

植え込み型除細動器植え込み時の電氣的除細動が血行動態に及ぼす影響

Effect of Defibrillation on Hemodynamics During Cardioverter Defibrillator Implantation

林 和秀

Kazuhide HAYASHI, MD

Abstract

This study evaluated the influences of induced ventricular fibrillation and defibrillation on the hemodynamics in patients with malignant ventricular arrhythmias during cardioverter defibrillator implantation.

A total of 15 patients were analyzed, divided into 2 groups based on ventricular contractility. Group A included 6 patients with preoperative left ventricular fractional shortening ≤ 0.20 and Group B consisted of 9 patients with fractional shortening > 0.20 .

Mean blood pressure, cardiac output, pulmonary capillary wedge pressure, and left ventricular stroke work index were measured before and after ventricular fibrillation and defibrillation. In addition, end-systolic wall stress and rate-corrected mean velocity of circumferential fiber shortening were obtained from transthoracic echocardiography. In Group B, measured 30 sec after defibrillation, mean blood pressure, cardiac output, and left ventricular stroke work index increased significantly ($p < 0.05$), whereas only pulmonary capillary wedge pressure indicated a significant increase ($p < 0.001$) after defibrillation in Group A. Throughout 5 repeated ventricular fibrillations and defibrillations, Group A showed consistently lower postoperative values than preoperative values for mean blood pressure, cardiac output and left ventricular stroke work index. In contrast, in Group B, the postoperative values were constantly higher than preoperative values. Although end-systolic wall stress decreased after defibrillation in both groups, the magnitude of decrease was significantly greater in Group A than in Group B ($p < 0.01$). While rate-corrected mean velocity of circumferential fiber shortening increased after defibrillation in both groups, the difference of rate-corrected mean velocity of circumferential fiber shortening between Groups A and B was statistically significant at beats one and 2 following defibrillation ($p < 0.05$) where Group A indicated a more drastic increase than Group B. In both groups, post-defibrillation end-systolic wall stress and rate-corrected mean velocity of circumferential fiber shortening gradually approached the preoperative values as beats proceeded.

These results suggest that repeated defibrillations in patients with poor ventricular contractility potentially deteriorates hemodynamics, presumably because the left ventricle is often intolerant to abrupt arterial collapse by ventricular fibrillation and to subsequent rapid preload increase after defibrillation.

J Cardiol 1999; 34(1): 25-34

Key Words

■ Defibrillators (implantable) ■ Ventricular fibrillation ■ Hemodynamics
 ■ Heart failure ■ Electric countershock

はじめに

難治性致死的心室性不整脈(心室頻拍/心室細動)に対する植え込み型除細動器(implantable cardioverter defibrillator: ICD)の突然死予防効果については、広く

その有用性が認められてきており¹⁻⁴⁾、さらに最近では従来の薬物治療と比較してもICDが突然死を含めた全死亡を減少させることが報告されている^{5,6)}。しかし、ICDの適応症例の中には低心機能症例も多く^{4,7,8)}、これらの例では除細動治療の頻度が高いばかりでな

東京女子医科大学附属日本心臓血圧研究所 循環器外科: 〒162-0054 東京都新宿区河田町8-1

Department of Cardiovascular Surgery, Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College, Tokyo

Address for reprints: HAYASHI K, MD, Department of Cardiovascular Surgery, Heart Institute of Japan, Tokyo Women's Medical College, Kawada-cho 8-1, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0054

Manuscript received November 9, 1998; revised March 10, 1999; accepted April 22, 1999

く^{4,9)}, 除細動治療そのものがさらに心機能を低下させる可能性もある¹⁰⁾. このため, 電氣的除細動自身の心機能に及ぼす直接的影響を知ることは, ICD植え込み時とその後の患者管理において極めて重要であると思われる.

本研究においては, ICD植え込み時の除細動閾値測定試験中の心機能解析から, 電氣的除細動が血行動態に及ぼす影響を検討した.

対象と方法

1. 対象

1994年4月-1997年3月の間に, 難治性致死的心室性不整脈に対してICDを植え込んだ15症例[Ventak-PRx II (CPI製)7例およびmicro Jewel II (Medtronic製)8例]の手術中における誘発心室細動の除細動(induced ventricular fibrillation and defibrillation)計77回(平均5.1回/患者)を対象とした. 患者の年齢は28-74歳(平均±標準偏差56.8±11.2歳)で, 全例男性であった(Table 1). 15例中, 虚血性心室頻拍/心室細動は7例, 非虚血性心室頻拍/心室細動は8例(肥大型心筋症5例, 拡張型心筋症1例, 弁置換術後, 動脈管開存症術後各1例)であり, 術前心機能は心エコー図検査において左室内径短縮率0.08-0.44(0.23±0.09)であった. 術前の内服薬ではアミオダロンが14例(93.3%)に, β 遮断薬が5例(33.3%)に投与されていた.

2. 手術方法

手術は全例, 全身麻酔下に施行した. 麻酔はフェンタニル(3-4 μ g/kg)で導入, 笑気+酸素+イソフルランのガス麻酔で維持し, 術中は血行動態の許す限りカテコラミンの使用や不要な補液を控え, 術中の麻酔管理の影響を排除するように努めた. 橈骨動脈より持続血圧モニタリングを行い, 右内頸静脈よりSwan-Ganzカテーテルを挿入し, 血圧と同時に, 肺動脈圧, 肺動脈楔入圧, 中心静脈圧, 心拍出量を測定記録した. とくに後半の8例においては経食道エコー探触子を挿入し, 除細動閾値測定試験中の血行動態をエコー図所見からも観察した. また, 術中の急激な血行動態悪化に対する補助循環に備え, 大腿動脈ラインを確保した. 全例左鎖骨下静脈よりカットダウン法にて経静脈リードを挿入した. 除細動閾値測定のための心室細動誘発は交流電あるいはT-wave shockによって行い, 除細

動30秒後および5分後にそれぞれの項目を測定し, 臨床的に血行動態の回復を確認した後, 次回の心室細動誘発を行った. 除細動閾値測定試験は各機種のプロトコルに従い, 通電方法はVentak-PRx II群ではシングルリードの近位電極と遠位電極間で, micro Jewel II群では左鎖骨下の皮下ポケット内電極とリードの遠位電極間で行った.

3. 測定項目および解析方法

対象例を術前的心機能から, A群(左室内径短縮率 ≤ 0.20)およびB群(左室内径短縮率 > 0.20)の2群に分け, 両群間において以下の項目について比較検討した.

1) 各除細動前後の血行動態の変化および除細動の繰り返しに伴う血行動態の推移についての検討

第1回目の除細動直前の測定値を対照値とした. 血行動態の指標として平均血圧(mean blood pressure: mBP), 肺動脈楔入圧(pulmonary capillary wedge pressure: PCW), 心拍出量(cardiac output: CO)を測定, さらに体血管抵抗(systemic vascular resistance: SVR), 左室1回拍出仕事係数(left ventricular stroke work index: LVSWI)を以下の式より算出した.

$$SVR = (mBP - CVP) \times 80 / CO$$

$$LVSWI = (mBP - PCW) \times CI \times 13.6 / HR$$

CVP: 中心静脈圧(central venous pressure), CI: 心拍出係数(cardiac index), HR: 心拍数(heart rate)

これにより, 1)除細動前後の変化率[除細動直後(除細動30秒後)の測定値/除細動直前(前除細動5分後)の測定値], 2)除細動の繰り返しに伴う対照値に対する各除細動直後の測定値の比[各除細動直後(除細動30秒後)の測定値/対照値]の推移を観察した.

2) 経食道心エコー図法を用いた心拍再開直後の左室機能の推移に関する検討

後半の8例においては, 心室細動誘発直前6心拍-心室細動-電氣的除細動-心拍再開後6心拍を連続して経食道心エコー図による左室短軸Mモードエコー図法により記録し(Fig. 1), 各心拍ごとの収縮末期左室内径(left ventricular dimension at end-systole: LVDs), 拡張末期左室内径, 収縮末期左室後壁厚(left ventricular posterobasal free wall thickness: PWT)を計測した. さらに, 左室収縮末期血圧(end-systolic pressure: ESP.

Table 1 Patient characteristics

Patients	Age (yr)	Gender	Diagnosis	FS	Device
1	58	Man	HCM	0.33	Ventak-PRx II
2	47	Man	Post PDA division	0.20	Ventak-PRx II
3	64	Man	Post DVR	0.21	Ventak-PRx II
4	70	Man	OMI	0.22	Ventak-PRx II
5	53	Man	HCM	0.28	Ventak-PRx II
6	28	Man	HCM	0.25	Ventak-PRx II
7	68	Man	OMI	0.44	Ventak-PRx II
8	54	Man	HCM	0.33	Micro Jewel II
9	60	Man	OMI	0.08	Micro Jewel II
10	53	Man	OMI	0.21	Micro Jewel II
11	53	Man	OMI	0.15	Micro Jewel II
12	61	Man	OMI	0.15	Micro Jewel II
13	48	Man	HCM	0.22	Micro Jewel II
14	74	Man	OMI	0.16	Micro Jewel II
15	61	Man	DCM	0.14	Micro Jewel II

Mean age was 56.8 ± 11.2 (mean \pm SD) years old. Mean fractional shortening was 0.23 ± 0.09 (mean \pm SD).

FS=fractional shortening; HCM=hypertrophic cardiomyopathy; PDA=patent ductus arteriosus; DVR=double valve replacement; OMI=old myocardial infarction; DCM=dilated cardiomyopathy.

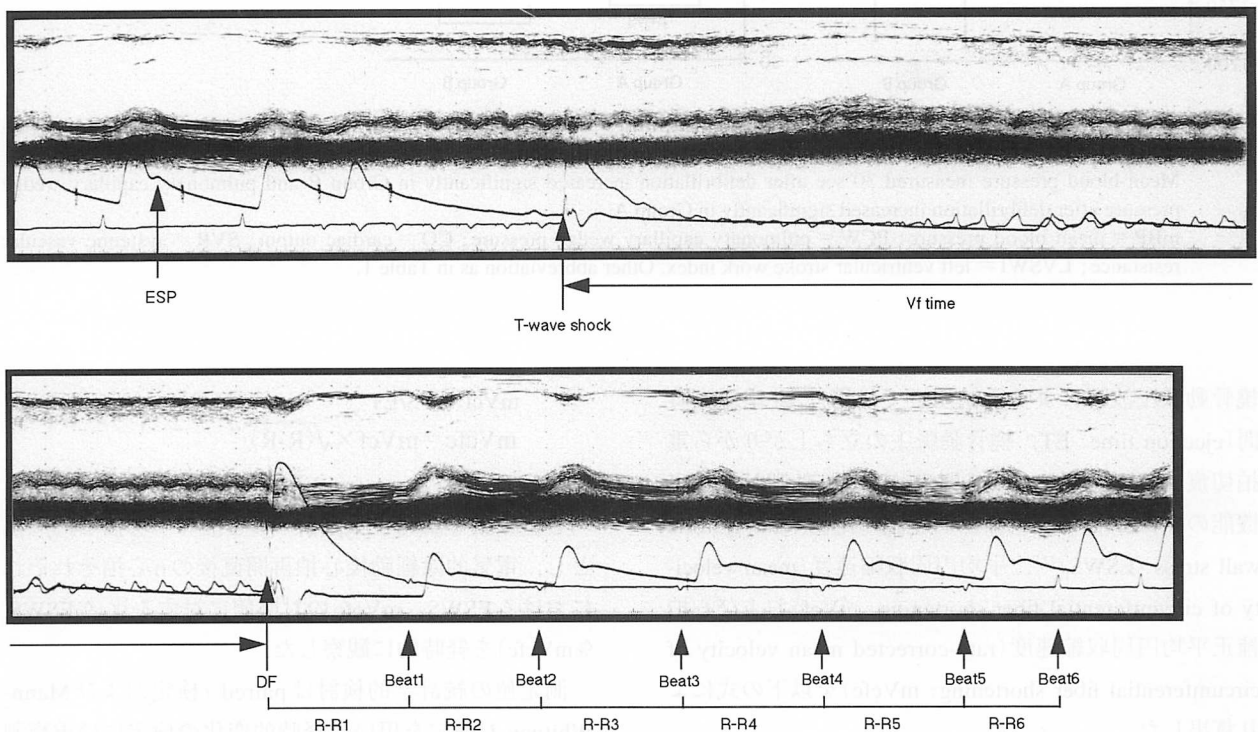


Fig. 1 Transesophageal echocardiogram recorded during defibrillation threshold testing (continuous recording)

Left ventricular dimension did not enlarge during ventricular fibrillation. Systolic blood pressure after defibrillation was gradually increased toward the value before ventricular fibrillation.

ESP = end-systolic pressure; Vf = ventricular fibrillation; DF = defibrillation; R-R = R-R interval.

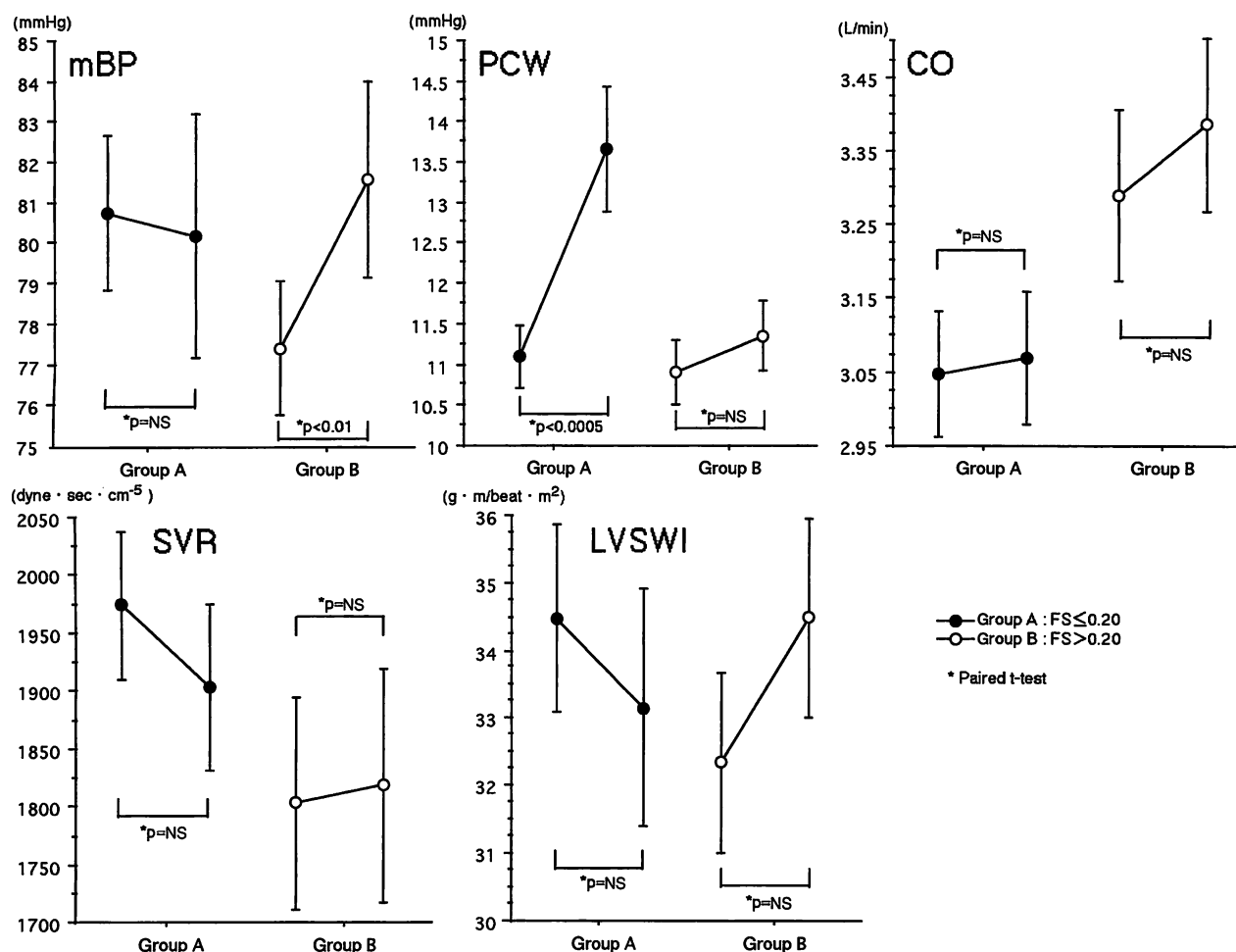


Fig. 2 Changes of mean blood pressure, pulmonary capillary wedge pressure, cardiac output, systemic vascular resistance and left ventricular stroke work index after defibrillation

Mean blood pressure measured 30 sec after defibrillation increased significantly in Group B and pulmonary capillary wedge pressure after defibrillation increased significantly in Group A.

mBP = mean blood pressure; PCW = pulmonary capillary wedge pressure; CO = cardiac output; SVR = systemic vascular resistance; LVSWI = left ventricular stroke work index. Other abbreviation as in Table 1.

橈骨動脈圧波形による重拍切痕で代用), 左室駆出時間 (ejection time: ET. 橈骨動脈圧の立ち上がりから重拍切痕までの時間), R-R 間隔 (R-R) を計測し, 左室機能の指標として, 収縮末期左室壁応力 (end-systolic wall stress: ESWS)¹¹⁾, 平均円周収縮速度 (mean velocity of circumferential fiber shortening: mVcf) および心拍補正平均円周収縮速度 (rate-corrected mean velocity of circumferential fiber shortening: mVcfc) を以下の式により算出した。

$$ESWS = 1.35 \times LVD_s \times ESP / [4 \times PWT \times (1 + PWT/LVD_s)]$$

$$mVcf = FS/ET$$

$$mVcfc = mVcf \times \sqrt{(R-R)}$$

心室細動を誘発する直前の6心拍の平均値を対照値とし, 電気的除細動後心拍再開直後の6心拍それぞれにおける ESWS, mVcfc の対照値に対する比 (%ESWS, %mVcfc) を経時的に観察した。

測定値の統計学的検討は paired t 検定および Mann-Whitney U 検定を用い, 経時変化の検定には重複測定-分散分析法を用いた。検定結果は p < 0.05 をもって有意とし, 結果は平均 ± 標準誤差で示した。

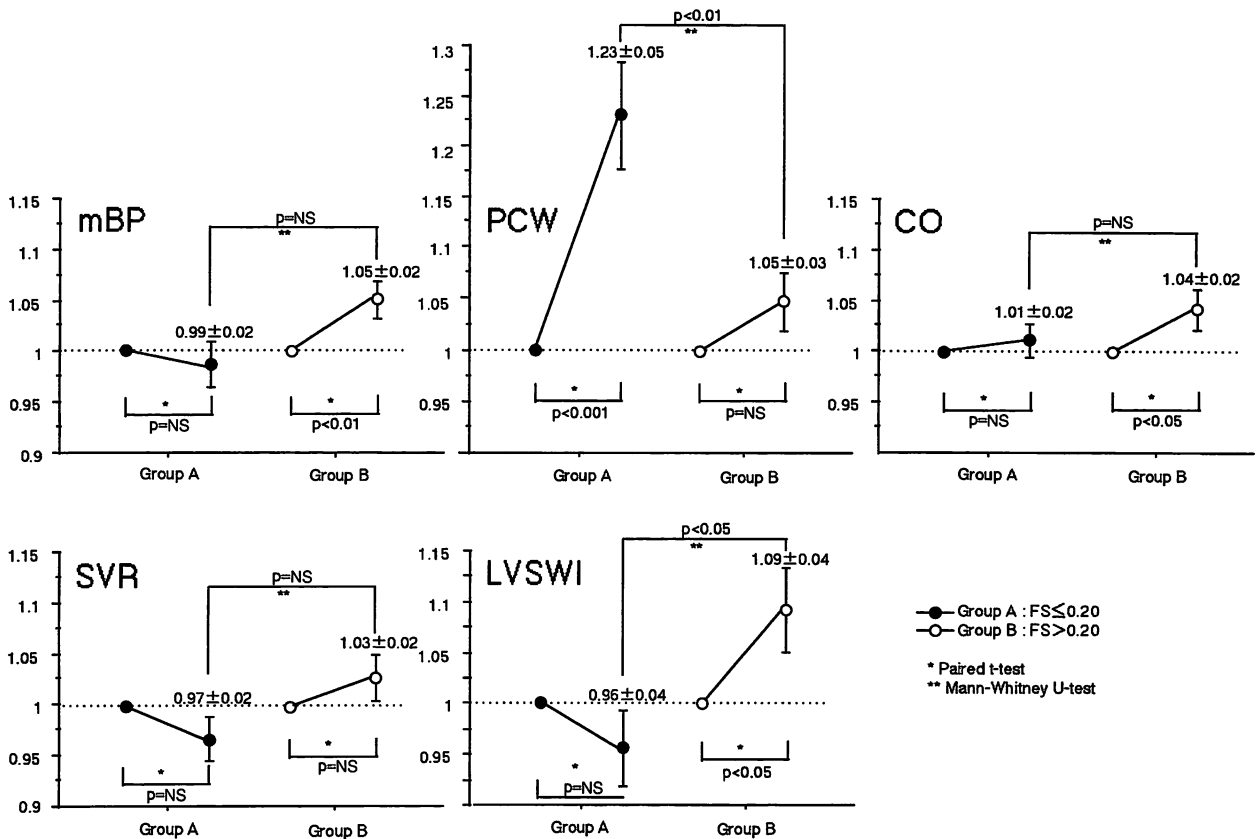


Fig. 3 Differences between pre-defibrillation and post-defibrillation values (shown as ratios)
 Mean blood pressure, cardiac output and left ventricular stroke work index measured 30 sec after defibrillation increased significantly in Group B and pulmonary capillary wedge pressure after defibrillation increased drastically in Group A. Abbreviations as in Table 1, Fig. 2.

結 果

1. 各除細動前後の血行動態の変化および除細動の繰り返しに伴う血行動態の推移

対象症例はA群6例, B群9例であった。

1) 除細動前後の測定値の変化率

両群での測定値の変化をFig. 2に示す。除細動前後においてA群では肺動脈楔入圧が、B群では平均血圧が有意な上昇を認めた。両群での除細動前値のばらつきを補正するため、さらに測定値の除細動前後の変化率から両群を比較検討すると(Fig. 3)、平均血圧、心拍出量は両群間で統計学的有意差は認められなかったが、B群では除細動後、除細動前値に比べ有意に上昇した。肺動脈楔入圧はA群ではB群に比べ除細動後に著しく上昇した。また、左室1回拍出仕事係数はB群で除細動後有意に上昇した。体血管抵抗に差は認められなかった。

2) 対照値に対する各除細動後の測定値の比の推移
 いずれの項目においても経時的変化に統計学的有意差は認められなかったものの、平均血圧、心拍出量、左室1回拍出仕事係数については全経過を通じて、A群は対照値より常に低く、B群は常に高い傾向が認められた(Fig. 4)。

2. 除細動直後の心拍再開に伴う収縮末期左室壁応力(ESWS)、心拍補正平均円周収縮速度(mVcfc)の心拍ごとの経時的推移

対象症例はA群5例, B群3例であった。

ESWSの算出に必要な収縮末期左室内径、左室収縮末期血圧、収縮末期左室後壁厚の心拍再開に伴う経時的変化をFig. 5に示す。収縮末期左室内径、左室収縮末期血圧は心拍再開後第1拍目に両群とも有意に低下したが、その経過においては両群で有意差は認められなかった。一方、収縮末期左室後壁厚は両群とも経過

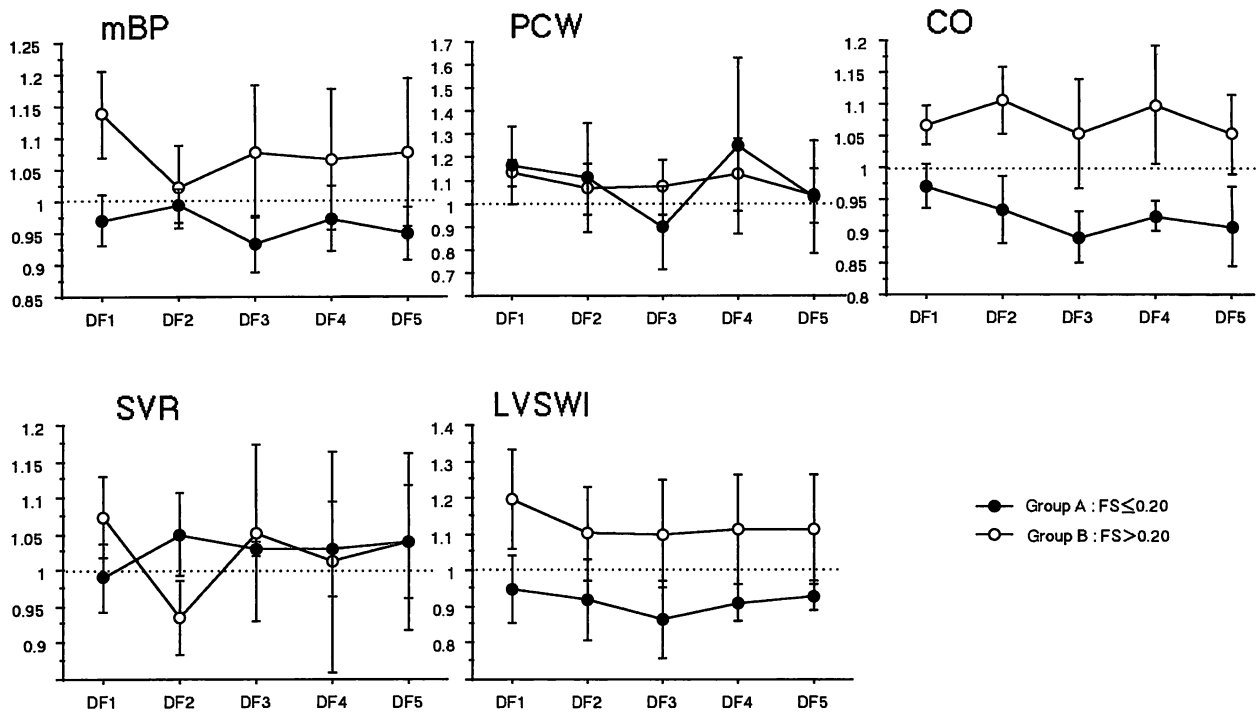


Fig. 4 Changes of mean blood pressure, pulmonary capillary wedge pressure, cardiac output, systemic vascular resistance and left ventricular stroke work index during repeated defibrillations

Mean blood pressure, cardiac output and left ventricular stroke work index in Group A were lower after defibrillation but higher in Group B than before the first defibrillation.

Abbreviations as in Table 1, Fig. 2.

中に有意な変化は認められなかったが、経過を通じてA群はB群に比較し有意に低値であった。

除細動直後の%ESWSは、心室細動誘発前値に比較しA群で $57.6 \pm 4.9\%$ 、B群で $70.0 \pm 4.0\%$ まで低下し、徐々に漸増、回復傾向を認めたが、その経過中においては常にA群はB群に比べて有意に低値をとった($p < 0.01$)。一方、%mVcfcは除細動直後、心室細動誘発前値に比較しA群で $184.6 \pm 18.1\%$ 、B群で $140.5 \pm 10.1\%$ まで上昇し、徐々に漸減して心室細動誘発前値に復する傾向を認めたが、両群間での経時的推移についての統計学的有意差は認めなかった。しかし、個々の心拍について比較すると、A群ではB群より高い傾向を認め、とくに心拍再開後、1、2心拍目では有意に高値をとった($p < 0.05$; Fig. 6)。

考 察

ICD植え込み時の血行動態に関する報告はこれまでいくつか散見される¹²⁻¹⁵⁾。Antunesら¹²⁾は経胸壁エコー図法を用いた検討から、術前後での左室駆出率の変化は認めなかったと報告し、Meyerら¹³⁾は左室駆出

率<35%の低心機能症例であっても、心拍出係数は不変であり、ICD植え込み時での電氣的除細動の血行動態に及ぼす影響はないと報告している。一方で、Brüsselら¹⁴⁾は除細動後に心拍出係数の有意な低下と肺動脈楔入圧の有意な上昇をみている。また、Keylら¹⁵⁾は術前左室駆出率<30%群での心拍出係数、左室1回拍出仕事係数の有意な低下を報告しており、電氣的除細動の心機能に及ぼす影響を示唆する報告も少なくない。

しかしこれらの報告では、ICD植え込み患者の多様な心機能に対する評価の仕方、麻酔条件や血行動態の評価方法、評価時相などがさまざまであり、ICD植え込み術前後の血行動態の変化を一様に比較することは困難である。そこで本研究においては、対象症例を術前の心機能に応じて分類し、除細動閾値測定試験中の各除細動前後での平均血圧、肺動脈楔入圧、体血管抵抗、心拍出量、左室1回拍出仕事係数の変化を評価した。また、心拍再開後のより詳細な血行動態の変化を把握するために、経食道エコー図によるESWS、mVcfcも併せて観察し、電氣的除細動の血行動態に及

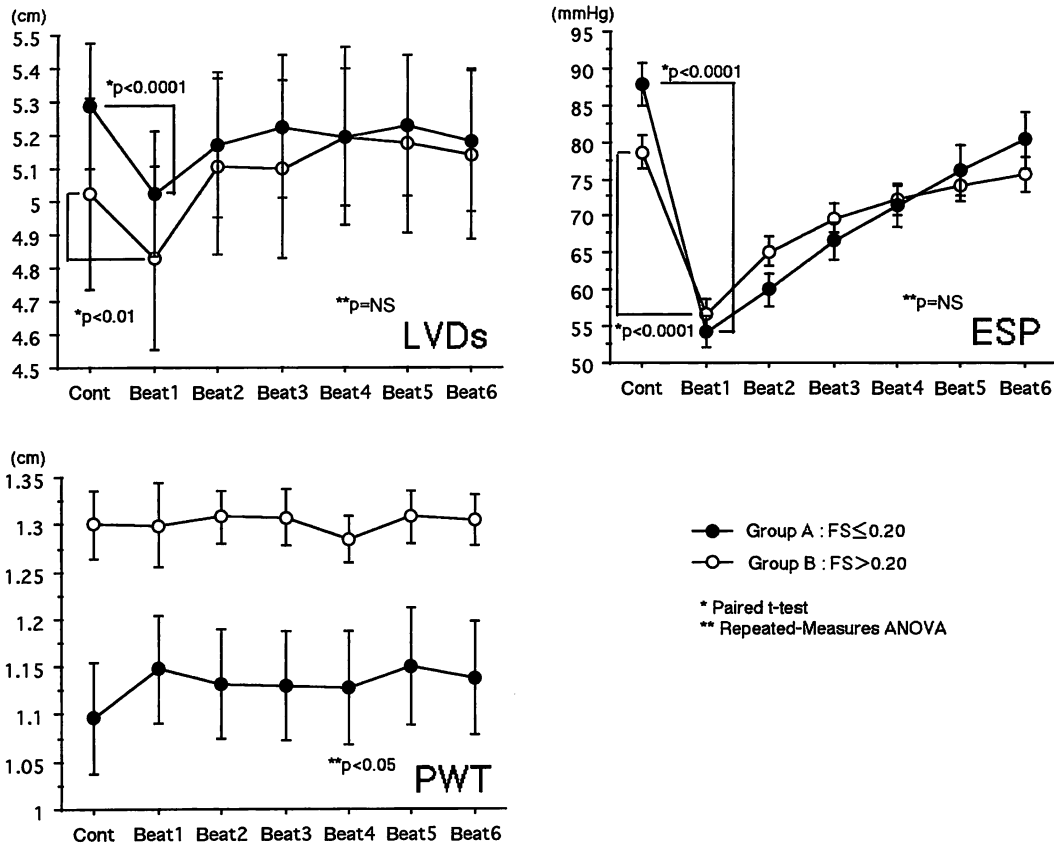


Fig. 5 Changes of left ventricular dimension at end-systole, end-systolic pressure and left ventricular posterobasal free wall thickness immediately after defibrillation by beat counts

Left ventricular dimension at end-systole and end-systolic pressure in both groups decreased significantly at beat 1 immediately after defibrillation. Left ventricular posterobasal free wall thickness in both groups was almost constant throughout beats 1-6.

LVDs=left ventricular dimension at end-systole; PWT=left ventricular posterobasal free wall thickness; cont= control value. Other abbreviations as in Table 1, Fig. 1.

ばす直接的な影響を検討することとした。

本研究では、除細動後の血行動態は Fig. 3 で示したように、B群では平均血圧、心拍出量が上昇、肺動脈楔入圧は不変、A群では平均血圧、心拍出量が不変または低下、肺動脈楔入圧は著しい上昇を示し、低心機能症例では電氣的除細動による血行動態悪化の危険性が示唆された。その一方で、Fig. 6 に示したように、%ESWS、%mVcfc からみると、低心機能症例において電氣的除細動による悪影響はないような相矛盾する結果も認められた。もし電氣的除細動が直接、心拍再開直後の %mVcfc の一時的な上昇をもたらしたと仮定すると、その後A群において心機能悪化をもたらすとは考えにくい。また、電氣的除細動というストレスから放出される内因性カテコラミンや心臓神経の直接刺激による陽性変力作用^{16,17)}が働いたとしても、

不全心におけるカテコラミンに対する反応性の低下は心不全の重症度に比例するという事実¹⁸⁾から、低心機能症例ではその反応はより小さいものと考えられる。したがって、A群における %mVcfc の上昇は、電氣的除細動による直接的影響というよりも、むしろ %ESWS 低下に伴う二次的結果と考えるのが妥当であろう。

Fig. 1 に示したように、心室細動中の左室は虚脱しており、容量負荷による過伸展は認められない。また、Fig. 5 に示したように、除細動後心拍再開第1拍目の収縮末期左室内径および左室収縮末期血圧は除細動前値に比較し、両群とも有意に低値をとっている。このことは突然生じた心室細動により、循環血液が肺血管を含む全身の容量血管系にプーリングされ、その結果、左室を中心とした動脈系の虚脱が起こっていることを

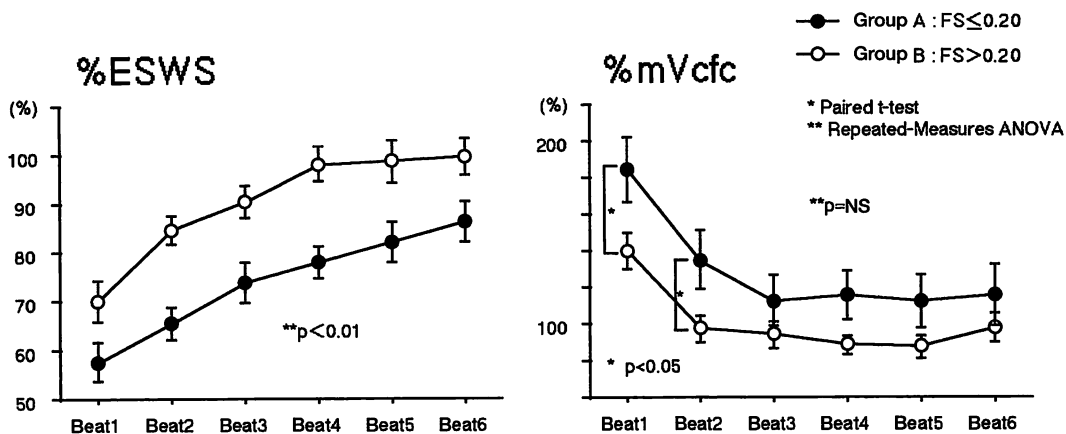


Fig. 6 Changes of %ESWS and %mVcfc immediately after defibrillation by beat counts

%ESWS in Group A decreased to 57.6% after defibrillation and %ESWS in Group B decreased to 70.0%. %mVcfc in Group A and %mVcfc in Group B increased to 184.6% and 140.5% after defibrillation. %ESWS and %mVcfc gradually recovered to the value before defibrillation. %ESWS in Group A was significantly lower than that in Group B throughout beats 1-6 after defibrillation. %mVcfc in Group A was significantly higher than that in Group B at beat 1 and beat 2 after defibrillation. ESWS = end-systolic wall stress; mVcfc = rate-corrected mean velocity of circumferential fiber shortening. Other abbreviation as in Table 1.

示す所見である。これはFig. 6で示したように、両群の除細動後心拍再開第1拍目の%ESWSの低下とも矛盾しない。さらに心不全患者では、正常心機能者に比べて末梢血管床が大きく、循環血液量が増大していることから、A群におけるより大きな%ESWSの低下は、低心機能ほど心室細動により循環血液が容量血管系によりプーリングされやすく、その結果、動脈系の虚脱が除細動前と比較し、より大きいことを示す所見と思われる。

このように容量血管系へプーリングされた血液は、除細動直後心拍再開に伴い左室に急激に還流されることになるが、これがA群における肺動脈楔入圧の著明な上昇を反映したものと考えられる。さらに、Fig. 4で示したように、連続する除細動により肺動脈楔入圧は上昇、回復を繰り返しており、この変化に収縮力の低下した心筋では代償できないために、A群においては連続する除細動の結果、平均血圧、心拍出量、左室1回拍出仕事係数の低下を招いた可能性が高い。

以上から、除細動が低心機能症例に及ぼす影響は少なく、とくに短時間で頻回に同様の血行動態が生じた場合には、一時的な心機能の低下をきたす可能性がある。とくに心機能低下例では、除細動が連続して作動するような状況が続いた場合、心機能がより低下して、臨床的に心不全を惹起する危険性は否定できな

いと思われる。

ICD植え込み術の周術期の管理としては、術中術後の前負荷軽減を中心とする徹底した心不全管理が大切であり、さらに、遠隔期における心室頻拍/心室細動の予防と嚴重な心不全管理が心機能維持、遠隔予後の改善に極めて重要であると考えられた。

結 論

1) ICD植え込み時の除細動閾値測定試験中の血行動態の変化を、術前心機能別[左室内径短縮率 ≤ 0.20 群(A群)および左室内径短縮率 > 0.20 群(B群)]に比較検討した。

2) A群においては、除細動直後、平均血圧、心拍出量は不変または低下し、肺動脈楔入圧は著しく上昇した。

3) 心室細動中の左室拡大は認めず、除細動直後には収縮末期左室壁応力は両群ともに低下、以後漸増し除細動前値に復したが、A群でB群より有意に低下した。

4) 心拍補正平均円周収縮速度は除細動直後両群ともに上昇、以後漸減し除細動前値に復したが、A群でより高い傾向を認めた。

5) したがってA群においては、除細動の繰り返しにより心不全を惹起する危険性があり、これは除細動

直後の急激な前負荷増大に左室が代償できないためと考えられた。

6) 前負荷軽減による心不全管理および心室頻拍/心室細動の予防が、心機能低下を伴うICD植え込み患者管理において極めて重要であると考えられた。

稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました東京女子医科大学附属日本心臓血圧研究所 循環器外科 小柳 仁教授に深甚なる謝意を表しますとともに、本研究に対し終始にわたり、直接ご教示、ご助言を賜りました中野秀昭博士に心から深謝致します。

要 約

植え込み型除細動器植え込み術において、術中の誘発心室細動の除細動が血行動態に及ぼす影響を検討した。

対象は難治性致死的心室性不整脈に対し植え込み型除細動器を植え込んだ15例(虚血性7例, 非虚血性8例)で、術前心エコーによる左室内径短縮率によりA群(左室内径短縮率 ≤ 0.20)6例, B群(左室内径短縮率 > 0.20)9例に分類した。

除細動前後において、平均血圧、心拍出量、肺動脈楔入圧および左室1回拍出仕事係数を測定した。さらに収縮末期左室壁応力および心拍補正平均円周収縮速度を経食道心エコー図から求めた。平均血圧、心拍出量および左室1回拍出仕事係数は、除細動後(30秒後)、B群において有意に上昇し、肺動脈楔入圧は除細動後、A群において著明な上昇を認めた。繰り返される除細動の経過中、平均血圧、心拍出量および左室1回拍出仕事係数は、A群においては常に術前値に比べ低値をとったが、B群においては常に高値をとる傾向が認められた。収縮末期左室壁応力は除細動後、両群ともに低下を認めたが、A群でより有意であった。心拍補正平均円周収縮速度は除細動後、両群ともに上昇したが、除細動後の1, 2心拍目において、A群でより有意であった。除細動後、収縮末期左室壁応力および心拍補正平均円周収縮速度は徐々に術前値に復した。

以上の結果から、低心機能症例での繰り返される除細動は血行動態を悪化させる可能性がある。これは心室細動による急激な著しい動脈系の虚脱とそれに続く除細動後の急激な前負荷増大に左室が追従できないためと考えられた。

J Cardiol 1999; 34(1): 25-34

文 献

- 1) Winkle RA, Mead HR, Ruder MA, Gaudiani VA, Smith NA, Buch WS, Schmidt P, Shipman T: Long-term outcome with the automatic implantable cardioverter-defibrillator. *J Am Coll Cardiol* 1989; **13**: 1353-1361
- 2) Akhtar M, Jazayeri M, Sra J, Tchou P, Rovang K, Blanck Z, Dhala A, Deshpande S, Axtell K: Implantable cardioverter defibrillator for prevention of sudden cardiac death in patients with ventricular tachycardia and ventricular fibrillation. *PACE* 1993; **16**(Part II): 511-518
- 3) Nielsen JC, Mortensen PT, Pedersen AK: Long-term follow-up of patients treated with implantable cardioverter defibrillators in a Danish centre. *Scand Cardiovasc J* 1997; **31**: 151-156
- 4) Trappe HJ, Wenzlaff P, Pfitzner P, Fieguth HG: Long-term follow up of patients with implantable cardioverter-defibrillators and mild, moderate, or severe impairment of left ventricular function. *Heart* 1997; **78**: 243-249
- 5) Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, Daubert JP, Higgins SL, Klein H, Levine JH, Saksena S, Waldo AL, Wilber D, Brown MW, Heo M, for the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial Investigators: Improved survival with an implanted defibrillator in patients with coronary disease at high risk for ventricular arrhythmia. *N Engl J Med* 1996; **335**: 1933-1940
- 6) The Antiarrhythmics versus Implantable Defibrillators (AVID) Investigators: A comparison of antiarrhythmic-drug therapy with implantable defibrillators in patients resuscitated from near-fatal ventricular arrhythmias. *N Engl J Med* 1997; **337**: 1576-1583
- 7) 中野秀昭, 椎川 彰, 林 和秀, 秋本剛秀, 八田光弘, 西田 博, 遠藤真弘, 小柳 仁: 非開胸式第3世代植え込み型除細動器(Ventak-Prx II)の臨床経験. *人工臓器* 1995; **24**: 495-498
- 8) 田中茂夫, 早川弘一, 三井利夫, 山口 巖, 小柳 仁, 細田瑳一, 笠貫 宏, 川島康生, 小坂井嘉夫, 下村克朗, 栗田隆志, 川田志明, 小川 聡, 三崎拓郎, 井上博, 松田 暉, 堀 正二, 松浦雄一郎, 梶山悟朗, 安井久喬, 樗木晶子, 安田慶秀, 桜井正之: 致死的不整脈に対する植込み型除細動器: Ventak-Prx II 植込み型除細動器の効果と安全性. *心臓ペーシング* 1997; **13**: 16-26
- 9) Grimm W, Flores BT, Marchlinski FE: Shock occurrence and survival in 241 patients with implantable cardioverter-defibrillator therapy. *Circulation* 1993; **87**: 1880-1888
- 10) Takeichi K, Kasanuki H, Ohnishi S, Endoh Y, Hosoda S: Short-term and long-term outcome of left heart function

- after cardioverter defibrillator implantation. *J Cardiol* 1996; **28**: 277–286 (in Jpn with Eng abstr)
- 11) Grossman W, Jones D, McLaurin LP: Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. *J Clin Invest* 1975; **56**: 56–64
 - 12) Antunes ML, Spotnitz HM, Livelli FD Jr, Steinberg JS, Bigger JT Jr: Effect of electrophysiological testing on ejection fraction during cardioverter/defibrillator implantation. *Ann Thorac Surg* 1988; **45**: 315–318
 - 13) Meyer J, Möllhoff T, Seifert T, Brunn J, Rötter J, Block M, Prien T: Cardiac output is not affected during intraoperative testing of the automatic implantable cardioverter defibrillator. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1996; **7**: 211–216
 - 14) Brüssel T, Hachenberg T, Möllhof T, Hammel D, Block M, Lawin P: Effects of automatic internal cardioverter defibrillator implantation on cardio-pulmonary function during general anesthesia. *J Cardiothorac Anesth* 1992 (Suppl); **6**: 60
 - 15) Keyl C, Tassani P, Kemkes B, Markewitz A, Hoffman E, Steinbeck G: Hemodynamic changes due to intraoperative testing of the automatic implantable cardioverter defibrillator: Implications for anesthesia management. *J Cardiovasc Anesth* 1993; **7**: 442–447
 - 16) Pansegrau DG, Abboud FM: Hemodynamic effects of ventricular defibrillation. *J Clin Invest* 1970; **49**: 282–297
 - 17) Cobb FR, Wallace AG, Wagner GS: Cardiac inotropic and coronary vascular responses to countershock. *Circ Res* 1968; **23**: 731–742
 - 18) 杉本恒明: 心不全とカテコールアミン動態. in *COMMON DISEASE SERIES No.12. 心不全*. 南江堂, 東京, 1989; pp239–245