

心房細動例における除細動前後の肺静脈および僧帽弁口血流速波形変化

Changes in Pulmonary Venous and Transmitral Flow Velocity Patterns After Cardioversion of Atrial Fibrillation

井内 新
大木 崇
田畑 智継
真鍋 和代
影治 好美
佐々木美和
濱 美紀
山田 博胤
福田 信夫

Arata IUCHI
Takashi OKI
Tomotsugu TABATA
Kazuyo MANABE
Yoshimi KAGEJI
Miwa SASAKI
Minori HAMA
Hirotsugu YAMADA
Nobuo FUKUDA

Abstract

The time course of recovery of left atrial mechanical function after electrocardioversion of atrial fibrillation was examined in 25 patients with atrial fibrillation by recording pulmonary venous and transmitral flow velocities and interatrial septal motion during atrial systole within a day (16 ± 5 hours) and ten days after cardioversion of atrial fibrillation by transesophageal and transthoracic Doppler and M-mode echocardiography. There were 6 patients with hypertension, 4 with ischemic heart disease, 2 with alcoholic heart, 5 with dilated cardiomyopathy, and 8 without underlying heart disease. The peak velocities of the atrial systolic waves of the transmitral and pulmonary venous flow velocities (A and PVA, respectively) and first systolic wave (PVS₁) of pulmonary venous flow, durations of both atrial systolic waves, and amplitude of interatrial septal motion during atrial systole increased significantly ten days after cardioversion compared with those measured within a day of cardioversion in all patients except the 5 patients with dilated cardiomyopathy. Peak velocity of the second systolic wave (PVS₂) of pulmonary venous flow increased, and that of the early diastolic and diastolic waves (E and PVD, respectively) of transmitral and pulmonary venous flow decreased ten days after cardioversion compared with those within a day of cardioversion. These results suggested that active atrial systolic (A and PVA) and relaxant (PVS₁) parameters obtained from transmitral and pulmonary venous flow velocities are good indicators of left atrial mechanical function after cardioversion of atrial fibrillation.

Key Words

blood flow (pulmonary venous flow, transmitral flow), echocardiography (transesophageal), atrial function (left), defibrillation (counter shock)

はじめに

心房細動を除細動した直後における左房の機械的収縮機能障害については、パルス・ドップラー法による僧帽弁口血流速波形を用いた検討をはじめ、多くの報

告がみられる¹⁻⁶⁾。

一方、近年の経食道心エコー図法の急激な普及により、左房・左室連関としての血行動態評価に僧帽弁口および肺静脈血流速波形を用いた検討がなされ、とくに左房の収縮・弛緩特性やリザーバー機能などの左房

徳島大学医学部 第二内科：〒770 徳島市蔵本町 2-50

The Second Department of Internal Medicine, Tokushima University School of Medicine, Tokushima

Address for reprints: IUCHI T, MD, The Second Department of Internal Medicine, Tokushima University School of Medicine, Kuramoto-cho 2-50, Tokushima 770

Received for publication September 12, 1994; accepted March 6, 1995

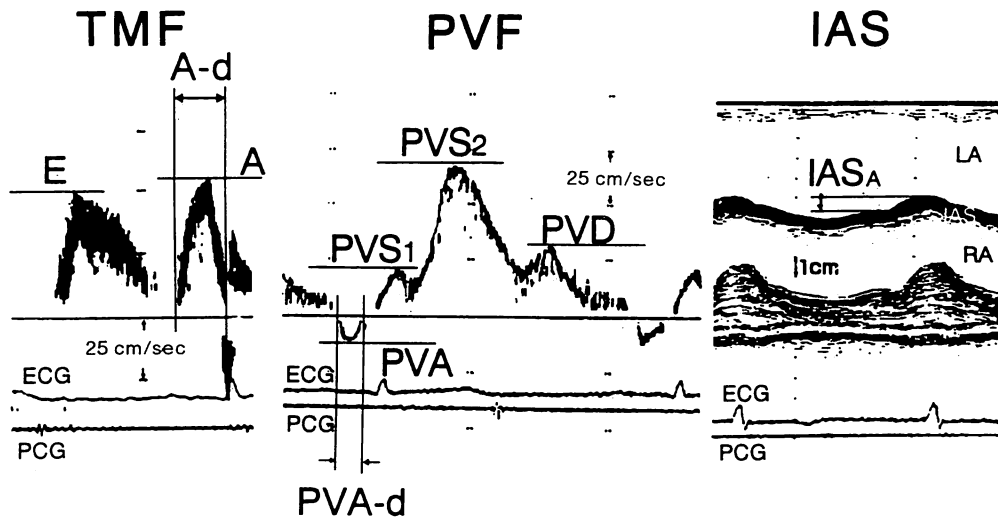


Fig. 1 Measurement methods of various parameters from transmitral and pulmonary venous flow velocities, and interatrial septal motion

TMF=transmitral flow velocity pattern by transthoracic pulsed Doppler echocardiography; E=peak velocity of early diastolic wave of transmitral flow; A=peak velocity of atrial systolic wave of transmitral flow; A-d=duration of atrial systolic wave of transmitral flow; PVF=pulmonary venous flow velocity pattern by transesophageal pulsed Doppler echocardiography; PVA=peak velocity of atrial systolic backward wave of pulmonary venous flow; PVS₁=peak velocity of first systolic forward wave of pulmonary venous flow; PVS₂=peak velocity of second systolic forward wave of pulmonary venous flow; PVD=peak velocity of diastolic forward wave of pulmonary venous flow; PVA-d=duration of atrial systolic backward wave of pulmonary venous flow; IAS=interatrial septal motion obtained by transesophageal M-mode echocardiography; IAS_A=amplitude of interatrial septal motion during atrial systole; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram; LA=left atrium; RA=right atrium

機能評価に対して多くの期待が寄せられている⁷⁻¹⁵⁾。

本研究では、経胸壁および経食道パルス・ドップラー法を用いて上記両血流速波形を記録し、それぞれの指標と心房細動除細動前後の左房収縮および拡張機能との関連性について検討した。

対象と方法

1. 対象

心房細動を電氣的に除細動しえた25例(平均年齢55±17歳;男22例,女3例)を研究対象とした。基礎疾患の内訳は、高血圧6例,虚血性心疾患4例,アルコール性心筋疾患2例,拡張型心筋症5例,および基礎心疾患を有さない孤立性心房細動8例である。

心房細動発症から除細動までの期間は平均32日(3-168日)であり,全例にdisopyramide(300mg/day)を除細動直後から10日後まで投与した。なお,拡張型心筋症5例のうち,除細動後7日に心房細動に復した1例は統計対象から除外した。

2. 方法

全心房細動例に150-200J(joule)で電氣的除細動を

施行した。除細動前24時間以内の心房細動時,除細動後24時間以内(平均16±5時間)および除細動後10日の各時期に経胸壁・経食道パルス・ドップラー法とMモード心エコー図法を施行した。経胸壁アプローチにより僧帽弁口血流速波形と左房エコーグラムを,また経食道アプローチにより左上肺静脈血流速波形と両心房水平断面における心房中隔運動¹⁶⁾を記録し,以下の諸指標を計測した(**Fig. 1**)。

1. 僧帽弁口血流速波形

- 1) 拡張早期波高 (peak velocity of an early diastolic wave: E)
- 2) 心房収縮期波高 (peak velocity of an atrial systolic wave: A)
- 3) EとAの比(A/E)

2. 肺静脈血流速波形

- 1) 心室収縮期第1の陽性波高 (peak velocity of first systolic forward wave of pulmonary venous flow: PVS₁)
- 2) 心室収縮期第2の陽性波高 (peak velocity of second systolic forward wave of pulmonary venous flow: PVS₂)

- 3) 拡張期陽性波高 (peak velocity of a diastolic forward wave of pulmonary venous flow : PVD)
 - 4) 心房収縮期陰性波高 (peak velocity of an atrial systolic backward wave of pulmonary venous flow : PVA)
3. 僧帽弁口および肺静脈血流速波形の各心房収縮期波の持続時間 (おのおの A-d, PVA-d) およびそれらの和 (d-sum)
4. 心房収縮期の心房中隔運動振幅 (amplitude of interatrial septal motion during atrial systole : IASa)
5. 左房径 (left atrial dimension : LAD)
6. 除細動後における A, PVA および PVS₁ の変化度 : 除細動後 10 日の各値から除細動後 24 時間以内の各値の差を除細動後 10 日の各値で除した値を, それぞれの変化度として算出した.

得られた各ドップラーおよび M モード心エコー図は, 5 cm/sec の紙送り速度でストリップ・チャート・レコーダーで記録し, それぞれの計測値は連続 5 心拍の平均値を用いた.

統計学的検討は平均値±標準偏差で表示し, 2 時点の比較は paired Student's *t*-test, 3 時点の比較は分散分析 (ANOVA) を用い, $p < 0.05$ を有意差ありと判定した.

なお, 今回の研究に用いた装置は, アロカ製 SSD870 (5 MHz 経食道探触子) および東芝製 SSH160A-HG (2.5 MHz 経胸壁探触子) である.

結 果

1. 除細動前の僧帽弁口および肺静脈血流速波形

心房の能動的収縮と弛緩の欠除により, 僧帽弁口血流速波形では心房収縮期波がみられず, また肺静脈血流速波形では心房収縮期陰性波および心室収縮期第 1 の陽性波 (PVS₁) がみられず, 収縮初期陰性波 (C) が比較的明瞭に記録された.

2. 除細動前後における心拍数および M モード指標 (Table 1)

心房細動時の心拍数は, 除細動後 24 時間以内, 除細動後 10 日に比べてそれぞれ有意に大 (おのおの $p < 0.01$) であったが, 除細動後の 2 時点間に有意差はみられなかった. 除細動後 10 日の左房径 (LAD) は, 除細動前, 除細動後 24 時間以内に比べて有意な減少 (おの

Table 1 Comparisons of heart rate, left atrial dimension, and amplitude of interatrial septal motion during atrial systole before, within a day, and 10 days after cardioversion of atrial fibrillation

	HR (bpm)	LAD (cm)	IASa (mm)
Before	84 ± 17* ²	4.0 ± 0.7	—
Within a day	70 ± 10	4.0 ± 0.6	2.6 ± 0.7
10 days after	69 ± 14	3.8 ± 0.6* ¹	4.4 ± 1.0* ²

Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

*¹ $p < 0.05$, *² $p < 0.01$ vs others.

HR=heart rate; LAD=left atrial dimension; before=before electrocardioversion of atrial fibrillation; within a day=within a day (16 ± 5 hrs) of electrocardioversion of atrial fibrillation; 10 days after=ten days after electrocardioversion of atrial fibrillation. Other abbreviation as in Fig. 1.

Table 2 Comparisons of Doppler variables from transmitral flow velocities before, within a day, and 10 days after cardioversion of atrial fibrillation

	E (cm/sec)	A (cm/sec)	A-d (msec)	A/E
Before	68 ± 13	—	—	—
Within a day	64 ± 16	24 ± 9	100 ± 16	0.38 ± 0.21
10 days after	57 ± 14* ¹	44 ± 17* ²	134 ± 28* ²	0.77 ± 0.34* ²

*¹ $p < 0.05$, *² $p < 0.01$ vs others.

A/E=ratio of peak velocity of the atrial systolic wave to the early diastolic wave of transmitral flow. Other abbreviations as in Fig. 1.

おの $p < 0.05$) を示した. 除細動後 24 時間以内における心房収縮期の心房中隔運動振幅 (IASa) は, 除細動後 10 日に比べて有意に小 ($p < 0.01$) であった.

Fig. 2 は孤立性心房細動例の除細動後 10 時間および除細動後 10 日の心房中隔運動の変化を示す. 矢印で示す心房収縮期の後方運動 (IASa) は, 除細動後 10 時間では痕跡的 (1 mm) であるが, 10 日後には明らかな振幅の増大 (4 mm) が認められる.

3. 除細動後の僧帽弁口血流速波形 (Table 2, Figs. 3, 4)

除細動後 24 時間以内の心房収縮期波高 (A), その持続時間 (A-d) および A/E は, 除細動後 10 日に比べて有意に小 (おのおの $p < 0.01$) であり, 一方, 拡張早期波高 (E) は有意に大 ($p < 0.05$) であった.

Fig. 4 は孤立性心房細動例の除細動後の僧帽弁口血流速波形の変化を示す. 除細動後 8 時間 (A: 38 cm/sec, E: 75 cm/sec) に比べて, 除細動後 10 日の A (62 cm/sec) は増高, E (50 cm/sec) は減高し, 両血流速波形の持続時間の延長を認める.

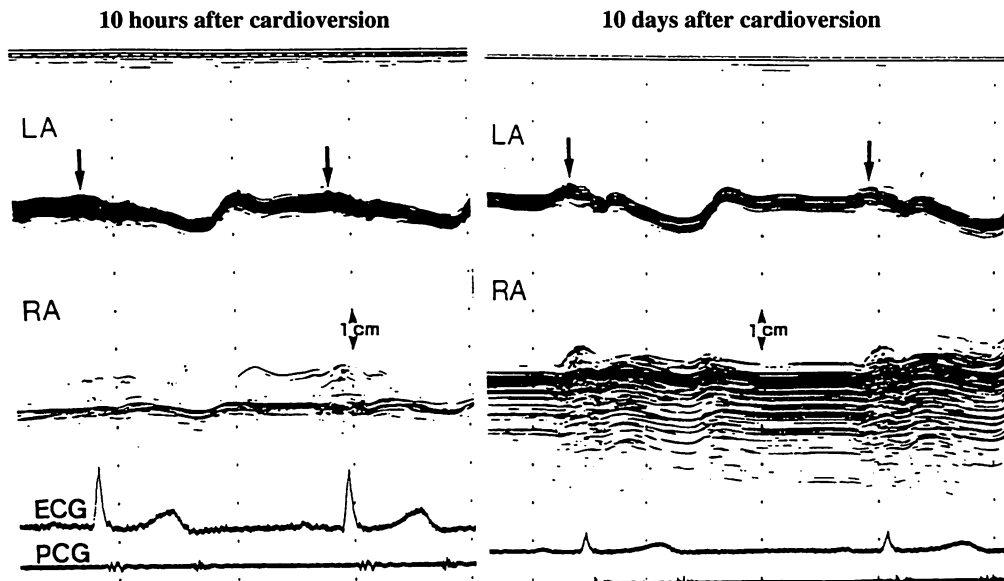


Fig. 2 Interatrial septal motion 10 hrs and 10 days after cardioversion in a patient with lone atrial fibrillation
Arrows indicate interatrial septal motion during atrial systole.
Abbreviations as in Fig. 1.

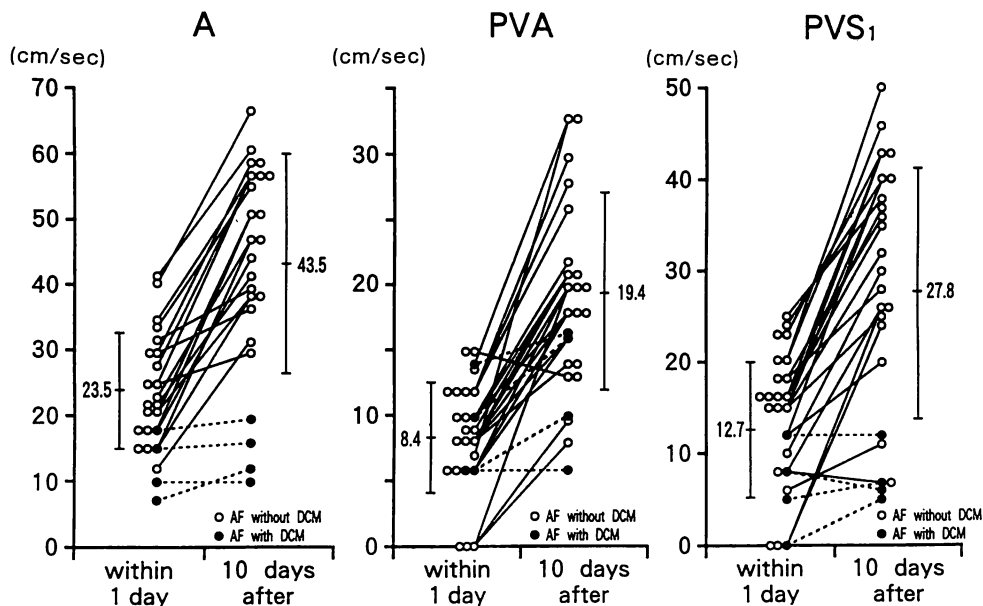


Fig. 3 Comparisons of the peak velocities of atrial systolic waves of transmitral and pulmonary venous flow, and first systolic wave of pulmonary venous flow
AF=atrial fibrillation; DCM=dilated cardiomyopathy. Other abbreviations as in Fig. 1.

4. 除細動後の肺静脈血流速波形 (Table 3, Figs. 3, 5)

除細動後 24 時間以内の PVA, PVA-d, PVS₁ および PVS₂ は, 除細動後 10 日に比べてそれぞれ有意に小(おのおの $p < 0.01$) であり, 一方, 拡張期陽性波高 (PVD) は有意に大 ($p < 0.05$) であった。

Fig. 5 は Fig. 4 と同症例の除細動後における肺静脈

血流速波形の変化を示す。除細動後 8 時間 (PVA : 7 cm/sec, PVS₁ : 20 cm/sec, PVS₂ : 60 cm/sec, PVD : 55 cm/sec) に比べて, 除細動後 10 日の PVA (22 cm/sec) および PVS₁ (46 cm/sec) は増高し, PVD (48 cm/sec) は減高傾向にある。

Table 3 Comparisons of Doppler variables from pulmonary venous and transmitral flow velocities before, within a day, and 10 days after cardioversion of atrial fibrillation

	PVA (cm/sec)	PVS ₁ (cm/sec)	PVS ₂ (msec)	PVD (cm/sec)	PVA-d (msec)	d-sum (msec)
Before	—	—	43±20	48±15	—	—
Within a day	8.4±4.2	13±7	44±17	49±13	77±32	170±39
10 days after	19.4±7.5* ²	28±14* ²	57±16* ²	44±12* ¹	117±40* ²	252±44* ²

*¹*p*<0.05, *²*p*<0.01 vs others.

d-sum=sum of the duration of both atrial systolic waves. Other abbreviations as in Fig. 1.

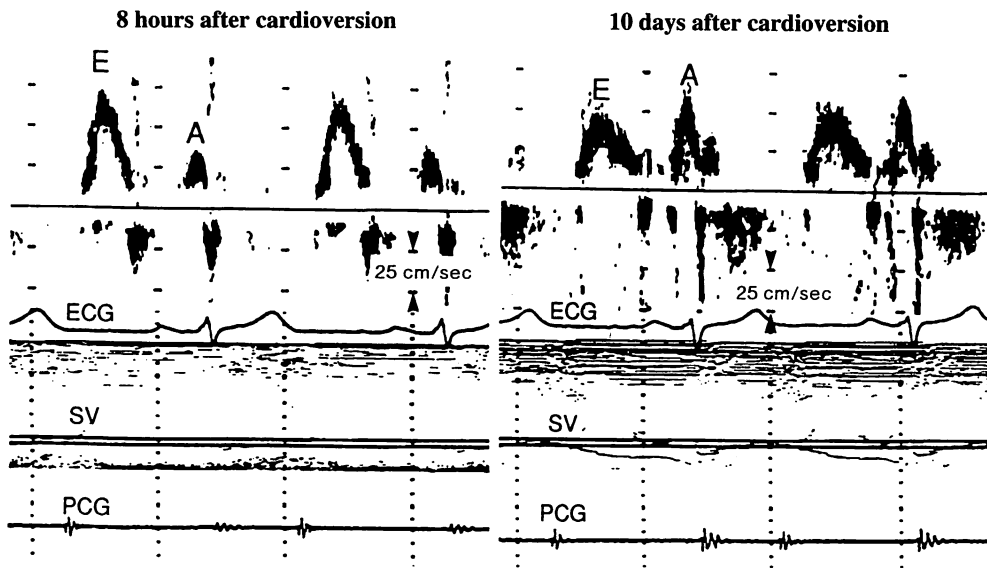


Fig. 4 Transmitral flow velocities 8 hrs and 10 days after cardioversion in a patient with lone atrial fibrillation SV=sample volume. Other abbreviations as in Fig. 1.

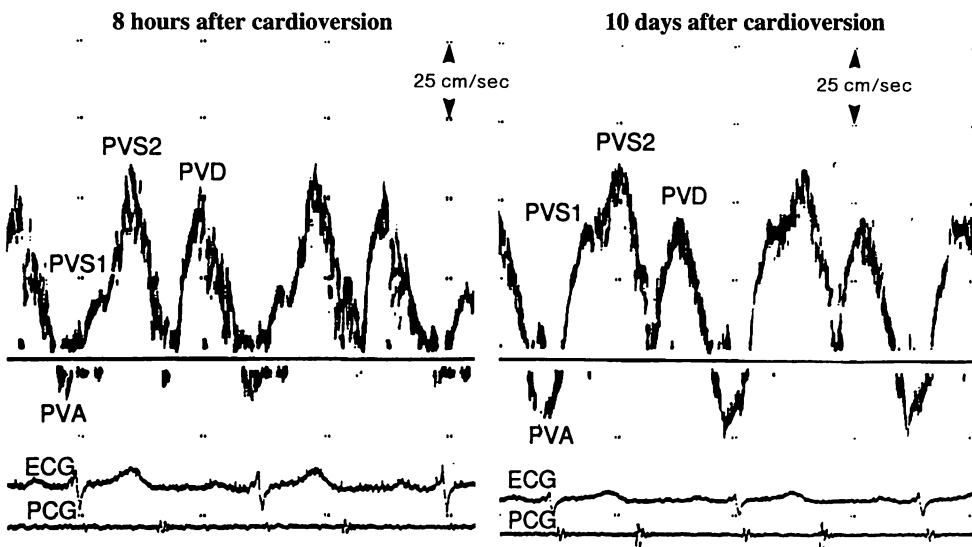


Fig. 5 Pulmonary venous flow velocities 8 hrs and 10 days after cardioversion in the same patient as in Fig. 4. Abbreviations as in Fig. 1.

5. 拡張型心筋症における除細動後の諸指標の変化 (Fig. 3)

他の心房細動例に比べて、僧帽弁口血流速波形のA、肺静脈血流速波形のPVAおよびPVS₁は、除細動後の変化度が有意に小(おのおの $p < 0.01$, $p < 0.01$, $p < 0.05$)であり、うち1例は除細動後7日に心房細動に復した。

考 察

従来より、心房細動除細動直後における左房の機械的収縮能は極端に障害されていることが知られており、“atrial stunning”とも形容されている⁶⁾。そのさいの左房機能評価法としては、心臓カテーテル検査による圧波形^{17,18)}、胸壁拍動図²⁾、パルス・ドップラー法の僧帽弁口血流速波形^{3,4)}あるいは左心耳内血流パターン⁵⁾などが用いられている。

本研究では、僧帽弁口および肺静脈血流速波形の両波形を記録することにより、心房細動の除細動前後における左房の機械的機能の変化を検討した。左房の能動的収縮時における左房内血液は、僧帽弁口を介しての左室への流入(僧帽弁口血流速波形の心房収縮期波)と肺静脈への逆流(肺静脈血流速波形の心房収縮期波)に分散して駆出される。通常、正常例での心房収縮は主として左房から左室への血液流入に寄与するが、左室拡張末期圧が著明に上昇する病態下では、左房のafterload mismatchにより、左房から肺静脈への血液の逆流が強調される。したがって、各種病態における左房機能の評価には、僧帽弁口および肺静脈血流速波形における両心房収縮期波の検討が有用であるとの報告が多い^{7,10,11,19,20)}。

心房細動除細動直後における僧帽弁口血流速波形のAが減高を示すことはすでに報告されているが^{3,4)}、今回の検討では肺静脈血流速波形のPVAも有意に減高することが確認された。さらにこの時期の心房収縮期における心房中隔運動振幅も少ないことから、除細動直後の能動的左房収縮能は有意に低下していると考えられる。

一方、肺静脈血流速波形のPVS₁が左房の能動的弛緩を反映していることは、すでに多数報告されている²⁰⁾。左房弛緩時には僧帽弁が閉鎖し、左房内への血液流入は肺静脈から左房への流入のみに限定される。今回の結果ではPVS₁が除細動直後に減高を示し、かつ僧帽弁口および肺静脈血流速波形の両心房収縮期波高と同

様、除細動後10日に有意な増高を示したことから、除細動直後の左房は能動的収縮能だけではなく、能動的弛緩能も障害されていることが示唆された。

以上の諸指標は、いずれの例も経過とともに増高あるいは改善を示したものの、拡張型心筋症例と他の病態の間にはその回復度に明らかな差異がみられた。このことは、拡張型心筋症の長期にわたる左室さらには左房負荷、あるいは本症の心筋病変が心室筋のみではなく心房筋にも及んでいる可能性を示唆する所見と思われた。

一方、除細動後10日における肺静脈血流速波形のPVS₂は、心房細動時と除細動後24時間以内のそれらに比べて有意な増高を示した。この所見から、心房細動時と除細動直後においては左房の能動的収縮あるいは弛緩障害に加えて、受動的な拡張すなわち左房の伸展性にも障害のみられることが示唆された。

僧帽弁口血流速波形のEおよびPVDは、除細動後の経過とともにそれぞれ次第に減高を示した。心房収縮力の低下した除細動直後においては、心房収縮期における左室流入血流が減少するため、十分な房室血流量を維持しようとする代償機構から、急速流入期でのより多くの血液流入の増加が図られるものと考えられた。

最近、左室拡張末期圧あるいは左室内圧波形の心房収縮期波高が、僧帽弁口および肺静脈血流速波形の心房収縮期波高やその持続時間と強く関連性があるとの報告がみられる^{10,11)}。しかし、これらの報告はいずれも左房心筋の器質的異常が存在しないという仮定に基づいている。したがって、今回の結果からも明らかのように、僧帽弁口および肺静脈血流速波形の両心房収縮期波を用いて左房-左室関連としての血行動態評価を行うさいには、左室コンプライアンスのみでなく、“atrial stunning”を含めた左房心筋病変の存在をも考慮に入れておく必要があると思われた。

本研究の問題点

本研究においては、心房細動の再発予防のため全例にdisopyramideが投与されており、本薬剤の左室機能に関する影響については当然考慮されるべきである。すなわち、disopyramideのもつ陰性変力作用により、僧帽弁口あるいは肺静脈血流速波形が若干の影響を受ける可能性は否定できないが、全例で同用量を一定期

間に限定して使用していることから、左房機能の経時
的变化の評価に関してはとくに問題はないと思われる。

結 語

心房内細動例の電氣的除細動直後には、左房から左室

への前方駆出だけではなく、左房から肺静脈への後方
駆出や左房弛緩にも障害がみられることが判明し、そ
れらの経時的变化の観察にさいして僧帽弁口および肺
静脈血流速波形による総合的評価が有用であると思わ
れた。

要 約

経食道および経胸壁ドップラー心エコー図法を用いて心房内細動例の僧帽弁口および肺静脈血流
速波形を記録し、除細動前後において左房-左室連関としての血行動態評価を行い、とくに両血
流速波形の各指標と左房機能との関連性について検討した。

研究対象は心房内細動を電氣的に除細動しえた25例であり、その内訳は高血圧6例、虚血性心
疾患4例、アルコール性心筋疾患2例、拡張型心筋症5例および孤立性心房内細動8例である。全
例で除細動前24時間以内、除細動後24時間以内、除細動後10日に経食道・経胸壁パルス・
ドップラー法とMモード心エコー図法を施行し、僧帽弁口および肺静脈血流速波形、左房エ
コーグラムおよび心房内中隔運動を記録した。

僧帽弁口・肺静脈血流速波形の心房収縮期波高(おのおのA, PVA)およびそれぞれの持続時
間(おのおのA-d, PVA-d)、肺静脈血流速波形の収縮期第1の波高(PVS₁)および心房収縮期の心
房内中隔運動振幅は、除細動後24時間以内では除細動後10日に比べ有意に小であった。なお、
拡張型心筋症では他の心房内細動例に比べて、除細動後におけるA, PVAおよびPVS₁の改善度が
有意に低かった。一方、除細動後10日では除細動後24時間以内に比べ、肺静脈血流速波形の
収縮期第2の波高(PVS₂)は有意に大、僧帽弁口血流速波形の拡張早期波高(E)と肺静脈血流速
波形の拡張期波高(PVD)はそれぞれ有意に小であった。

以上より、心房内細動例の電氣的除細動直後には、左房から左室への前方駆出(A)だけではな
く、左房から肺静脈への後方駆出(PVA)や左房弛緩(PVS₁)にも障害がみられることが判明し、
それらの経時的变化の観察にさいし、僧帽弁口および肺静脈血流速波形による総合的評価が有
用であるとの結論を得た。

J Cardiol 1995; 25: 317-324

文 献

- 1) Rowlands DJ, Logan WFWE, Howitt G: Atrial function after cardioversion. *Am Heart J* 1967; **74**: 149-160
- 2) Schweizer JMW, Burkart F: Atrial function after cardioversion for atrial fibrillation. *Br Heart J* 1973; **35**: 24-27
- 3) Manning WJ, Leeman DE, Gotch PJ, Come PC: Pulsed Doppler evaluation of atrial mechanical function after electrical cardioversion of atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 1989; **13**: 617-623
- 4) Miwa H, Arakawa M, Kagawa K, Noda T, Nishigaki K, Ito Y, Kawada T, Hirakawa S: Time-course of recovery of atrial contraction after cardioversion of chronic atrial fibrillation. *Heart Vessels* 1993; **8**: 98-106
- 5) Grimm RA, Stewart WJ, Maloney JD, Cohen GI, Pearce GL, Salcedo EE, Klein AL: Impact of electrical cardioversion for atrial fibrillation on left atrial appendage function and spontaneous echo contrast: Characterization by simultaneous transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1993; **22**: 1359-1366
- 6) Fatkin D, Kuchar DL, Thorburn CW, Feneley MP: Transesophageal echocardiography before and during direct current cardioversion of atrial fibrillation: Evidence for "atrial stunning" as a mechanism of thromboembolic complications. *J Am Coll Cardiol* 1994; **23**: 307-316
- 7) Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ: Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal Doppler echocardiography: Effect of different loading conditions. *Circulation* 1990; **81**: 1488-1497
- 8) Kuecherer HF, Muhiudeen IA, Kusumoto FM, Lee E, Moulinier LE, Caharan MK, Shiller NB: Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow. *Circulation* 1990; **82**: 1127-1139
- 9) Kuecherer HF, Kusumoto F, Muhiudeen IA, Cahalan MK, Shiller NB: Pulmonary venous flow patterns by transesophageal pulsed Doppler echocardiography: Relation to parameters of left ventricular systolic and diastolic function. *Am Heart J* 1991; **122**:

1683-1693

- 10) Rossvoll O, Hatle LK : Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound : Relation to left ventricular diastolic pressures. *J Am Coll Cardiol* 1993; **21** : 1687-1696
- 11) Appleton CP, Galloway JM, Gonzalez MS, Gaballa M, Basnight MA : Estimation of left ventricular filling pressures using two-dimensional and Doppler echocardiography in adult patients with cardiac disease : Additional value of analyzing left atrial size, left atrial ejection fraction and the difference in duration of pulmonary venous and mitral flow velocity at atrial contraction. *J Am Coll Cardiol* 1993; **22** : 1972-1982
- 12) Hoit BD, Shao Y, Gabel M, Walsh RA : Influence of loading conditions and contractile state on pulmonary venous flow : Validation of Doppler velocimetry. *Circulation* 1992; **86** : 651-659
- 13) Kageji Y, Oki T, Iuchi A, Tabata T, Fukuda N : Noninvasive assessment of left atrial and ventricular relationship during atrial contraction from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow and left ventricular inflow. *Jpn J Med Ultrasonics* 1994; **21** : 443-450 (in Japanese)
- 14) 後藤信哉, 赤石 誠, 池川 徹, 西川泰弘, 横塚 仁, 松原隆, 半田俊之介, 中村芳郎 : 僧帽弁および肺静脈血流の同時測定による左房容積変化—時間曲線の推定 : 左房リザーバー, 導管, プースターポンプ機能の定量的評価. *心臓* 1991; **23** : 982-988
- 15) 飯塚昌彦, 中島克彦 : 心房機能の解析. *心臓* 1986; **18** : 584-591
- 16) Yonezawa F, Matsuzaki M, Anno Y, Toma Y, Hiroyama N, Tamitani M, Maeda T, Ogawa H, Matsuda Y, Kumada T, Kusakawa R : Relationship between interatrial pressure gradient and motion of the interatrial septum. *J Cardiol* 1987; **17** : 617-623 (in Japanese)
- 17) Tamitani M, Matsuzaki M, Tohma Y, Hiroyama N, Anno Y, Takahashi T, Hesaka K, Murata T, Yonezawa F, Okada K, Konishi M, Date T, Ogawa H, Matsuda Y, Kumada T, Kusakawa R : Studies on systolic performance of the left atrium. *J Cardiogr* 1983; **13** : 587-596 (in Japanese)
- 18) Yamaguchi M, Arakawa M, Tanaka T, Takaya T, Nagano T, Hirakawa S : Study on left atrial contractile performance : Participation of Frank-Starling mechanism. *Jpn Circ J* 1987; **51** : 1001-1009
- 19) Naito M, Dreifus LS, David D, Michelson EL, Mardelli TJ, Kmetzo JJ : Reevaluation of the role of atrial systole to cardiac hemodynamics : Evidence for pulmonary venous regurgitation during abnormal atrioventricular sequencing. *Am Heart J* 1983; **105** : 295-302
- 20) Oki T, Fukuda N, Ara N, Iuchi A, Tabata T, Tanimoto M, Manabe K, Kageji Y, Sasaki M, Ito S : Evaluation of left atrial active contraction and relaxation in various myocardial disease by transesophageal pulsed Doppler echocardiography of left ventricular inflow and pulmonary venous flow. *Am J Noninvas Cardiol* 1994; **8** : 140-145