

心エコー図による疾患別に
みた心房細動における左室
収縮状態

Effects of atrial fibrilla-
tion on left ventricular
performance of various
diseased hearts: Echocar-
diographic study

古川 啓三
松久保晴生
渡辺 俊光
朝山 純
勝目 紘*
垣内 孟**
国重 宏
遠藤 直人
松浦 徹
伊地知浜夫

Keizo FURUKAWA
Haruo MATSUKUBO
Toshimitsu WATANABE
Jun ASAYAMA
Hiroshi KATSUME*
Takeshi KAKIUCHI**
Hiroshi KUNISHIGE
Naoto ENDO
Tohru MATSUURA
Hamao IJICHI

Summary

Left ventricular end-diastolic dimension (Dd), ejection fraction (EF) and mean velocity of circumferential fiber shortening (mVcf) were echocardiographically measured in 13 patients with atrial fibrillation. For each beat, changes in EF and mVcf were assessed in relation to the change in Dd and the variation of the ratio of "pre-preceding" to "preceding" RR interval (PPI/PI).

In cases of normal left ventricular wall thickness, highly significant positive correlations were obtained between the beat-to-beat change in Dd and corresponding alteration in EF. On the contrary, in cases of the thickened left ventricular wall, these correlations were relatively poor. Significant inverse correlations between PPI/PI and the change in EF were also obtained and no marked difference was demonstrated between the degree of thickness of the left ventricular wall. The similar result was obtained between mVcf and Dd.

It is suggested that influence of preload on beat-to-beat alterations in left ventricular performance is less important in cases of thickened ventricular wall and these results may be derived from impairment of left ventricular diastolic distensibility.

京都府立医科大学 第二内科
京都市上京区河原町広小路 (〒602)

* 京都府立洛東病院

**西陣病院

The Second Department of Internal Medicine, Kyoto
Prefectural University of Medicine, Kawaramachi,
Kamigyo-ku, Kyoto, 602

*Kyoto Prefectural of Hospital of Rakuto

**Nishijin Hospital

Key words

atrial fibrillation
 ejection fraction
 mean velocity of circumferential fiber shortening

はじめに

心房細動では、各心拍毎にその左室収縮状態が異なり、これらを適確にとらえる方法には困難を伴い臨床研究は限られていた。¹⁾²⁾ 最近出現した心エコー図 (UCG) 法やインピーダンス法は、非観血的かつ連続的な心機能評価を可能とし、これらの方法を用いた心房細動についての研究が行われている。³⁾⁴⁾ 今回私どもはUCG 法を用い、各種心房細動例につき心機能のよい指標とされている左室駆出率 (EF), 平均左室内周短縮速度 (mVcf) を各心拍毎に求め、これらの心周期による影響について検討した。

対象と方法

Table 1 に示すように、心房細動患者 13 例 (男子 6 名, 女子 7 名) を対象とした。平均年齢は 60.1 才であった。基礎疾患としては特発性心房細動 (Lone) 2 例, 虚血性心疾患 (IHD) 2 例,

高血圧性心疾患 (HHD) 4 例, 僧帽弁閉鎖不全 (MR) 3 例, 僧帽弁狭窄 (MS) 2 例 (うち 1 名は軽症の大動脈弁閉鎖不全 (AI) を合併) であり, 7 例はジギタリスの維持量の投与を受けていた。機能的分類ではすべて NYHA 1~2 度であった。

UCG は Aloka SSD 90 を用い、探触子は 2.25 MHz, 10 mm 平板探触子を使用した。被検者は仰臥位, または左側臥位とし、第 3~4 肋間に探触子をおき、左外下方に向け心室中隔, 僧帽弁前後尖, 左室後壁を同時にとらえる方向で左室短縮径を記録した。その際に心電図, 心音図, 頸動脈波をペーパースピード 100 mm/sec で平均 60 心拍を同時記録した。

Figure 1 に示すように各心拍毎に心電図より先行 RR 時間, 先々行 RR 時間を求め、心電図 R 波に一致して拡張終期径 (Dd) を計測した。次に Pombo らの方法⁵⁾ に従い、内径の 3 乗として容量を算出し左室駆出率 (EF) を求めた。僧帽弁閉鎖不全では逆流量を含めて EF を求めた。さら

Table 1. Clinical data

Case	Age	Sex	Diagnosis	Digitalis	NYHA
1 TY	49	F	Lone	(+)	1
2 TJ	44	M	Lone	(+)	1
3 NH	69	M	IHD	(+)	2
4 WM	81	M	IHD	(-)	2
5 KS	56	F	HHD	(+)	2
6 TM	66	F	HHD	(-)	2
7 MI	77	M	HHD	(-)	2
8 KY	60	F	HHD	(-)	2
9 TT	59	M	MR	(+)	2
10 UH	69	F	MR	(+)	2
11 IM	74	M	MR	(-)	2
12 TY	44	F	MS	(+)	2
13 NS	33	F	MS+Ai	(+)	2

Lone: lone atrial fibrillation, IHD: ischemic heart disease, HHD: hypertensive heart disease, MR: mitral regurgitation, MS: mitral stenosis, Ai: mild aortic regurgitation.

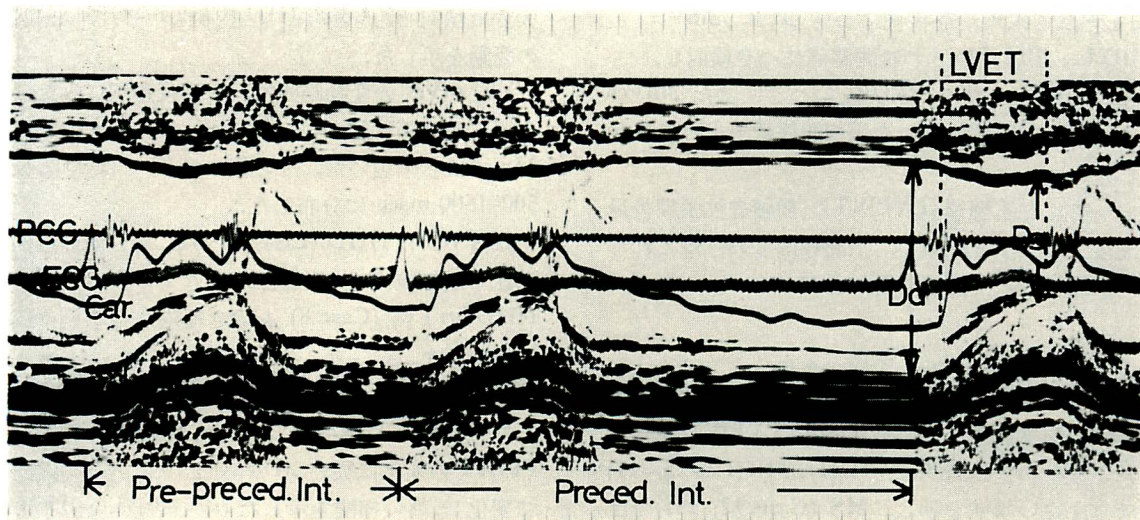


Figure 1. UCG, ECG, PCG and carotid pulse in atrial fibrillation.

Example of left ventricular echogram recorded simultaneously with electrocardiogram, phonocardiogram and carotid pulse at paper speed 100 mm/sec.

Ds: end-systolic dimension, LVET: left ventricular ejection time.

に Case 8 を除き，頸動脈波より左室駆出時間 (LVET) を求め，Fortuin ら⁶⁾ の方法に従い平均左室内周短縮速度 (mVcf) を求めた。

上記方法で各心拍の Dd, EF, mVcf を求め，

それらを連続する 2 心拍で比較し，先行心拍のそれらに対する後続心拍の増減をパーセント表示し ΔDd , ΔEF , $\Delta mVcf$ とした。また先行 RR 時間 (PI) に対する先々行 RR 時間 (PPI) の比を PPI/

Table 2. Range of measured values

Case	DDR (cm/sec)	LVPWT (cm)	Dd (cm)	EF (%)	mVcf (circ./sec)	Preced. RR (msec)
1	18.5	0.9	5.3-6.1	24-58	0.35-1.07	450-1580
2	13.0	0.9	4.5-5.4	42-77	0.63-1.26	515-1285
3	19.3	1.0	4.2-5.1	45-82	0.78-1.65	495-1835
4	7.7	1.0	3.9-4.4	28-68	0.65-1.16	500-1780
5	8.9	1.2	3.9-4.5	53-86	0.75-1.77	540-1870
6	5.1	1.3	4.1-5.0	38-74	0.95-1.50	470-1160
7	5.1	1.4	5.1-5.7	36-71	0.58-1.28	530-1150
8	3.2	1.5	3.7-4.0	24-58	—	570-1170
9	10.5	1.0	4.8-5.3	31-78	1.03-1.74	440-1300
10	8.1	1.1	4.6-5.0	45-85	1.04-1.46	560-1900
11	12.7	1.2	5.4-5.9	55-78	0.94-1.41	570-1380
12	1.8	1.0	2.6-4.5	29-87	0.46-2.06	420-1290
13	1.3	1.2	3.1-4.8	26-70	0.59-1.33	370-1260

DDR: diastolic descent rate, LVPWT: left ventricular wall thickness, Dd: end-diastolic dimension, EF: ejection fraction, mVcf: mean velocity of circumferential fiber shortening, Preced. RR: preceding RR interval.

PI として求め, 各症例につき ΔEF , $\Delta mVcf$ と ΔDd , $\Delta PPI/PI$ との相関関係につき検討し, さらに ΔEF と ΔDd , PPI/PI につき, また $\Delta mVcf$ と ΔDd , PPI/PI につき偏相関係数を求めて検討した.

一方, 左室壁厚 (LVPWT), 僧帽弁拡張期後退速度 (DDR) を計測し, 上記相関におけるこれらの影響についても検討を加えた.

成 績

Table 2 に各症例における Dd, EF, mVcf, RR 時間の実測範囲, および DDR, LVPWT を示した. Dd の変動範囲は, HHD, MR (Case 5~11) では小さい傾向を示し, MS (Case 12, 13) では

大きい傾向を, Lone, IHD (Case 1~4) では中間の変動を示した.

EF, mVcf の変動範囲は, 基礎疾患別にみた場合明らかな差は認められなかった. RR 時間は MS では若干短い, その他の症例では大部分 500~1500 msec に分布した.

LVPWT は HHD (Case 5~8) で, その他の症例に比し増加傾向を示した. 一方 DDR は, MS, HHD の 1 例 (Case 8) を除き極端な低下例は認めなかった.

Figure 2 は, 横軸に PPI/PI , 縦軸に ΔDd をとり各疾患の代表例を示した. IHD, MS では PPI/PI の変化に従い ΔDd は $\pm 10\%$ 内外の範囲で変化し, 高い相関を示した ($r = -0.83, -0.87$).

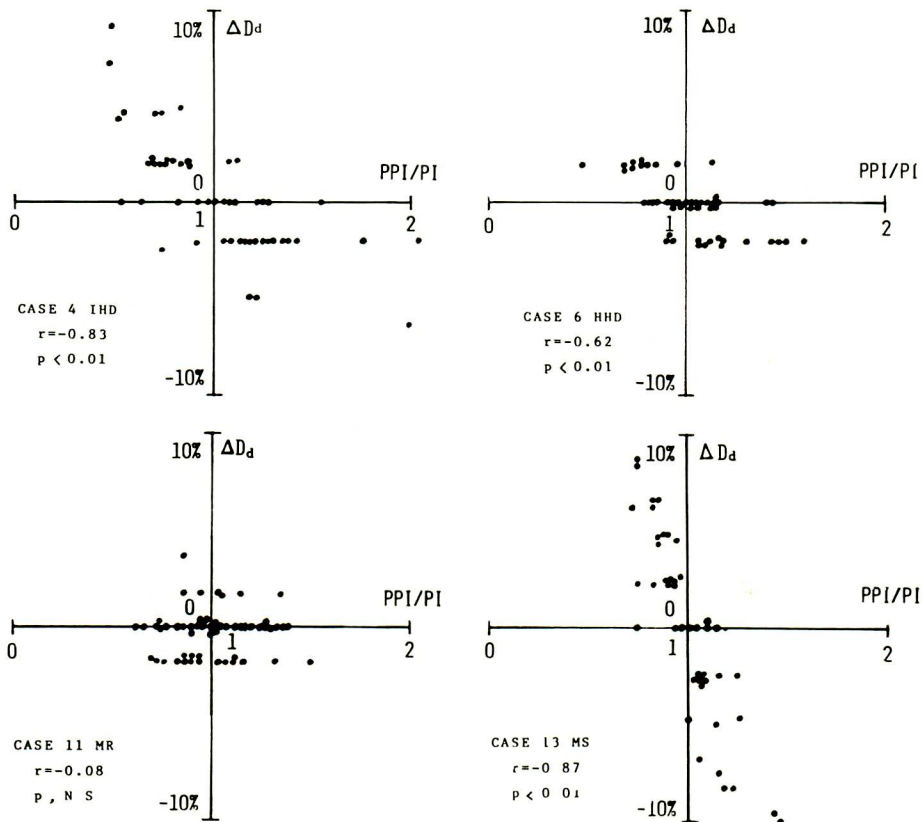


Figure 2. Correlations between the change of Dd and PPI/PI in Case 4, 6, 11 and 13.
Large variation of ΔDd in case of IHD and MS in comparison with ΔDd in case of HHD and MR.

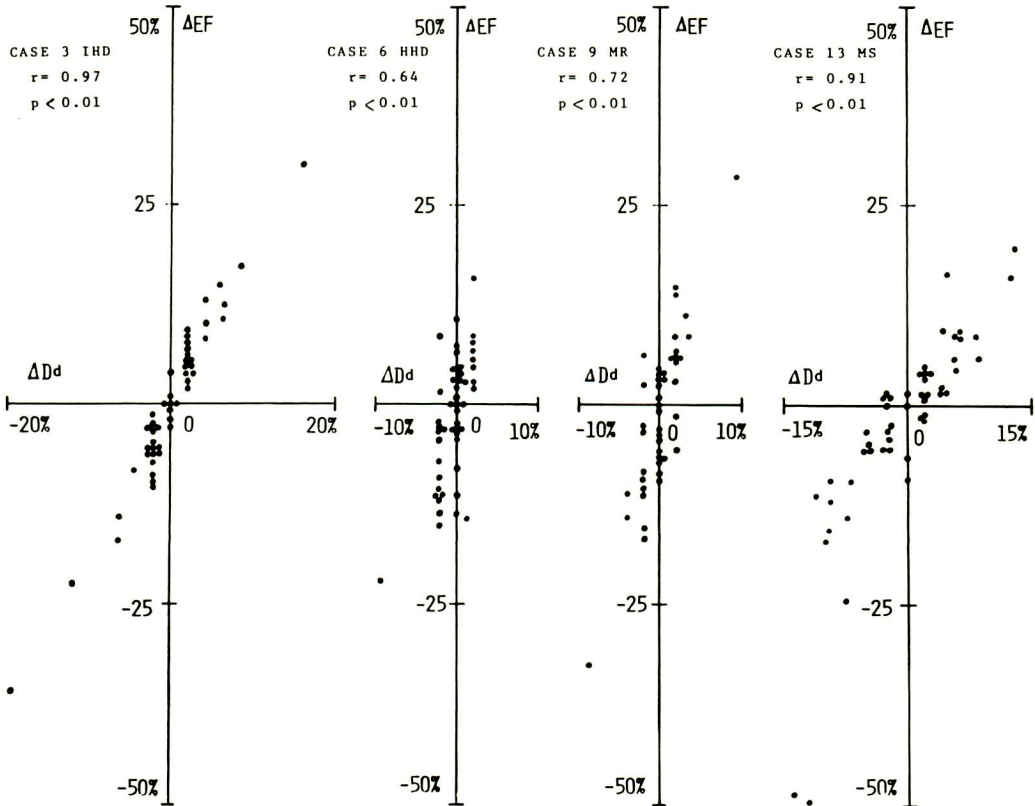


Figure 3. Correlations between the beat-to-beat change in Dd and the corresponding alteration in EF in Case 3, 6, 9 and 13.

Good correlations were obtained in all cases, however these correlations were relatively poor in cases of HHD and MR.

HHD, MR では PPI/PI に対する ΔDd の変化は $\pm 2\%$ 以内であり、その相関も低かった ($r = -0.62$, -0.08).

Figure 3 は、横軸に ΔDd 、縦軸に ΔEF をとり両者の関係をみたものである。各疾患の代表例はともに高い相関 ($r = 0.97 \sim 0.64$) を示したが、HHD, MR では IHD, MS に比しその相関は若干低い傾向を示した。他方、PPI/PI と ΔEF との関係については Figure 4 示したが、 ΔDd と ΔEF との相関関係に比し、全体的に両者の相関は低下したが、疾患による差は認められなかった。

Figure 5, 6 は ΔDd と $\Delta mVcf$, PPI/PI と $\Delta mVcf$

との関係につき各疾患の代表例を示したものである。EF の場合 (Figure 3, 4) と同様の傾向を示したが、相関係数はいずれも EF の場合に比べ低下した。

Table 3 は個々の症例における ΔEF と ΔDd , PPI/PI の、また $\Delta mVcf$ と ΔDd , PPI/PI の偏相関係数表である。 ΔEF に関しては Lone, IHD, MS の 6 例中 5 例が PPI/PI より ΔDd と高い相関を示した。

HHD, MR の症例ではそれぞれ両者の相関に明らかな差を示したものはなく、Case 6 は逆に ΔDd より PPI/PI と高い相関を示した。一方

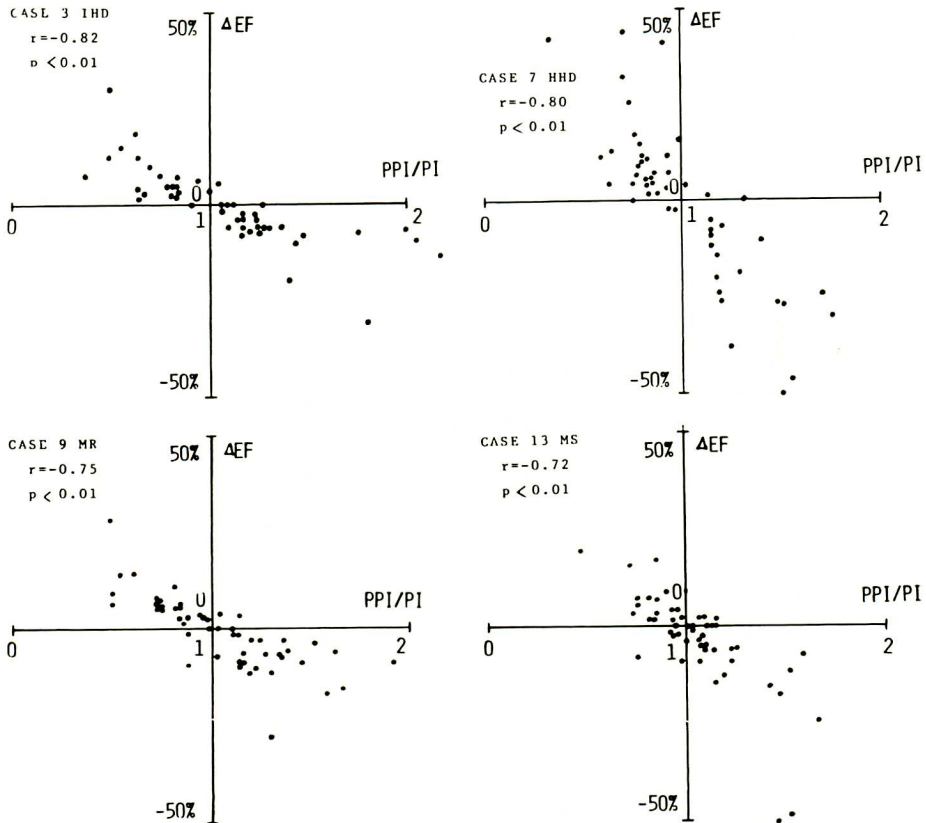


Figure 4. Correlations between PPI/PI and the change in EF in Case 3, 7, 9 and 13.

Negative correlations were also good in all cases, but no marked difference between these cases was demonstrated.

$\Delta mVcf$ については, MR の 1 例を除き PPI/PI より ΔDd と高い相関を示すものが多く, 疾患による明らかな差は認められなかった。

考 案

心房細動では各心拍毎に preload, afterload, cycle length が変化し, これらの変化がその後の収縮に影響を及ぼすことはよく知られた事実である。なかでも preload は Frank-Starling の機構を介して各心拍の収縮状態に密接に関与していると言われている。¹⁷⁾ 他方 cycle length については, 特に postextrasystolic potentiation と関連して先

行 RR だけでなく先々行 RR を重視する報告もあり,⁸⁾⁹⁾ 一定していない。またこれらの因子の各心拍の収縮に対する関与の程度は一定ではなく, 基礎疾患により異なることが示唆されているが,¹⁰⁾ 左室流入障害を特徴とする僧帽弁狭窄症を中心として弁膜症を対象とする報告は多い¹¹⁾¹²⁾ が, IHD や HHD を対象とする詳細な研究は少ない。³⁾¹²⁾ 本研究では IHD, HHD を基礎疾患とする心房細動例を主な対象として, 各心拍毎の EF, mVcf の変化に対する preload としての拡張終期径, Dd の変化と心周期の変化, PPI/PI との関係につき検討した。

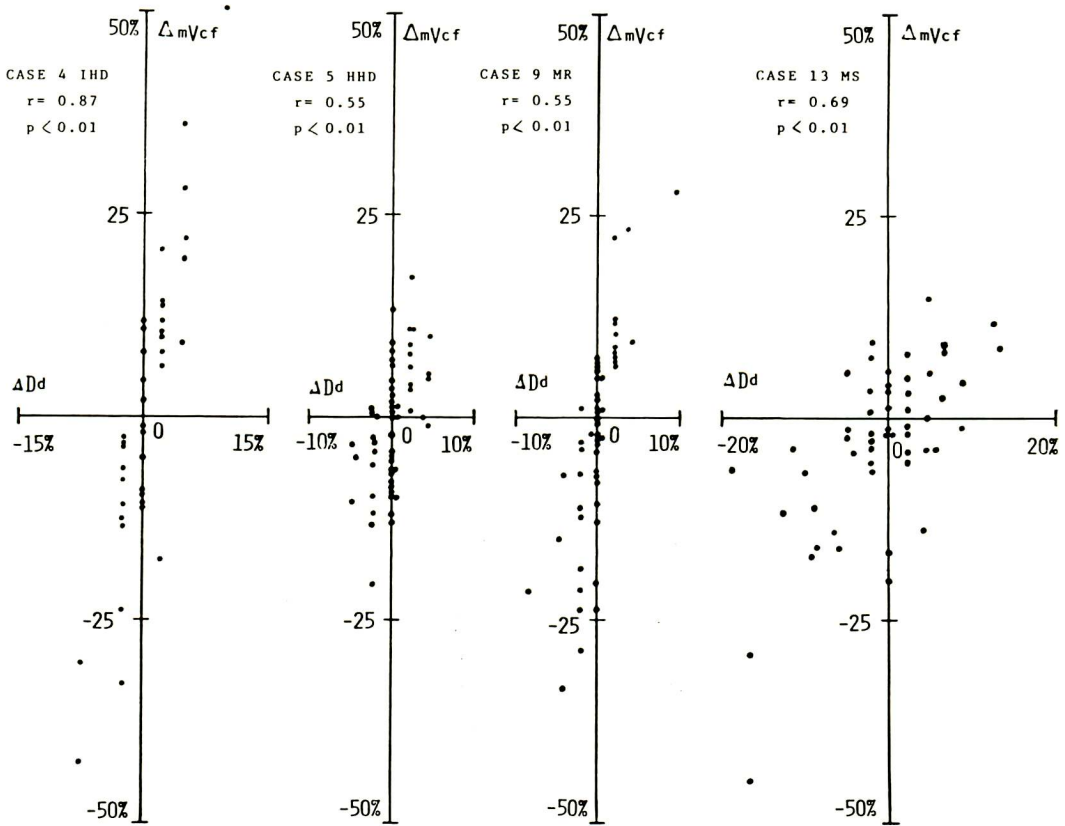


Figure 5. Correlation between the change in Dd and the corresponding change in mVcf in Case 4, 5, 9 and 13.

Relatively good correlations were obtained in cases of IHD and MS, but they were fair in cases of HHD and MR.

EFの変動は、一般的には preloadの変動と高い相関を示したが、左室壁肥厚例ではこれら両者の相関は低くなる傾向を示した。他方 EFの変動とPPI/PIとの相関はすべての症例でpreloadの変動との相関よりも低くなったが、疾患による明らかな差は見出せなかった。しかし、偏相関係数より検討すると左室壁肥厚例でpreloadより高い相関を示すものも存在した。このことは **Figure 2** に示すように Ddの変動幅が小さかったことによるもので、これらの症例での左室拡張障害に由来する所見であると推定される。また MR では、逆流量を含めて EFを算出したため、同様に相関

が低下したと考えられる。

肥大大心における左室拡張障害、あるいは complianceの低下は急速流入期より存在し、洞調律の症例では心房収縮によりこれを代償しているとされている。¹³⁾¹⁴⁾ このことは肥大の存在する心房細動例では、左室の拡張が障害され、preload、即ち Frank-Starling の機構が有効に働かないことを示唆する。しかし一方、左室拡張障害あるいは complianceの低下は、左室壁厚や左室重量とは関係せず、むしろ虚血や線維化の程度に比例するとの報告がある。¹⁵⁾¹⁶⁾ この点につき、私どもも心電図との対比を行ったが、特に明らかな関係はみ

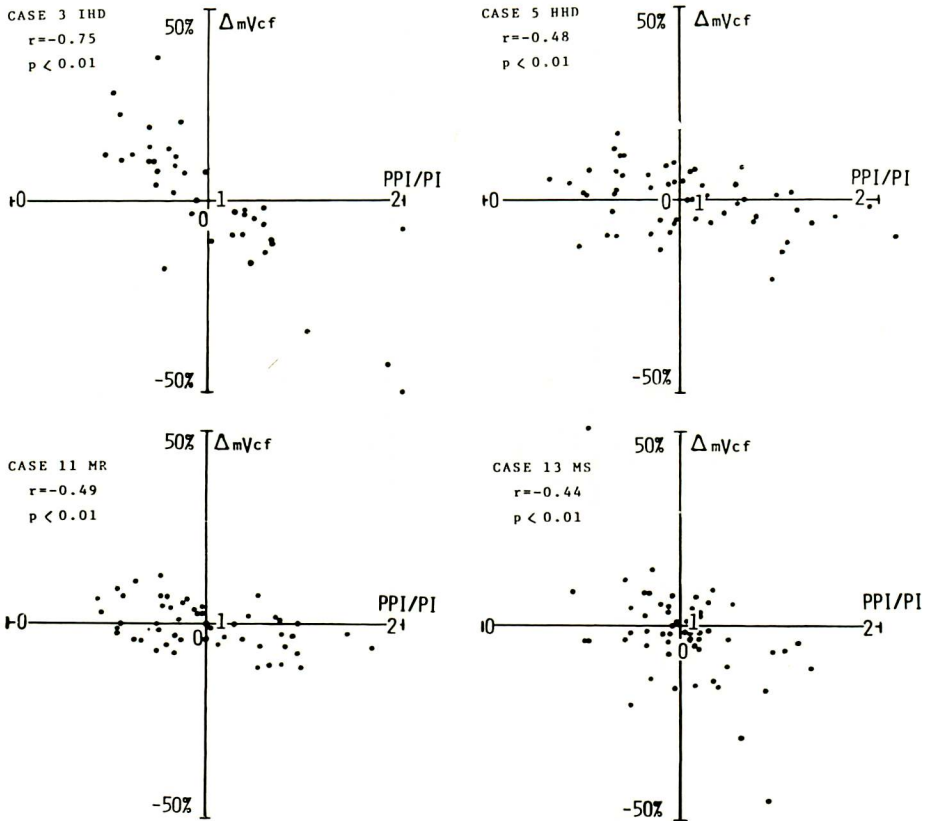


Figure 6. Correlations between PPI/PI and the change in mVcf in Case 3, 5, 11 and 13.
Inverse correlation was good in Case 3, but in other cases these relations were poor.

Table 3. Partial correlation coefficients

Case	ΔDd vs ΔEF	PPI/PI vs ΔEF	ΔDd vs $\Delta mVcf$	PPI/PI vs $\Delta mVcf$
1	0.80	-0.76	0.56	-0.45
2	0.86	-0.40	0.46	-0.32†
3	0.95	-0.67	0.78	-0.31†
4	0.69	-0.45	0.65	-0.17††
5	0.61	-0.75	0.43	-0.32†
6	0.24	-0.67	0.41	-0.08††
7	0.81	-0.67	0.75	-0.67
8	0.63	-0.55	—	—
9	0.90	-0.90	0.54	-0.57
10	0.39	-0.32†	0.57	-0.73
11	0.32†	-0.49	0.31†	-0.66
12	0.54	-0.04††	0.61	-0.42
13	0.83	-0.35	0.69	-0.45

No mark: $p < 0.01$, †: $p < 0.05$, ††: p , not significant.

られなかった。

一方 mVcf の変動も、EF の場合より劣るとはいえ、preload の変動と高い相関を示したが、PPI/PI との相関は有意性を欠くものも認められた。このことは preload が mVcf に対してかなり影響することを意味する。一方 Quinones ら¹⁷⁾ の報告によると、mVcf は afterload の変動に大きく影響を受けるが、preload の変動に対してはほとんど影響を受けないとされている。Afterload に関しては、今回大動脈圧を同時記録していないため今後の問題として残されているが、mVcf が preload の変動により影響を受け、各心拍毎に変動することは Karliner ら¹⁸⁾ も報告しており、私どもの所見と一致した。

以上の研究での問題点はいくつかあげられる。第 1 には、各心拍毎に異なる左室収縮状態の指標として EF, mVcf を用いたことにある。これらは、それぞれ左室ポンプ機能、心筋収縮能をあらわすよい指標として現在用いられている。しかし、これらの指標がどこまで正確に左室収縮状態を反映しているかは問題であるとする報告もみられる。

¹⁸⁾¹⁹⁾ 第 2 に、PPI/PI が inotropic state とよく相関するとされているため、²⁰⁾ 私どもは PPI/PI と EF, mVcf の変動について検討したが、このような心周期の変化と心筋の inotropic state についての関係は、現在なお不明な点が多い。また Karliner ら¹⁸⁾ は preload, afterload がほぼ一定の心拍を選び PPI/PI の変化による EF, mVcf の変動を証明しているが、PPI/PI の EF, mVcf の変動に及ぼす影響には、部分的には preload, afterload の変動が関与しているため、独立した因子となり得ない可能性がある。

今回の研究では、心房細動の各心拍毎の収縮には第 1 に preload, すなわち Frank-Starling の機構が、第 2 に心周期の変化が影響を及ぼし、かつ Frank-Starling の機構がすべての疾患で一様に働かず、基礎疾患によりその働きの程度が異なるという傾向を示した。しかし症例が少なかつたため、明確な結論は得られず、今後症例を増しさらに検

討を重ねる必要があると考えられる。

要 約

各種心房細動例 13 名において、RR 時間、心エコー図より拡張終期径 (Dd)、左室駆出率 (EF)、平均左室内周短縮速度 (mVcf) を測定した。各心拍毎の EF, mVcf の変化 (Δ EF, Δ mVcf) と Dd の変化 (Δ Dd)、心周期の変化、即ち先々行 RR の先行 RR に対する比 (PPI/PI) の相関関係につき検討した。

左室壁厚正常例では、 Δ Dd と Δ EF の間に高い相関を示し、他方壁肥厚例ではこれらの相関は低下した。PPI/PI と Δ EF の間にも高い相関を認めたが、特に疾患による差は認められなかった。 Δ mVcf と Δ Dd, PPI/PI との相関は EF の場合に比べ、いずれも低下したが同様の傾向を認めた。

壁肥厚例の左室収縮に対する preload の影響は低下する傾向を示し、これらは左室拡張障害による所見と推察された。

文 献

- 1) Karliner JS, Gault JH, Bouchard RJ, Holzer J: Factors influencing the ejection fraction and the mean rate of circumferential fiber shortening during atrial fibrillation in man. *Cardiov Res* **8**: 18, 1974
- 2) Greenfield JC Jr, Harley A, Thompson HK, Wallace AG: Pressure-flow studies in man during atrial fibrillation. *J Clin Invest* **47**: 2411, 1968
- 3) 藤井諄一, 渡辺 薫, 渡辺 坦, 加藤和三: UCG による左心機能曲線について. *心臓* **6**: 1543, 1975
- 4) 北村和人, 国重 宏, 松岡謙二, 三品頼甫, 朝山 純, 遠藤直人, 高梨忠寛, 松浦 徹, 沢山俊民: 心房細動における心周期, 駆出時間, 1 回拍出量の相互関係: Minnesota impedance cardiograph を用いて. *臨床心音図* **4**: 325, 1974
- 5) Pombo JF, Troy BL, Russel RO Jr: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 6) Fortuin NJ, Hood WP Jr, Craig E: Evaluation of left ventricular function by echocardiography. *Circulation* **46**: 26, 1972
- 7) Braunwald E, Frye RL, Aygen MM, Gilbert JW Jr: Studies of Starling's law of the heart. III.

- Observations in patients with mitral stenosis and atrial fibrillation on the relationships between left ventricular end-diastolic segment, filling pressure and the characteristics of ventricular contraction. *J Clin Invest* **39**: 1874, 1960
- 8) Edmands RE, Greenspan K, Fisch C: The role of isotropic variation in ventricular function during atrial fibrillation. *J Clin Invest* **49**: 738, 1970
 - 9) Rogel S, Mahler Y: Myocardial tension in atrial fibrillation. *J Appl Physiol* **27**: 307, 1974
 - 10) 加藤和三, 渡辺 潤, 新谷富士雄, 渡辺 垣: 不整脈の血行動態. *呼吸と循環* **22**: 307, 1974
 - 11) Tavel ME, Baugh DO, Feigenbaum H, Nasser WK: Left ventricular ejection time in atrial fibrillation. *Circulation* **46**: 744, 1972
 - 12) 加藤和三, 渡辺 潤, 渡辺 垣, 大田昭夫, 鈴木啓吾, 新谷富士男, 福田 仁, 高橋宣光, 小山晋太郎: 冠硬化症の血行動態 (第7報) 心房細動. *日循誌* **31**: 1280, 1967
 - 13) 勝目 紘, 古川啓三, 松久保晴生, 朝山 純, 渡辺俊光, 遠藤直人, 国重 宏, 松浦 徹, 伊地知浜夫, 垣内 孟: UCG における左房径の経時的変動. *日超医論文集* **28**: 181, 1975
 - 14) Hammermeister KE, Warbasse JR: The rate of change of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. *Circulation* **49**: 739, 1974
 - 15) Hamilton GW, Murray JA, Kennedy JW: Quantitative angiocardiology in ischemic heart disease. *Circulation* **45**: 1065, 1972
 - 16) Tyberg JV, Yeatman LA, Parmley WW, Urschel CW, Sonnenblick EH: Effects of hypoxia on mechanics of cardiac contraction. *Amer J Physiol* **218**: 1780, 1970
 - 17) Quinones MA, Gaasch WH, Cole, JA, Alexander JK: Echocardiographic determination of left ventricular stress-velocity relation in man. *Circulation* **51**: 689, 1975
 - 18) Ross J Jr, McCullagh WH: Nature of enhanced performance of the dilated left ventricle in the dog during chronic volume overloading. *Circulat Res* **30**: 549, 1972
 - 19) Tsakiris AG, Vandenberg RA, Banchemo N, Sturm RE, Wood EH: Variations of left ventricular end-diastolic pressure, volume and ejection fraction with change in outflow resistance in anesthetized intact dogs. *Circulat Res* **23**: 213, 1968
 - 20) Shabetai R, Uther JB, Peterson KL, Ross J Jr: Potentiation of contraction by premature activation in patients with normal and abnormal left ventricular function. *Amer J Cardiol* **29**: 291, 1972