

心房細動例における左室駆 出血流と左室壁動態の関連

Left ventricular systolic blood flow dynamics and left ventricular wall motion abnormalities in atrial fibrillation

馬渡 浩介
真田 純一
田中 康博
黒岩 宣親
中村 一彦
橋本 修治

Kosuke MAWATARI
Jun-ichi SANADA
Yasuhiro TANAKA
Nobuchika KUROIWA
Kazuhiko NAKAMURA
Shuji HASHIMOTO

Summary

We have already reported that, in atrial fibrillation (Af) "back flow" in the left ventricular (LV) central or apical area may occur in the cardiac cycle with a short preceding R-R interval, especially in cases with impaired LV pump function. This abnormal flow was considered to be caused by LV asynchrony. Analysis of LV wall motion abnormalities, however, is a less established procedure.

The purpose of the present study was to clarify the relationship between LV blood flow dynamics and LV wall motion using pulsed Doppler echocardiography and left ventriculography.

The results were as follows:

1. In seven of 15 cases "back flow" was observed in the LV central or apical area.
2. On left ventriculography in the seven cases, the apical area showed a backward movement in a longitudinal direction in the cardiac cycle with a short preceding R-R interval.
3. The % shortening of the long-axis dimension was significantly decreased in the seven cases with back flow, and three of them had negative values.
4. Ejection fractions (EF) of both the apical and basal halves were significantly decreased in cases with back flow, and the difference in the ejection rate of the apical and basal halves tended to decrease in cases with back flow.
5. LVEF was also significantly decreased in the cases with back flow.

These results indicate that left ventricular "back flow" observed in Af is caused by the LV asynchrony due to localized wall motion abnormalities in the apical area.

Key words

Pulsed Doppler echocardiography

Atrial fibrillation

Back flow

Left ventricular asynchrony

鹿児島大学医学部 第二内科
鹿児島市宇宿町 1208-1 (〒890)

The Second Department of Internal Medicine, Kagoshima University School of Medicine, Usuki-cho 1208-1, Kagoshima 890

Received for publication November 25, 1987; accepted February 1, 1988 (Ref. No. 34-7)

緒 言

従来より我々は超音波パルス・ドップラー法を用いて心房細動例における左室駆出血流動態について検討し, その駆出血流が先行 R-R 間隔によって変化することを報告してきた. 特に先行 R-R 間隔短縮時, 左室中央部で正常とは逆方向の駆出血流 (“back flow”) が認められ, この flow が心機能低下例で出現しやすいこと¹⁾, さらに左室流入血流動態と頸動脈波の対比により, 心房細動例の脈拍欠損発生機転の一つとして, この異常血流の関与が示唆されること²⁾を報告してきた.

今回は, 心房細動例の左室造影所見と超音波パルス・ドップラー法による左室内血流とを比較し, 特に左室駆出血流と左室壁動態との関連について検討し, 先行 R-R 間隔短縮時の左室内駆出血流逆転のメカニズムを解析した.

対象と方法

対象は超音波パルス・ドップラー法を施行し, かつ良好な左室造影所見の得られた心房細動例で, 左室造影時心拍数 100/分 以上の頻脈を示した 2 例と, 40/分の徐脈例 1 例を除く 15 例である. その基礎疾患は拡張型心筋症 5 例, 収縮性心膜炎 4 例, 僧帽弁狭窄症, 異型狭心症がそれぞれ 2 例ずつ, 高血圧性心臓病, アルコール性心筋症が 1 例ずつであった. 全例, 左室造影にて先行 R-R 間隔の十分保たれた心周期 (380~1390 msec 以上) では左室壁運動に局所的な asynergy を認めず, 同時に施行した冠動脈造影所見にても, 有意な器質的狭窄は認めなかった.

使用装置は超音波パルス・ドップラー法と断層装置の複合システムであるアロカ製 SSD910 型 (発振周波数 2.75 MHz, パルス繰り返し周波数 4.4 KHz, パルス信号の time delay 22 msec)³⁾ である. 記録紙上, 縦方向は周波数分布 (流速) を示し, 各点間は 440 Hz, 横方向は時間経過を表す. 基線より上向きは探触子へ近づく血流 (toward),

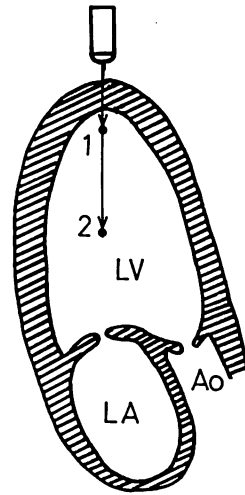


Fig. 1. Schematic illustration of the sampling sites (reproduced by permission¹⁾).

Sampling sites are set on the apical long-axis view of the two-dimensional echocardiogram.

1: apical area; 2: central area; Ao=aorta; LV=left ventricle; LA=left atrium.

下向きは探触子より遠ざかる血流 (away) として描出される.

記録は, 被検者を半左側臥位とし, 心尖部アプローチで主に呼吸停止にて, 毎秒 100 mm の紙送り速度で行った. 左室内血流の検討は Fig. 1 に示すように, 心尖部より超音波ビームを投入し, 左室中央部, 心尖部にて行った.

左室壁運動は, Sones カテーテルあるいはピッグテイルカテーテルを用い, 76% Urografin を毎秒 6~10 ml の速度で注入し, 汎用のシネアンギオグラフィー装置で, 毎秒 50 または 60 フレームで撮影した左室造影像により検討した. 左室駆出率 (EF) は, RAO (右前斜位) 30 度の方向より撮影した左室造影像より, Kennedy ら⁴⁾の方法を用いて算出した. なお, 左室造影と超音波パルス・ドップラー法の施行間隔は一週間以内であった.

結 果

超音波パルス・ドップラー法による左室内血流の検討では、15例中7例で、左室中央部、心尖部において、**Fig. 2** 黒矢印に示すごとく、先行 R-R 間隔短縮時のみに、正常とは逆向きの心尖部へ向かう層流性血流を認めた。これらを back flow ⊕ 群、他の8例を back flow ⊖ 群とした。

Back flow ⊕ 群の左室造影所見は、心周期により異なった壁運動パターンを示した。同群の1症例(アルコール性心筋症)の左室造影所見を **Fig. 3** に示す。**Fig. 3** 右側 は先行 R-R 間隔の長い通

常の心周期 (820 msec) の拡張末期、収縮末期像であるが、左室壁は比較的均等に収縮するのに対し、**Fig. 3** 左側 に示すごとく、back flow 出現時の心周期と同様に先行 R-R 間隔が短い心周期では (460 msec)、心尖部左室壁は長軸方向へ延長して dyskinesis を示し、心基部側のみ収縮する asynchrony を示した。

この壁運動異常の解析結果は以下の如くであった。

1. Back flow と左室長軸短縮率との関係

左室造影中、個々の症例における先行 R-R 間隔の最も短い心周期の拡張末期、収縮末期第1斜

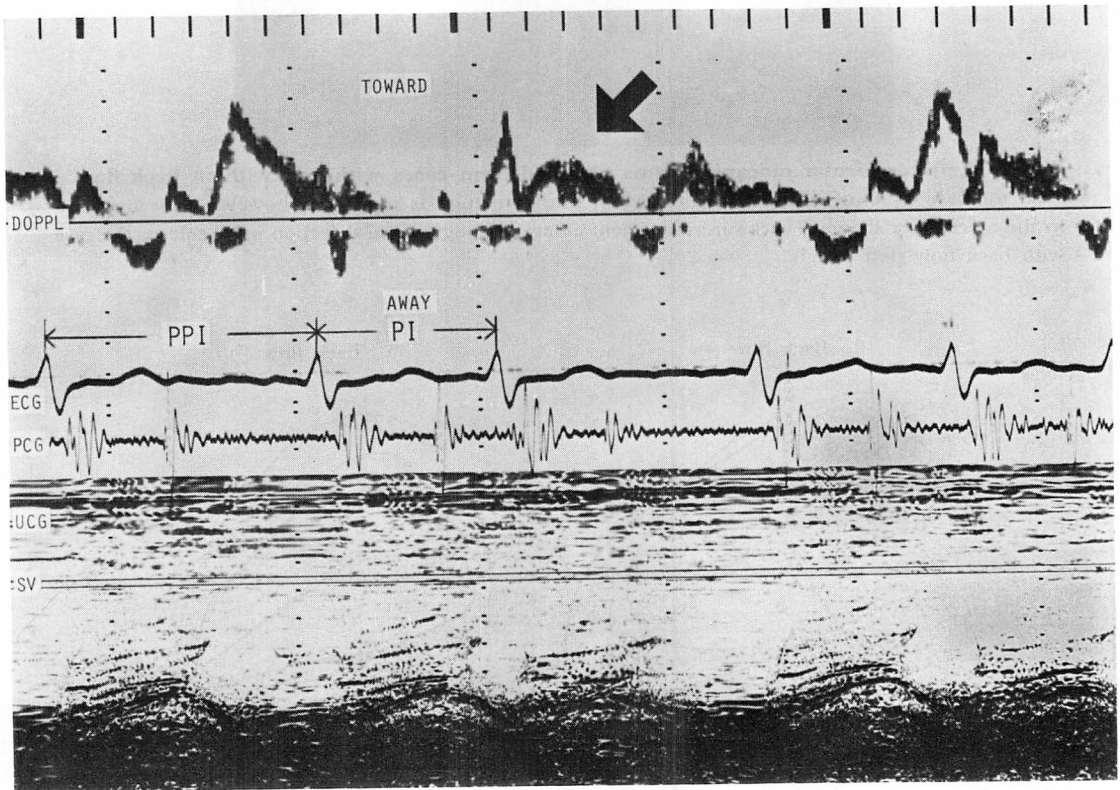


Fig. 2. Doppler signals at the central area obtained from a case with atrial fibrillation (reproduced by permission¹⁾).

Systolic backward flow (back flow) is observed in the cardiac cycle with a short preceding R-R interval (arrow).

PPI=pre-preceding R-R interval; PI=preceding R-R interval; DOPPL=Doppler; PCG=phono-cardiogram; ECG=electrocardiogram; UCG=ultrasound cardiogram; SV=sample volume.

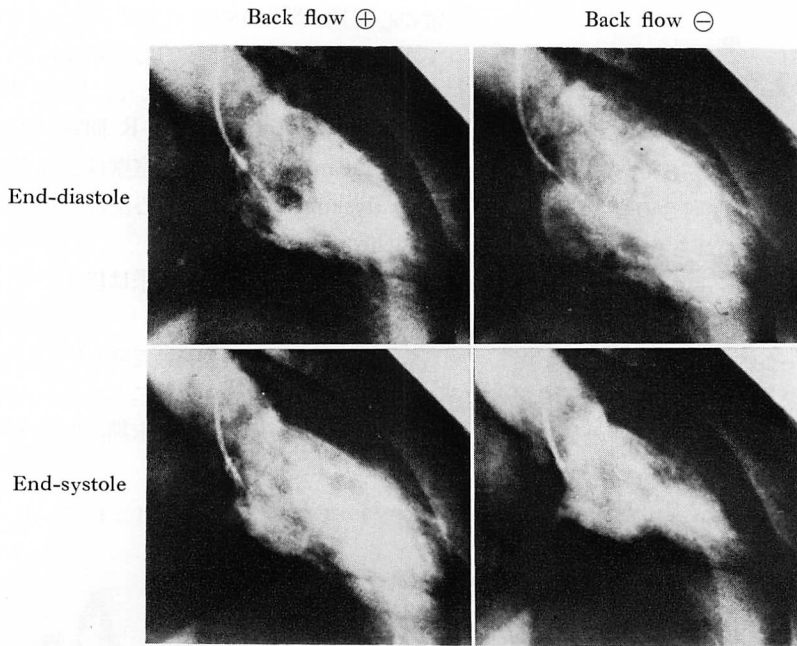


Fig. 3. Left ventricular cineangiograms obtained from cases with and without back flow.

In the case without back flow (right panel), cardiac motion is preserved, however, it is impaired in the apical area showing backward movement along the longitudinal direction in systole in the case with back flow (left panel).

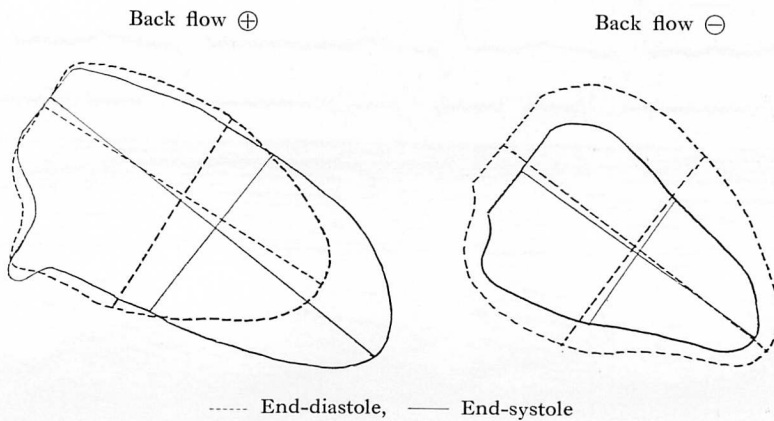


Fig. 4. Schematic illustration of the measurements of left ventricular cineangiograms obtained from cases with and without back flow.

位像をトレースし, **Fig. 4** に示すごとく, 大動脈径の midpoint より心尖部へ引いた長軸径を求め, 左室拡張末期長軸径に対する収縮に伴う長軸径の変

化率を左室長軸短縮率とした. 同測定値は back flow \ominus 群に比し, \oplus 群は有意の低値を示した (23.2 ± 7.3 対 1.3 ± 15.3 , $p < 0.01$). また 7 例中 3

例では負の値を示した (Fig. 5).

2. Back flow と心尖部側駆出率, 心基部側駆出率
および両領域の駆出容量の差との関係

左室造影のトレース像の長軸径の中点における垂線で, 全体の面積を, 心尖部側および心基部側に2分割し, 比較検討した (Fig. 4). 心尖部側, 心基部側の拡張末期面積に対する収縮に伴う面積の変化率を, 便宜上, それぞれ心尖部側駆出率, 心基部側駆出率とし, さらに心尖部側と心基部側について, 収縮に伴う面積の変化を拡張末期左室全体の面積に対する比として求め, これらの領域の駆出率容量の差の指標とした. 両群の心尖部側駆出率を比較すると, back flow ⊖群に比し ⊕群は有意の低値を示した (47 ± 13 対 $16 \pm 16\%$, $p < 0.02$) (Fig. 6). さらに back flow ⊕群7例中, 左室長軸短縮率が負の値を示した3例では, 心尖

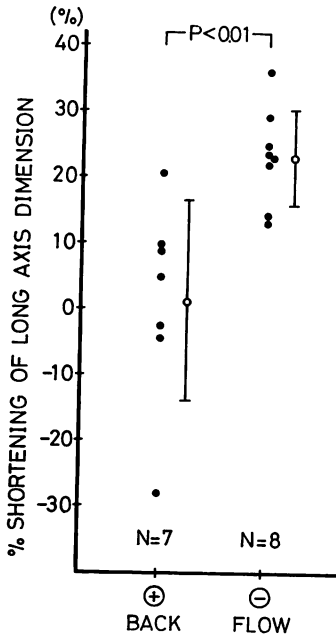


Fig. 5. Comparison of % shortening of long-axis dimension in cases with atrial fibrillation with and without back flow.

The % shortening of long-axis dimension is significantly decreased in the cases with back flow.

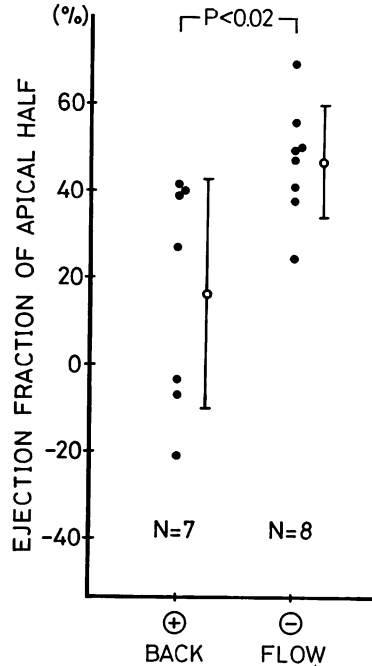


Fig. 6. Comparison of ejection fraction (EF) of the apical half of the left ventricle in cases with atrial fibrillation with and without back flow.

The EF of the apical half is significantly decreased in cases with back flow.

部側駆出率も負の値を示した. また, 心基部側駆出率も, Fig. 7 に示すごとく, back flow ⊖群に比し, ⊕群で有意に低値を示し, (44 ± 28 対 $17 \pm 21\%$, $p < 0.02$), うち 1 例では負の値を示した.

心基部側と心尖部側における収縮に伴う駆出容量の差の比較では, Fig. 8 に示すごとく両群間に有意差は認められなかったものの, back flow ⊕群では低値を示す傾向にあった.

3. Back flow と左室駆出率との関係

Back flow ⊕群と ⊖群の左室造影所見より求めた左室駆出率 (EF) を Fig. 9 に示す. EF は back flow ⊖群に比し, ⊕群では有意の低値を示した (58 ± 17 対 40 ± 13 , $p < 0.05$). すなわち, back

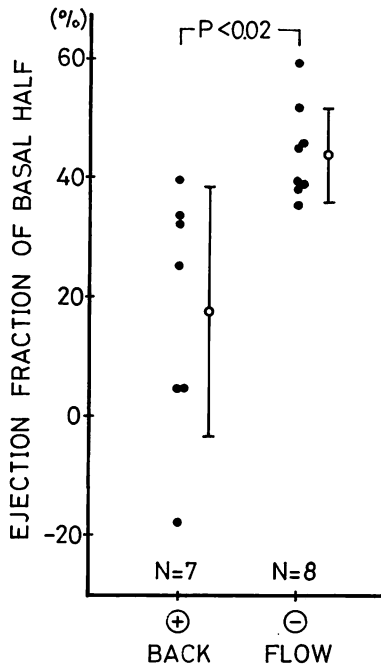


Fig. 7. Comparison of ejection fraction (EF) of basal half of the left ventricle in cases with atrial fibrillation with and without back flow.

The EF of basal half is decreased significantly in the cases with back flow.

flow 出現症例では, 左室ポンプ機能の低下が示された。

これらの解析における心拍数の検討では, 超音波パルス・ドップラー法施行時の back flow ⊕ 群と ⊖ 群の心拍数に有意差を認めず (78 ± 11 対 67 ± 10), また back flow ⊕ 群における超音波パルス・ドップラー法施行時と左室造影施行時の心拍数にも, 有意差を認めなかった (78 ± 11 対 84 ± 21).

考 察

心房細動例では, 先行 R-R 間隔短縮時, 左室流入血流量が減少するため, 後続心周期の左室駆出血流量の減少をきたし, 脈拍欠損の原因となることについてはすでに報告されている^{5,6)}. これ

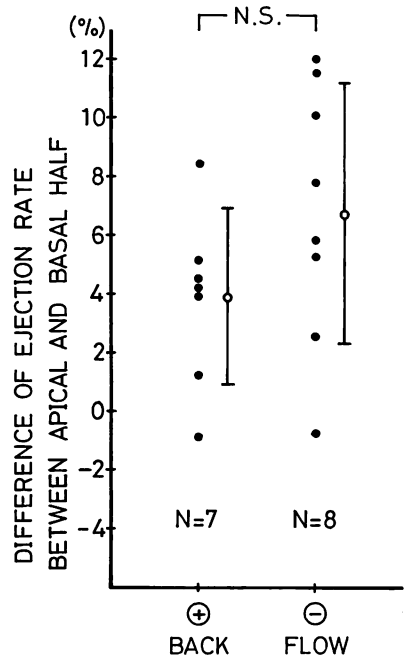


Fig. 8. Comparison of differences in ejection rates between apical and basal halves of the left ventricle in cases with atrial fibrillation with and without back flow.

There is no significant difference, however, it tends to be reduced in the cases with back flow.

に対して, 我々はある程度の左室流入血流が保たれていても脈拍欠損を生じる症例のあることを経験し, その時の左室中央部駆出血流は back flow を示すことを報告した. その機序として心尖部領域を中心とする壁運動異常に伴う左室の asynchrony の存在が示唆された²⁾. 今回は超音波パルス・ドップラー法により, 左室内 back flow を認めた心房細動例の左室造影法による壁運動所見を, 左室長軸短縮率, 心尖部側駆出率, 心基部側駆出率, 両領域の駆出容量の差をパラメーターとして検討した.

その結果, 左室長軸短縮率, 心尖部側駆出率は, back flow ⊕ 群で有意の低値を示すとともに, これら 7 例中 3 例では負の値を示した. このことは back flow ⊕ 群では先行 R-R 間隔短縮時の

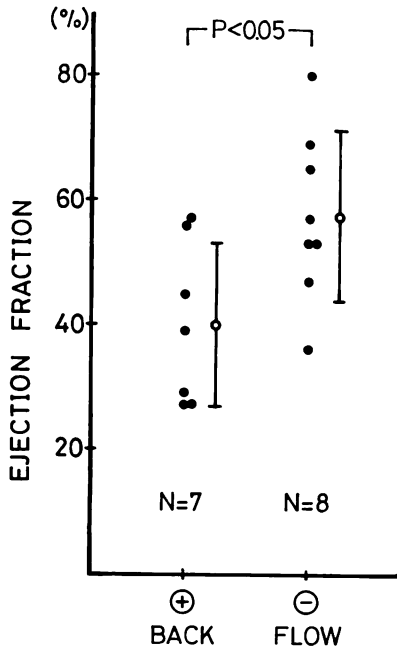


Fig. 9. Comparison of left ventricular ejection fraction (LVEF) in cases with atrial fibrillation with and without back flow.

The LVEF is significantly decreased in cases with back flow.

収縮期に、心尖部の収縮運動が低下するばかりでなく、左室長軸上を逆方向へ延長拡大し、dyskinesis をきたすことを示すものと思われた。さらに心尖部側と心基部側の駆出容量の差をみると、back flow ⊕ 群は ⊖ 群に比較して低値傾向を示しており、このことも back flow ⊕ 群では、心基部側に比較して、心尖部側の駆出が低下していることを示唆するものと考えられた。一方、心基部側駆出率も back flow ⊕ 群では低値を示したが、このことは、左室造影所見検討に際して、中線の設定の問題が大きく影響しているものと考えられる。すなわち、Fig. 10 に示すごとく、asynchrony 出現症例では、収縮末期トレース像において、心尖部側壁運動異常に伴い、左室中線が心尖部側へ移動することになり(白矢印)、収縮期心基部側左室容量を過大評価してしまうことが

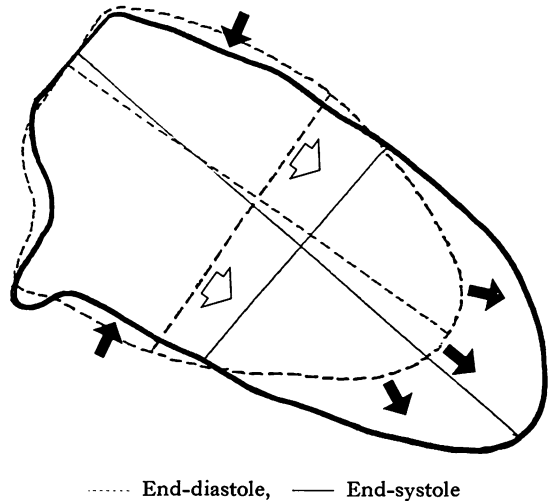


Fig. 10. Left ventricular trace (left ventriculography: RAO) obtained from a case with atrial fibrillation with back flow.

In the cardiac cycle with a short preceding R-R interval, the motion is impaired in the apical area, showing backward movement. However, it is preserved in the basal area (black arrow). In systole, left ventricular midline shifts toward the apex (white arrow).

その原因と考えられた。しかしながら、黒矢印に示すごとく、左室心基部側が収縮運動を示している事は明らかである。さらに一方では、心尖部側駆出率に関し、同じ理由により逆のことが考えられ、先に述べた心尖部側と心基部側の駆出容量の差については、過小評価しているものと思われた。以上より、back flow ⊕ 群では先行 R-R 間隔短縮時の収縮期に、心基部側に比較して心尖部側の収縮運動が低下するばかりでなく、逆に拡張する、すなわち asynchrony が出現することが示された。

左室 asynchrony に関する過去の報告では、LeWinter ら⁷⁾が、後負荷上昇による圧負荷により、左室の短縮量は心基部で低下を示したものの、中間部、心尖部では不変であったと報告している。これに対して Kumada ら⁸⁾は、麻酔犬で、後負荷を上昇させると、心基部側に比べ、左室心

尖部側の壁厚増加率が低下すると指摘し, さらに Liedtke ら⁹⁾はイヌに methoxamine を投与して後負荷を増大させると, 左室心尖部がほぼ akINETIC になることを報告した. 今回の我々の検討においても, asynchrony の出現する心周期は先行 R-R 間隔短縮時の後負荷が高値の心周期であり, asynchrony 出現に後負荷の関与が示唆されたものと考えられる.

我々はこれまで, 特に左室ポンプ機能低下を有する心房細動例で上記の所見が出やすいことを報告してきた^{1,2)}. Ross ら^{10,11)}は, 前負荷の予備を使い果たした病的心筋では, 後負荷が増すと駆出量が逆比例して減少するという afterload mismatch なる概念を提唱しているが, この考え方は, 心機能低下例で本現象が出現しやすいという我々の結果と矛盾しないと考えられる.

以上の結果より, 心房細動例で先行 R-R 間隔短縮時に認められ, 正常とは逆向きの心尖部側へ向かう左室駆出血流 (back flow) の出現には, 心尖部を中心とする左室局所壁運動異常に起因した asynchrony が原因となることが示された.

要 約

心房細動例で左室造影所見と超音波パルス・ドップラー法による左室内血流とを比較検討することにより, 左室駆出血流と左室壁動態との関連について解析を試みた.

1. 超音波パルス・ドップラー法による左室内血流の検討では, 15 例中 7 例で back flow を認め (back flow ⊕ 群), 他の 8 例では認めなかった (back flow ⊖ 群).

2. Back flow ⊕ 群の左室造影所見では, 先行 R-R 間隔短縮時, 心尖部側は長軸方向へ延長して dyskinesis を示し, 心基部側は収縮する asynchrony を示した.

3. Back flow と左室長軸短縮率との関係では, 同測定値は back flow ⊖ 群に比し, ⊕ 群では有意の低値を示すとともに, 7 例中 3 例では負の値を示した.

4. Back flow と心尖部側駆出率, 心基部側駆出率および両領域の駆出容量の差との関係では, 心尖部および心基部側駆出率の両指標とも, back flow ⊖ 群に比し, ⊕ 群で有意の低値を示した. さらに両領域の駆出容量の差の比較では, back flow ⊕ 群では低値を示す傾向にあった.

5. Back flow と左室駆出率との関係をみると, 同測定値は back flow ⊖ 群に比し, ⊕ 群は有意の低値を示した.

6. 以上の結果より, 心房細動例における先行 R-R 間隔短縮時に認められる左室内 back flow の出現には, 心尖部を中心とする左室局所壁運動異常に起因した asynchrony が原因となることが示された.

文 献

- 1) Mawatari K, Kuroiwa N, Sanada J, Kawahira M, Kawagoe H, Nakamura K, Hashimoto S: Assessment of abnormal left ventricular systolic blood flow in atrial fibrillation. *J Cardiogr* 17: 625, 1987 (in Japanese)
- 2) Mawatari K, Sanada J, Kuroiwa N, Okumiya K, Nakamura K, Hashimoto S: Mechanism of production of pulse deficit in atrial fibrillation: Assessment by blood flow dynamics. *J Cardiogr* 18: 197, 1988 (in Japanese)
- 3) Sanada J, Nakamura K, Minami Y, Kuroiwa N, Ohshige T, Hashimoto S: Assessment of left ventricular isovolumic contraction flow by the use of pulsed Doppler echocardiography. *Kokyu to Junkan* 31: 81, 1983 (in Japanese)
- 4) Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IS: Left ventricular volume and mass from single plane cineangiogram: A comparison of anteroposterior and right anterior oblique method. *Am Heart J* 80: 343, 1970
- 5) Rosenberg SZ: Relationship between electrical and mechanical events in atrial fibrillation: A study of direct arterial pressure tracings. *Am Heart J* 53: 18, 1957
- 6) Greenfield JC, Harley A, Thompson HK, Wallace AG: Pressure-flow studies in man during atrial fibrillation. *J Clin Invest* 47: 2411, 1968
- 7) LeWinter MM, Kent, RS, Kroener JM, Carew TE, Covell JW: Regional differences in myocardial performance in the left ventricle of the dog.

- Circ Res **37**: 191, 1975
- 8) Kumada T, Ozaki M, Matsuzaki M, Hiro T, Miura T, Kohtoku S, Kohno M, Yano M, Kusakawa R: Left ventricular relaxation and nonuniformity of the regional wall thickening during acute increase in afterload. *Circulation* **72**: III-87, 1985
- 9) Liedtke AJ, Pasternac A, Sonnenblick EH, Gorlin R: Changes in canine ventricular dimensions with acute changes in preload and afterload. *Am J Physiol* **223**: 820, 1972
- 10) Ross J Jr, Franklin D, Sasayama S: Preload, afterload, and the role of afterload mismatch in the descending limb of cardiac function. *Eur J Cardiol* **4** (Suppl): 77, 1976
- 11) Ross J Jr: Afterload mismatch and preload reserve: A conceptual framework for the analysis of ventricular function. *Prog Cardiovasc Dis* **18**: 255, 1976