, Kurzyna M, Bochowicz A, et al : Long-term effects of acute pulmonary embolism on echocardiographic Doppler indices and functional capacity. *Clin Cardiol* 27 : 693—697, 2004.
- 6) Higham MA, Dawson D, Joshi J, et al : Utility of echocardiography in assessment of pulmonary hypertension secondary to COPD. *Eur Respir J* 17 : 350—355, 2001.
- 7) 宮本顕二, 合田 晶, 斉藤俊一, 他 : RCUにおけるドプラ心エコー図法の有用性—肺循環動態からみた—。日本胸部疾患学会雑誌 33 : 155—158, 1995.
- 8) Thurlbeck WM, Henderson JA, Fraser RG, et al : Chronic obstructive lung disease. A comparison between clinical, roentgenologic, functional and morphologic criteria in chronic bronchitis, emphysema, asthma and bronchiectasis. *Med* 49 : 81—145, 1970.
- 9) Burrow B, Kettel LJ, Niden AH, et al : Patterns of cardiovascular dysfunction in chronic obstructive lung disease. *N Engl J Med* 286 : 912—916, 1972.
- 10) Weitzenblum E, Oswald M, Mirhom R, et al : Evolution of pulmonary haemodynamics in chronic obstructive lung disease patients under long-term oxygen therapy. *Eur Respir J* 2 (Suppl 7) : 669S—673S, 1989.
- 11) Edwards WD : The pathology of secondary pulmonary hypertension. *The pulmonary circulation : normal and abnormal*. Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1990, pp 329—342.

(原稿受付 平成18. 2. 20)

別刷請求先 〒068-0004 岩見沢市4条東16-5
岩見沢労災病院循環器科
大坪 光典

Reprint request:

Mitsunori Ootsubo

Department of Cardiology, Iwamizawa Rosai Hospital, 5, East 16-choume, 4-Jo, Iwamizawa, Hokkaido 068-0004, Japan.

THE INFLUENCE OF RESPIRATORY DYSFUNCTION ON RIGHT HEART
HEMODYNAMICS IN PNEUMOCONIOSIS

Mitsunori OOTSUBO¹⁾, Hideyuki TAKANO¹⁾, Takeshi IGARASHI²⁾,
Ikuo NAKANO²⁾, Kiyonobu KIMURA²⁾ and Hiroshi KAJI²⁾

¹⁾Department of Cardiology, Iwamizawa Rosai Hospital

²⁾Department of Internal Medicine, Iwamizawa Rosai Hospital

Background: There have been some reports regarding the relationships between cardiac function and respiratory function in chronic respiratory disease, but little is known about how the degree of respiratory dysfunction is correlated with the parameters of right heart hemodynamics.

Objectives: To investigate the relations between respiratory dysfunction and right heart hemodynamics in pneumoconiosis.

Methods: Twenty-four patients with pneumoconiosis (all male, 70.1 ± 7.4 yrs) were included in the present study. Using echocardiography, left ventricular ejection fraction (LVEF) and systolic pulmonary arterial pressure (PAP) were evaluated. Right ventricular inflow waves were recorded using the pulse Doppler method, and then atrial wave (A), early diastolic wave (E), A/E ratio, acceleration time of E (E AcT), deceleration time of E (E DcT), and isovolumic relaxation time (IRT) were measured. Right ventricular outflow (RVOT) waves were also documented, and then acceleration time of RVOT (RVOT AcT), deceleration time of RVOT (RVOT DcT), ejection time of RVOT (RVOT ET), and peak flow velocity of RVOT (RVOT PFV) were estimated. Forced expiratory volume in 1 s (FEV1), ratio of FEV1/forced vital capacity (FEV1/FVC) and % vital capacity (%VC) were evaluated by spirometry. Correlations between cardiac parameters and respiratory parameters were investigated.

Results: Echocardiography revealed that LVEF was $58.9 \pm 6.9\%$ and PAP was 26.1 ± 14.2 mmHg. Spirometry showed that FEV1 was 1.55 ± 0.6 L, FEV1/FVC was $54.2 \pm 16.1\%$ and %VC was $89.9 \pm 16.3\%$. FEV1 was correlated with RVOT AcT and RVOT AcT/ET (AcT $r=0.62$, $p<0.01$; AcT/ET $r=0.57$, $p<0.01$). FEV1/FVC was correlated with E AcT, RVOT AcT and RVOT AcT/ET (E AcT $r=0.44$, $p<0.05$; AcT $r=0.45$, $p<0.05$; AcT/ET $r=0.42$, $p<0.05$). %VC was shown to be correlated with A wave, A/E ratio and RVOT AcT (A wave $r=-0.46$, $p<0.01$; A/E $r=-0.60$, $p<0.01$; RVOT AcT $r=0.41$, $p<0.05$). PAP was related with FEV1 and %VC, but the relation was not significant (FEV1 $r=-0.37$, $p=0.08$; %VC $r=-0.39$, $p=0.06$). PAP also correlated with A/E ratio ($p=0.61$, $p<0.01$).

Conclusions: Both RVOT AcT and RVOT AcT/ET reflect the severity of respiratory dysfunction. PAP tends to be increased in severe respiratory dysfunction, and the increase in PAP is correlated with right ventricular diastolic dysfunction.
