

拡張型心筋症の予後推定における 右室 Doppler Index の意義

Usefulness of Right Ventricular Doppler Index for Predicting Outcome in Patients With Dilated Cardiomyopathy

池田 理恵
湯田 聡
小林 尚子
中原 学史
中田 智明
土橋 和文
島本 和明

Rie IKEDA, MD
Satoshi YUDA, MD
Naoko KOBAYASHI, MD
Norifumi NAKAHARA, MD
Tomoaki NAKATA, MD, FJCC
Kazufumi TSUCHIHASHI, MD, FJCC
Kazuaki SHIMAMOTO, MD, FJCC

Abstract

Objectives. Left ventricular Doppler index (LVDI) is believed to be a useful echocardiographic index of systolic and diastolic ventricular function. However, the usefulness of right ventricular Doppler index (RVDI) remains uncertain, especially in dilated cardiomyopathy. The predictive value of RVDI for estimating long-term cardiac events, including cardiac death, was investigated.

Methods. Fifty-nine consecutive patients with dilated cardiomyopathy (41 males and 18 females, mean age 52 ± 15 years) were enrolled in this follow-up study. RVDI and LVDI were calculated as follows: $DI = (\text{isovolumic contraction time} + \text{isovolumic relaxation time}) / \text{ejection time}$.

Results. During a follow-up period of 3.7 ± 3.0 years, 27 (46%) of the patients exhibited cardiac events, including cardiac death ($n = 9$), heart failure ($n = 16$) and tachyarrhythmias ($n = 2$) requiring in-hospital treatment. Patients with these cardiac events had higher LVDI and RVDI at the initial follow-up examination, and RVDI had a significant linear correlation with LVDI ($LVDI = 0.550 + 0.452 \times RVDI$, $r = 0.530$, $p = 0.0001$). The 6-year survival rate was significantly lower in patients with both $LVDI \geq 0.78$ and $RVDI \geq 0.49$ than in other patients (50% vs 75%, respectively, $p = 0.009$). Cox proportional hazards model analysis showed that $RVDI \geq 0.49$ was the independent predictor of cardiac events ($p = 0.0153$) and cardiac death ($p = 0.0003$).

Conclusions. RVDI is clinically useful for estimating the outcome of patients with dilated cardiomyopathy.

J Cardiol 2001; 37(3): 157-164

Key Words

Cardiomyopathies, dilated
Doppler ultrasound

Echocardiography, transthoracic
Heart failure
Prognosis

はじめに

心不全の予後を推定する因子として、これまで年齢、原因疾患、心胸郭比、心室不整脈合併の有無、New York Heart Association (NYHA) 心機能分類、最大酸素

摂取量などの運動耐容能¹⁾、左室駆出率^{1,2)}、左室拡張末期圧^{2,3)}、僧帽弁左室流入血流パターン⁴⁾などの心収縮能ならびに拡張能や神経体液性因子¹⁾などが報告されている。また、右室拡大⁵⁾、右室駆出率⁶⁾などの右心機能評価の臨床的な重要性に関する報告も散見され

札幌医科大学医学部 第二内科: 〒060-0061 札幌市中央区南1条西16丁目

The Second Department of Internal Medicine, Sapporo Medical University School of Medicine, Sapporo

Address for correspondence: IKEDA R, MD, The Second Department of Internal Medicine, Sapporo Medical University School of Medicine, S-1, W-16, Chuo-ku, Sapporo 060-0061

Manuscript received May 30, 2000; revised September 20 and November 8, 2000; accepted December 18, 2000

る。しかしながら、右心機能の評価は左心系のそれに比べて必ずしも容易ではなく、その臨床的意義についても明確とはなっていない。

最近、Teiら^{7,8)}は超音波パルス・ドップラー法を用いて、収縮能と拡張能の両者を加味した心機能の指標としてDoppler index(DI)とその有用性を報告した。DIは比較的容易に計測可能な指標であり、拡張型心筋症、心アミロイドーシスや急性心筋梗塞の予後と左室DIとの関連⁹⁻¹¹⁾についても検討されつつある。さらにYeoら¹²⁾により原発性肺高血圧症における右室DIと予後との関連が報告され、右室機能評価方法としての右室DIの臨床的意義が注目されている。しかし、拡張型心筋症の右室DIと予後との関連については明らかではない。

本研究においては拡張型心筋症の心臓死、心不全増悪による入院などの長期予後と両心室DIの関連について調査研究を行い、その意義について検討した。

対象と方法

1. 対象

対象は1988 - 1998年に心エコー図検査を施行した拡張型心筋症のうち、定期的に病状の確認が可能であった連続59例(男性41例、女性18例、平均年齢 52 ± 15 歳)である。なお、肥大型心筋症、二次性心筋症(腎不全、神経筋疾患、アントラサイクリン系抗癌薬などの薬剤性心筋障害)、アルコール多飲歴、ペースメーカー植え込み、心房細動、重症弁膜症、虚血性心疾患、高血圧症の合併例は今回の検討より除外した。加えて心エコー図検査時の基本調律は全例洞調律であった。

2. 方法

1) 患者背景と追跡調査

臨床背景として年齢、性別、基礎疾患、内服薬、収縮期血圧、拡張期血圧、心拍数、NYHA心機能分類と心エコー図所見を検討した。評価時期は心エコー図検査時点がそれに最も近い時期とした。観察期間は最低6ヵ月以上とし、心臓死および心疾患による入院の有無は診療録あるいは電話によるアンケートにより確認した。心臓死は心不全、不整脈による死亡もしくは突然死と定義した。なお、NYHA心機能分類は追跡開始時点の治療下の身体活動度より評価し、度34

Table 1 Clinical background and echocardiographic measurements of the patients($n = 59$)

Age(yr)	52 ± 15
Gender(male/female)	41/18
Blood pressure(mmHg)	
Systolic	128 ± 20
Diastolic	76 ± 12
Heart rate(beats/min)	75 ± 13
NYHA functional class	
	3(58)
	2(36)
/	4(7)
Tachyarrhythmia	
Ventricular tachycardia	24(41)
Paroxysmal atrial fibrillation	3(5)
Echocardiographic variables	
Left atrial dimension(mm)	37 ± 7
Left ventricular diameter(mm)	
Diastolic	63 ± 8
Systolic	53 ± 9
Ejection fraction(%)	34 ± 11
Fractional shortening(%)	16 ± 6
Deceleration time(msec)	180 ± 64
E/A ratio	1.09 ± 0.69
Isovolumic relaxation time(msec)	100 ± 28
Doppler index	
Left ventricle	0.79 ± 0.29
Right ventricle	0.56 ± 0.33
Medications	
Diuretics	36(61)
ACE inhibitors	28(47)
Digitalis	28(47)
Beta-blockers	15(25)
Nitrates	14(24)

Continuous values are mean ± SD. () %.

NYHA = New York Heart Association; ACE = angiotensin converting enzyme.

例(58%), 度21例(36%), / 度4例(7%)であった。薬剤使用についてはTable 1に記載したように利尿薬36例(61%), アンジオテンシン変換酵素阻害薬28例(47%), ジギタリス28例(47%), 遮断薬15例(25%)と硝酸薬14例(24%)であった。

2) 心エコー図検査

心エコー図検査記録は、SSH-160A(東芝メディカル製)、SSD76Q(アロカ製)の2.5もしくは3.75 MHzの探触子ないしSONOS2500(Agilent Technologies製)の

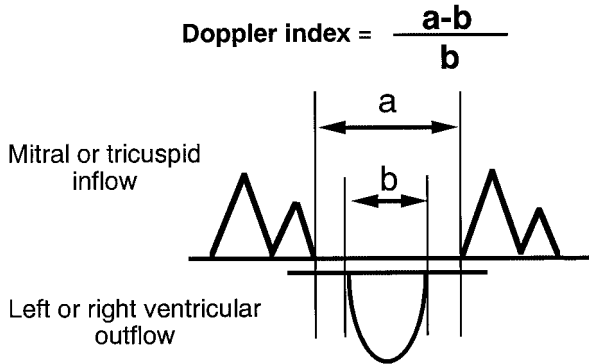


Fig. 1 Method to measure the Doppler index
The interval between cessation and onset of atrioventricular valve inflow (a) was divided by ventricular ejection time (b)

2.5 MHzの探触子を用い、Mモード像と血流波形は50もしくは100mm/secで記録した。Mモード法を用いて傍胸骨左室長軸像、傍胸骨左室短軸像より左房径、左室拡張末期径、左室収縮末期径、左室内径短縮率と左室駆出率を求めた。さらにパルス・ドップラー法により、左室急速流入波減衰時間(deceleration time: DT), 左室等容性拡張時間と左室急速流入波高/心房収縮期波高比 (E/A比)を求めた。左室および右室DIに関してはTeiら^{7,8)}の報告に基づき、

DI = (等容性収縮時間 + 等容性拡張時間) 駆出時間を Fig. 1 に示す方法で測定し、それぞれ左室DI, 右室DIとした。各パルス・ドップラー指標は呼吸変動を考慮して少なくとも1呼吸周期の平均値より求めた。

3) 統計学的検討

各数値は平均 ± 標準偏差で示した。統計処理は2群間の頻度比較、性別、NYHA心機能分類については²検定、年齢、血圧、心拍数などの2群間の数値比較はStudentのunpaired t検定を用いた。多変量解析はCox比例ハザードモデルを用い変数増加法により施行した。生存率および心事故発生回避率の推定にはKaplan-Meier法を用いた。また、総心事故および心臓死の予測指標の比較はWald²検定を用いた。いずれもp < 0.05を有意差の判定とした。

結 果

1. Doppler index 値と他の指標との相関

今回の対象例の患者背景と心エコー図計測値をTable 1にまとめた。左室DI値は左室収縮末期径(r =

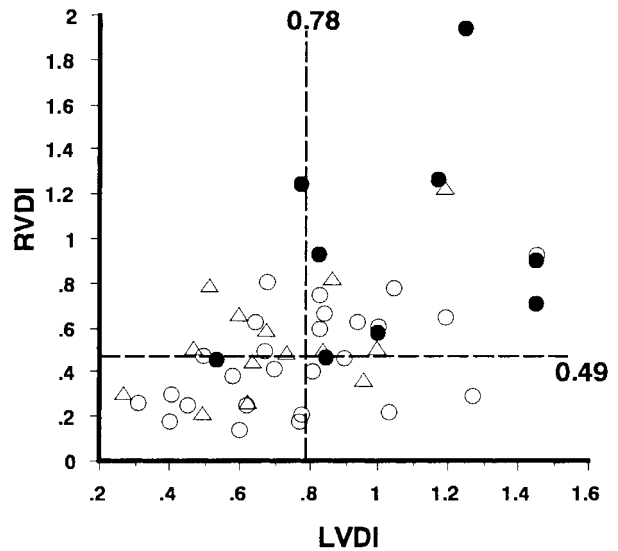


Fig. 2 Relationship between left and right ventricular Doppler indexes in patients with dilated cardiomyopathy

Left and right ventricular Doppler indexes were linearly correlated. Closed circles indicate patients who died during the follow-up period and open circles indicate those who did not. Triangles indicate patients who exhibited any cardiac events except cardiac death. LVDI = left ventricular Doppler index; RVDI = right ventricular Doppler index.

0.286, p < 0.05), 左室等容性拡張時間(r = 0.456, p < 0.05)と有意な正の相関、左室内径短縮率(r = - 0.313, p < 0.05), 左室駆出率(r = - 0.333, p < 0.05)と有意な負の相関を認めた。一方、右室DI値も左室拡張末期径(r = 0.315, p < 0.05), 左室収縮末期径(r = 0.432, p < 0.05), E/A比(r = 0.451, p < 0.001), NYHA心機能分類(r = 0.465, p < 0.001)と有意な正の相関、収縮期血圧(r = - 0.343, p < 0.05), 左室内径短縮率(r = - 0.469, p < 0.001), 左室駆出率(r = - 0.519, p < 0.001)と有意な負の相関を認めた。また、左室DIと右室DIには有意な正相関(r = 0.530, p = 0.001)を認めた(Fig. 2)。

2. 追跡結果とその各指標との関係

平均観察期間3.7 ± 3.0年(0.5 - 11.4年)の間に死亡9例(心臓死8例, 突然死1例)と心疾患による入院加療18例(心不全増悪16例, 心室頻拍2例)の計27例が心事故を発生した。なお、死亡までの期間は平均4.0 ± 2.3年であった。

Table 2 Comparisons of clinical background and echocardiographic measurements with and without cardiac events

	All cardiac events		<i>p</i> value	Cardiac death		<i>p</i> value
	Negative (<i>n</i> = 32)	Positive (<i>n</i> = 27)		Negative (<i>n</i> = 50)	Positive (<i>n</i> = 9)	
Age(yr)	53 ± 15	51 ± 16	NS	53 ± 15	49 ± 18	NS
Gender(male/female)	21/11	20/7	NS	34/16	7/2	NS
Blood pressure(mmHg)						
Systolic	132 ± 19	123 ± 21	NS	131 ± 20	112 ± 17	0.01
Diastolic	79 ± 11	73 ± 13	NS	78 ± 12	69 ± 8	0.035
Heart rate(beats/min)	73 ± 13	78 ± 14	NS	76 ± 13	70 ± 11	NS
NYHA functional class						
	24(75)	10(37)		30(60)	4(44)	
	7(22)	14(52)	0.013	17(34)	3(33)	0.035
/	1(3)	3(11)		3(6)	2(22)	
Echocardiographic variables						
Left atrial dimension	36 ± 6	37 ± 8	NS	36 ± 6	38 ± 11	NS
Left ventricular diameter(mm)						
Diastolic	60 ± 7	66 ± 9	0.006	62 ± 7	67 ± 12	NS
Systolic	50 ± 7	57 ± 10	0.003	52 ± 8	59 ± 12	0.03
Ejection fraction(%)	37 ± 11	30 ± 11	0.018	35 ± 11	24 ± 7	0.006
Fractional shortening(%)	18 ± 6	14 ± 6	0.013	17 ± 6	11 ± 4	0.006
Deceleration time(msec)	201 ± 63	153 ± 57	0.004	185 ± 65	152 ± 59	NS
E/A ratio	0.89 ± 0.39	1.33 ± 0.90	0.015	1.09 ± 0.39	1.57 ± 1.07	0.017
Isovolumic relaxation time(msec)	105 ± 28	93 ± 29	NS	100 ± 27	101 ± 33	NS
Doppler index						
Left ventricle	0.77 ± 0.27	0.81 ± 0.32	NS	0.74 ± 0.26	1.04 ± 0.32	0.003
Right ventricle	0.47 ± 0.22	0.68 ± 0.40	0.013	0.49 ± 0.23	0.94 ± 0.48	0.0001
Mitral valve regurgitation ≥	2(6)	7(26)	NS	7(14)	2(22)	NS
Tricuspid valve regurgitation ≥	1(3)	2(7)	NS	2(4)	1(11)	NS
Arrhythmia : Ventricular tachycardia	7(22)	5(19)	NS	10(20)	2(22)	NS

Continuous values are mean ± SD.() %.

Abbreviation as in Table 1.

対象を総心事故(心臓死および心事故入院)群と非心事故群の2群に分類し、臨床背景と心エコー図指標を比較検討した。DT、左室内径短縮率および左室駆出率は、非心事故群に比べて総心事故群で有意に低値を示し、NYHA心機能分類、左室拡張末期径、左室収縮末期径、E/A比、右室DIは有意に高値を示した(Table 2)。使用薬剤中、利尿薬(52% vs 38%, $p < 0.01$)、ジギタリス(70% vs 28%, $p < 0.01$)の服用のみ総心事故群は非心事故群に比べて有意に多かった。つぎに、これらを生存群、死亡群の2群に分類し、同様に比較検討した。収縮期血圧、拡張期血圧、左室内径短縮率と左室駆出率は、生存群に比べて死亡群が有意に低値を示し、NYHA心機能分類、左室収縮末期径、

E/A比、左室DI、右室DIは有意に高値を示した(Table 2)。2群間の内服薬に差は認めなかった。なお、房室弁逆流、不整脈についてはいずれも今回の検討では差異を認めなかった。

3. Doppler index 値による心事故の予測

左室DIと右室DIによる心事故、心臓死の予測について、それぞれの中央値(左室DI = 0.78, 右室DI = 0.49)を判別値として検討した。Kaplan-Meier法を用いた6年心事故発生回避率は、左室DIの高値群と低値群間、右室DIの高値群と低値群間、および両心室DI高値群とそれ以外の例との間に有意差を認めなかった。一方、6年生存率の比較では、左室DI高値群の

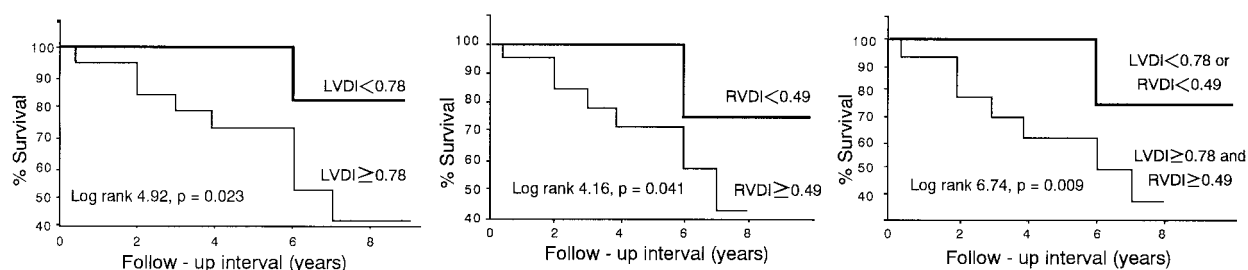


Fig. 3 Survival curves showing differences between the high LVDI (LVDI ≥ 0.78) group and low LVDI group (left), between the high RVDI (RVDI ≥ 0.49) group and low RVDI group (middle), and between patients with both high LVDI and high RVDI and other patients (right)

Abbreviations as in Fig. 2.

53% に対して低値群の 83%, 右室 DI 高値群の 58% に対して低値群の 75%, 両心室 DI 高値群の 50% に対してそれ以外の例では 75% とそれぞれ間に有意差を認めた (Fig. 3)。

年齢, 性別, NYHA 心機能分類, 収縮期血圧, 左室収縮末期径, 左室駆出率, 左室および右室の DI を独立因子とした単変量回帰解析において, 総心事故との関連が危険率 < 0.1 で示されたのは, 右室 DI, NYHA 心機能分類 \geq 度, 左室収縮末期径, 収縮期血圧であった。また, 同様に心臓死との関連が示されたのは, 右室 DI, NYHA 心機能分類 \geq 度, 収縮期血圧, 左室 DI であった。これらの単変量回帰解析で選択された各因子を独立因子, 総心事故および心臓死を従属因子とした多変量解析では, 右室 DI が総心事故発生 (相対危険度 3.39, 95% 信頼区間 1.26 - 9.09, $p = 0.0153$) および心臓死 (相対危険度 20.21, 95% 信頼区間 3.98 - 102.54, $p = 0.0003$) の関連因子として選択された (Table 3)。また, global χ^2 値は総心事故では左室 DI 高値で 0.19, 右室 DI 高値で 1.69, 両心室 DI 高値で 0.66, また心臓死では左室 DI 高値で 4.61, 右室 DI 高値で 3.91, 両心室 DI 高値で 6.32 と両者ともに, 右室 DI の併用により χ^2 値が高値を示した (Table 4)。

考 察

本研究では, 拡張型心筋症の長期予後における心事故の発生と両心室の DI 値との関係を検討した。その結果, 心臓死と総心事故の発生は既報の左室 DI¹⁰⁾のみならず, 右室 DI にも関連することが示された。

Table 3 Multivariate analysis with the Cox proportional hazard model of independent predictors of cardiac events or cardiac death

	Odds ratio (95% CI)	p value
All cardiac events		
RVDI	3.3905 (1.2641 - 9.0942)	0.0153
NYHA \geq		0.4625
Cardiac death		
RVDI	20.2056 (3.9817 - 102.5361)	0.0003
NYHA \geq		0.5438
LVDI ≥ 0.78 and RVDI ≥ 0.49		0.6496

CI = confidence interval. Other abbreviations as in Table 1, Fig. 2.

Table 4 Global chi-square values for estimating cardiac events and cardiac death

	χ^2 value
All cardiac events	
RVDI ≥ 0.49	1.69
LVDI ≥ 0.78	0.19
LVDI ≥ 0.78 and RVDI ≥ 0.49	0.66
Cardiac death	
RVDI ≥ 0.49	3.91
LVDI ≥ 0.78	4.61
LVDI ≥ 0.78 and RVDI ≥ 0.49	6.32

Abbreviations as in Fig. 2.

1. Doppler index 測定の臨床的意義

ドップラー法によるDIは、極めて簡便な心機能指標であり、心腔、心筋の形態¹³⁾、心拍数や血圧⁷⁾の影響を比較的受けにくく、左心系だけでなく右心系にも応用できるなどの利点がある。また、収縮能および拡張能のいずれの機能をも反映し、両機能を加味した評価が可能な指標である。これまで特発性心筋症以外の疾患においても、左室DIを用いて心アミロイドーシス⁹⁾や急性心筋梗塞¹¹⁾、右室DIを用いて原発性肺高血圧症¹²⁾を対象にその有用性が示されている。

一方、Dujardinら¹⁰⁾により、拡張型心筋症においては左室DIが左室駆出率、心拍数とともに予後推定に有用であることが報告されているが、右室DIを加えた検討はされていない。また、拡張型心筋症では左室機能だけでなく右室機能の低下が報告され¹⁴⁾、右心カテテル検査や心プールシンチグラフィによる右室駆出率などの右室機能も予後規定因子として重要とする報告^{6,15,16)}、心エコー図法での右室の拡大や他の右室機能指標と予後との関わりを検討した報告¹⁷⁻¹⁹⁾などがあるが、これらにおいても右室機能の独立した予後規定因子としての意義は確立されていない。

今回の対象例中、心プールシンチグラフィが可能であった27例で、右室駆出率と右室DIとの間に有意な負の相関 $r = -0.523$, $p = 0.005$ を認めたことより、右室機能評価法として妥当であると考えられる。Kaplan-Meier法による6年総心事故回避率については左室ならびに右室のDIの有用性は明らかではなかったが、6年生存率において左室および右室のDIの有用性を認めた。また心臓死の予測における²⁾検定では、左室DI単独に比べて右室DIの併用の有用性が示唆された。さらに、多変量解析においては右室DIのみが心臓死および総心事故の独立因子であることが示された。従来、拡張型心筋症の予後と関連するといわれて

いる左室DIが関連因子として採択されなかったが、左室DIは右室DIと良好な相関を示したことがその最も大きな理由と考えられる。

拡張型心筋症の予後規定因子の一つである最大酸素摂取量は、左室駆出率より右室駆出率と良く相関するとの報告²⁰⁾があり、両心機能の分離例ないし、虚血性心疾患に伴う心不全など、主に左室を障害する疾患や不整脈源性右室心筋症などの右室の障害が主体となる疾患において検討すれば、今後、右室DIの臨床的意義をより明確にしうる可能性がある。

2. 本研究の限界

今回の研究の限界としては、第1にDIを計測する際、とくに右心系で認められる各指標の呼吸性変動の存在である。今回の検討ではこの影響を除外するため、各指標は呼吸変動を考慮して少なくとも1呼吸周期以上の平均値より求めた。第2に今回の検討では心不全症例の予後に影響を与える心房細動例²¹⁾が含まれていない。第3にDujardinら¹⁰⁾の報告と異なり、今回の検討では左室駆出率や心拍数は心臓死の関連因子として選択されなかった。その理由の詳細は不明であるが、限られた症例数での検討であることに起因する可能性が考えられる。第4に今回は、DIの経時的変化を検討していない。文献的にも急性心筋梗塞例で検討されているのみ¹¹⁾で、拡張型心筋症では不明であるが、心不全治療に対するDIの変化も予後を推定するのに有用である可能性もあり、今後の検討が必要である。

最後に今回の検討は単施設での限られた対象例での断面調査であり、今後、多施設、多断面での追跡検討が必要である。

結 語

右室DIは、拡張型心筋症に伴う心不全症例における予後推定に有用である可能性が示唆された。

要 約

目的: Doppler index(DI)は収縮・拡張両機能を簡便に評価可能な心機能指標として知られる。しかし、右室DIの臨床的意義は必ずしも明らかにされていない。本研究では拡張型心筋症の長期予後と両心室のDIの関連について検討した。

方法: 拡張型心筋症連続59例(男性41例,女性18例,平均年齢 52 ± 15 歳,全例洞調律)を対象とした。心エコードップラー法より左室および右室のDIを計測式: $DI = (\text{等容性収縮時間} + \text{等容}$

性拡張時間)駆出時間で求めた。

結 果: 平均 3.7 ± 3.0 年の観察期間中に総心事故が27例(46%)に発生した。その内訳は、心臓死9例、入院加療18例(心不全16例、心室頻拍2例)であった。右室DIは左室DIと正に相関した(左室DI = $0.550 + 0.452 \times$ 右室DI, $r = 0.530$, $p = 0.0001$)。総心事故、心臓死例ではそれ以外の例に比べて、右室DIが有意に高値であった。本対象例のDIの中央値(左室DI = 0.78, 右室DI = 0.49)以上を高値、それ未満を低値と定義すると、Kaplan-Meier法による6年生存率は両心室DI高値群とそれ以外の例との間($p = 0.009$)に有意差を認めた。多変量解析では、右室DIが、総心事故($p = 0.0153$)および心臓死($p = 0.0003$)の両者について単独の関連因子と判定された。

結 論: 拡張型心筋症の長期予後、ことに心臓死の推定において右室DIが有用である可能性が示唆された。

J Cardiol 2001; 37(3): 157 - 164

文 献

- 1) Cohn JN, Johnson GR, Shabetai R, Loeb H, Tristani F, Rector T, Smith R, Fletcher R, for the V-HeFT VA Cooperative Studies Group: Ejection fraction, peak exercise oxygen consumption, cardiothoracic ratio, ventricular arrhythmias, and plasma norepinephrine as determinants of prognosis in heart failure. *Circulation* 1993; **87**(Suppl) : -5 - -16
- 2) Komajda M, Jais JP, Reeves F, Goldfarb B, Bouhour JB, Juillieres Y, Lanfranchi J, Peycelon P, Geslin PH, Carrie D, Grosgeat Y: Factors predicting mortality in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J* 1990; **11**: 824 - 831
- 3) Diaz RA, Obasohan A, Oakley CM: Prediction of outcome in dilated cardiomyopathy. *Br Heart J* 1987; **58**: 393 - 399
- 4) Xie GY, Berk MR, Smith MD, Gurley JC, DeMaria AN: Prognostic value of Doppler transmitral flow patterns in patients with congestive heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994; **24**: 132 - 139
- 5) Sun JP, James KB, Yang XS, Solankhi N, Shah MS, Arheart KL, Thomas JD, Stewart WJ: Comparison of mortality rates and progression of left ventricular dysfunction in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy and dilated versus nondilated right ventricular cavities. *Am J Cardiol* 1997; **80**: 1583 - 1587
- 6) de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C, Nogue O, Marchandise X, Ducloux G, Lablanche JM: Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**: 948 - 954
- 7) Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, Rodeheffer RJ, Tajik AJ, Seward JB: New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: A simple and reproducible measure of cardiac function: A study in normals and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol* 1995; **26**: 357 - 366
- 8) Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Bailey KR, McGoon MD, Tajik AJ, Seward JB: Doppler echocardiographic index for assessment of global right ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; **9**: 838 - 847
- 9) Tei C, Dujardin KS, Hodge DO, Kyle RA, Tajik AJ, Seward JB: Doppler index combining systolic and diastolic myocardial performance: Clinical value in cardiac amyloidosis. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 658 - 664
- 10) Dujardin KS, Tei C, Yeo TC, Hodge DO, Rossi A, Seward JB: Prognostic value of a Doppler index combining systolic and diastolic performance in idiopathic-dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1998; **82**: 1071 - 1076
- 11) Poulsen SH, Jensen SE, Nielsen JC, Moller JE, Egstrup K: Serial changes and prognostic implications of a Doppler-derived index of combined left ventricular systolic and diastolic myocardial performance in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2000; **85**: 19 - 25
- 12) Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, Mahoney DW, McGoon MD, Seward JB: Value of a Doppler-derived index combining systolic and diastolic time intervals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 1998; **81**: 1157 - 1161
- 13) Eidem BW, Tei C, O Leary PW, Cetta F, Seward JB: Nongeometric quantitative assessment of right and left ventricular function: Myocardial performance index in normal children and patients with Ebstein anomaly. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; **11**: 849 - 856
- 14) Cagler NM, Araki H, Nagata Y, Hisano R, Fukuyama T, Nakamura M: Evaluation of right ventricular function in patients with idiopathic dilated and ischemic cardiomyopathy by equilibrium radionuclide ventriculography. *Jpn Heart J* 1986; **27**: 1 - 9
- 15) Di Salvo TG, Mathier M, Semigran MJ, Dec GW: Preserved right ventricular ejection fraction predicts exercise capacity and survival in advanced heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1995; **25**: 1143 - 1153
- 16) Juilliere Y, Barbier G, Feldmann L, Grentzinger A, Darchin N, Cherrier F: Additional predictive value of both left and right ventricular ejection fractions on long-term survival in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J* 1997; **18**: 276 - 280
- 17) Lewis JF, Webber JD, Sutton LL, Chesoni S, Curry CL: Discordance in degree of right and left ventricular dilation in patients with dilated cardiomyopathy: Recognition and clinical implications. *J Am Coll Cardiol* 1993; **21**: 649 - 654
- 18) Mendes LA, Dec GW, Picard MH, Palacios IF, Newell J, Davidoff R: Right ventricular dysfunction: An independent predictor of adverse outcome in patients with myocarditis. *Am Heart J* 1994; **128**: 301 - 307
- 19) Hung J, Koelling T, Semigran MJ, Dec GW, Levine RA,

- Di Salvo TG: Usefulness of echocardiographic determined tricuspid regurgitation in predicting event-free survival in severe heart failure secondary to idiopathic-dilated cardiomyopathy or to ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 1998; **82**: 1301 - 1303
- 20) Baker BJ, Wilen MM, Boyd CM, Dinh HA, Franciosa JA: Relation of right ventricular ejection fraction to exercise capacity in chronic left ventricular failure. *Am J Cardiol* 1984; **54**: 596 - 599
- 21) Dries DL, Exner DV, Gersh BJ, Domanski MJ, Waclawiw MA, Stevenson LW: Atrial fibrillation is associated with an increased risk for mortality and heart failure progression in patients with asymptomatic and symptomatic left ventricular systolic dysfunction: A retrospective analysis of the SOLVD trials : Studies of Left Ventricular Dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**: 695 - 703