

# 心音図, 心機図および cardiac echogram による power failure の解析

State University of New York  
Upstate Medical Center  
東京大学第二内科

井 上 清

東京大学第二内科

坂 本 二 哉

## はじめに

冠動脈疾患ことに急性心筋梗塞は、最近の傾向として、死因の主要部分を占めつつあり、同時にその対策の重要性が強調されている。臨床的に急性心筋梗塞の診断を下すことは、すでに日常化した心電図、血清酵素などの経時的変化から充分可能であるが、その重症度の決定、予後もしくは病像の展開などの予測は、飽くまでも経験的に処理されているにすぎないようである。そして急性冠動脈閉塞の強く疑われる症例の多くは、かかる現状の中で、いわゆる悲劇的な“cardiogenic shock”に陥り、そして致死の終末を迎えている。急性心筋梗塞の診断を下されたあと、短時日のうちに襲いかかるかかる power failure syndrome の予知の重要性が、強く唱えられる理由は、このあたりに存在すると考えられよう。本報告は、急性心筋梗塞症例において、心尖拍動図および cardiac echogram などを用いた非観血的左心機能判定方法が、その臨床像と血行力学的背景の把握に有力な手段となり得ること、かつその重症度もしくは診断決定後の病像の展開の判断に若干の手掛りを与えてくれること、などを検討したものである。

## 方 法

本研究は2つのシリーズからなり、その1は、心音図、心尖拍動図、頸動脈波などから左室の等容収縮時間を測定、その2は超音波による左室後壁運動の観察を行なったものである。表1には、かような2つの研究対象となった症例を示した。表の上段に示される心尖拍動図などの記録は、臨床的に急性心筋梗塞 (acute MI) と診断されたもの18例、新鮮な心筋梗塞の存在が否定されたもの、すなわち陳旧性心

---

Analysis of power failure by phonocardiography, mechanocardiography and cardiac echogram.

Kiyoshi INOUE & Tsuguya SAKAMOTO.

Department of Medicine, State University of New York, Upstate Medical Center, Syracuse, N. Y.,  
and The Second Department of Medicine, Faculty of Medicine, University of Tokyo, Hongo  
7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo, 113.

筋梗塞 (old MI) 11例, そして心筋梗塞と診断する決定的材料を欠如する非心筋梗塞群(non MI) 9例, 合計38例について行なった。これらの症例は, いずれも激しい狭心痛を主訴として coronary care unit に入院したもので, 記録は全例において入院後72時間以内に施行した。acute MIのうち5例は, 検査後短時日のうちに power failure syndrome と考えられる病像の展開をみせ, うち3例は死亡した。Non MIのうちわけは, 4例がいわゆる冠不全と考えられるもの, 3例は肺血栓症, 2例は“anxiety attack”であることが,

その後の臨床データから結論された。なお健常者 (normal) 13例は, control study として採用した。下段の超音波による左室後壁運動の記録も, 同様な方法により区分された入院症例3群合計26例と, 健常者10例について行なった。2つの研究の対象となった症例の男女比, 年齢は, それぞれ, その1では年齢39歳~86歳, 男27, 女11例, その2では, 年齢38歳~80歳, 男18, 女8例である。

研究1において行なった心音図, 心尖拍動図, 頸動脈波などによる左室等容収縮時間の非観血的測定方法については, 著者ら<sup>1)</sup>が既に別紙報告したものを採用した。すなわち図1に示すごとく, 心尖拍動図(ACG)の収縮期波開始点(A)より頸動脈波(CPT)の立上り点(C)までを測定し, この時間より, 心音図に記録されるII音大動脈成分(a<sub>2</sub>)から頸動脈波の切痕(dn)までの時間を差引いた値を左室等容収縮時間(ICP)とした。かかる方法により求められるICPは, すでにSpodickら<sup>2)</sup>も報告しているごとく, これ以外の非観血的方法で測定されるICPと互に利点, 欠点を有しているが, 真の左室等容収縮時間を「左室筋の initial tension の開始から大動脈弁開放時期まで」と定義するならば, 著者らが実験的に示したごとく<sup>1)</sup>, 本法がまさにこの time interval を表現していることになる。すなわち心尖拍動図の収縮期波開始点は心電図R波とほぼ出現時期を一にし, 左心内圧の立上り時期より約17msec程度先行, そしてDieudonne<sup>3)</sup>らの測定した左室筋内圧(LV intramural pressure)上昇開始時期とほぼ一致していることを根拠としている。頸動脈収縮期波の立上り(C点)と実際の大動脈弁開放時期との時間的ずれは少ない<sup>4)</sup>といわれているが, ここであえてICP実測値(図1, A-C時間)

表1

APEXCADIOGRAM IN		
ACUTE MI	13	18
ACUTE MI $\bar{c}$ SHOCK	5	
OLD MI		11
NON MI		9
		TOTAL 38
NORMAL		13
ECHOCARDIOGRAM IN		
ACUTE MI	7	11
ACUTE MI $\bar{c}$ SHOCK	4	
OLD MI		9
NON MI		6
		TOTAL 26
NORMAL		10

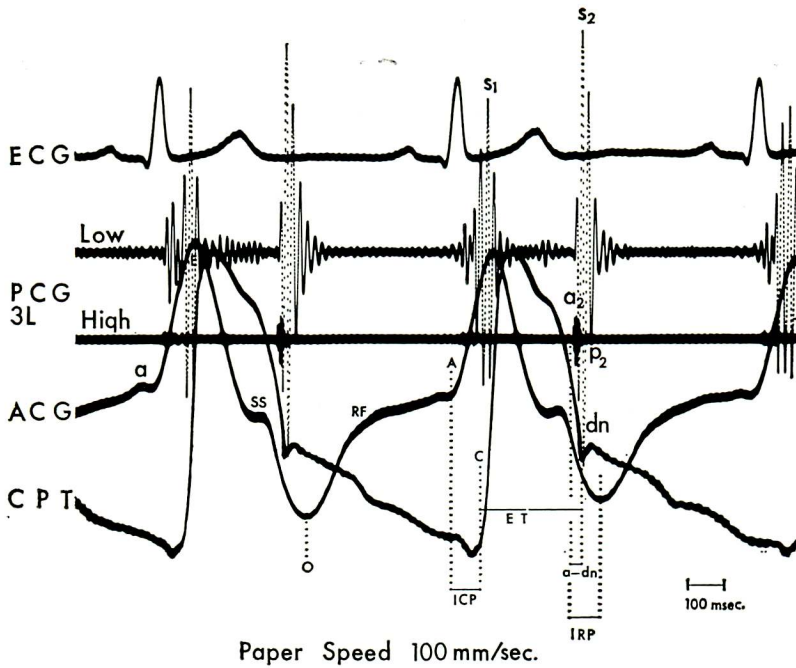


図1 : Electronics for Medicine (EM) model TPD multifilter system 心音計による健常者記録。上段より心電図 (ECG) 第3肋間胸骨左縁 (3L) からの低音 (Low), 高音 (High) の心音図 (PCG) 心尖拍動図 (ACG), 頸動脈波 (CPT) の同時記録を示す。心尖拍動図は Sanborn model 21050A pulse transducer, 心音図は EM model PS 1B sound transducer, 頸動脈波は EM model PS 1A pulse transducer をそれぞれ使用した。

を大動脈切痕のずれ (図1,  $a_2$ -dn 時間) で補正した理由は, 個々の症例を比較する場合, C 点のずれの大小が問題となり得ること, そしてこれは  $a_2$ -dn のずれと同一個体においては似たような形式をとってずれるであろうという予測に基く。すでに, 似たような方法で求められた ICP において, Landry<sup>5)</sup>, Oreshkov<sup>6)</sup>, Benchimol<sup>7)</sup>, Reeves<sup>8)</sup>, Frank<sup>9)</sup> らの報告にない, 本研究でもかような非観血的左室等容収縮時間が, 左室収縮様式の有力な推定指標となりうることを前提として症例に適用した。

研究2において行なわれた超音波による左室後壁運動の記録は, すでに日常化された記録方式と大差はない<sup>10)~12)</sup>。図2は通常の方法で記録された左室後壁の B-scan mode (time motion representation) の正常波型のイラストレーション

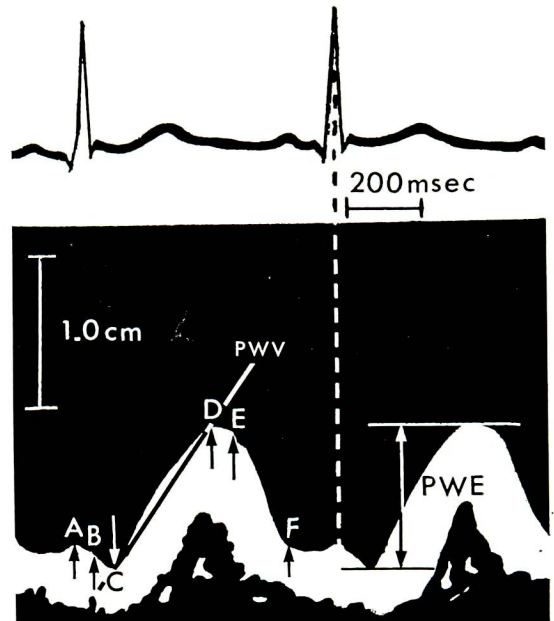


図2 : Tektronix model UT500 心臓用超音波計による健常者の左室後壁運動の記録からのイラストレーションで, 図で収縮上方に向う後壁の動きは前胸壁への運動を示す。

ヨンを示し、同時にここで採用した左室収縮期における左室後壁運動速度(PWV)の算出方法を示す。Posterior wall velocity (PWV) の求め方は、すでに Kraunz ら<sup>13)</sup>が報告したものと基本的には同じ考え方をとっているが、これを理解するには左室後壁運動波型の基本的な形式、すなわち左室の機械的収縮との時相々関について若干の説明が必要であろう。図2のイラストレーションは、上段に参考曲線として心電図、下段には左室後壁曲線を示す。僧帽弁エコーに付されたと同じアルファベットの名称をその各棘に付すと、A点が心房収縮期、B-C間が等容収縮期、C-D間が駆出期、D-E間が等容拡張期、E-F間が急速充満期となる。横軸の時間尺をもとにこれらの各時相測定を行なうことも可能であるが、これは著者らの別紙報告<sup>14)</sup>に譲り、ここではC-D time interval、つまり左室駆出時間のみを測定した。一方、図2の縦軸方向の動き、つまり波型そのものが Rushmer ら<sup>15)</sup>も観察したごとく、左室の stroke volume curve と強い相似型を示すことを利用すると、収縮期波の最大波高(PWE)を測り、これを左室一回拍出量の推定指標とすることが適当な calibration をする前提で可能となる<sup>16)</sup>。したがって、PWEの実測値をC-D時間で除した値、つまり収縮期における左室内径減少速度もしくは左室の circumferential fiber shortening の速度と表現し<sup>17)</sup>、よって平均左室駆出比 (mean systolic ejec-

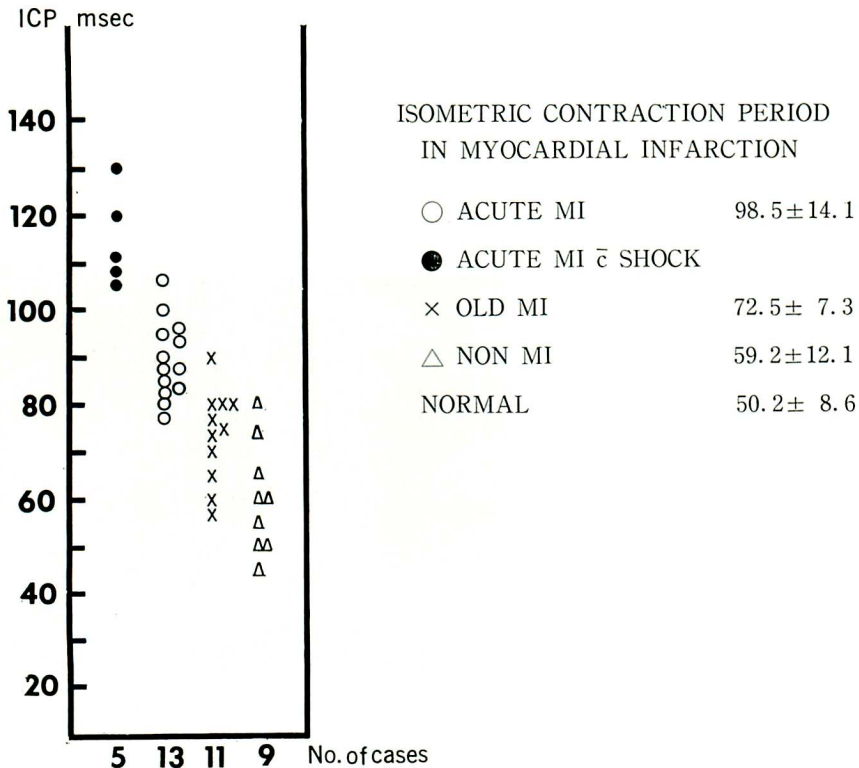


図3

tion rate) の指標として用いることができる。かかる方法で算出したPWVを、研究1で求められる ICPと共に、左室収縮力の指標として適用した。

成 績

研究1において求められた左室等容収縮時間の測定値の個々の値と、そのグループ別の平均値およびその標準偏差を図3に示した。

すなわち左は横軸にグループ別の症例数、縦軸には ICP の範囲をとり、全症例をプロットしたもので、図の右には各グループ別 ICP の平均値を示した。急性心筋梗塞18例の ICP は、 $98.5\text{msec} \pm 14.1$  で、この値はその他のグループおよび健常者のそれと比較すると、P 値 0.005 以下をもって有意に延長している。図の左で黒点および白丸で示された症例がこの acute MI グループに属するものである。かかるグループの ICP の範囲は78msecから130msecにあるが、このうち黒点で示される5例はいずれも心電図上 combined wall damage の所見を呈し、記録施行後4ないし7日間のうちに power failure syndrome に近い病像の展開をみせ、うち3例は死亡、剖検により新鮮な冠動脈血栓を観察した。かような5例の ICP はいずれも100msec以上の著しい延長を示していた。

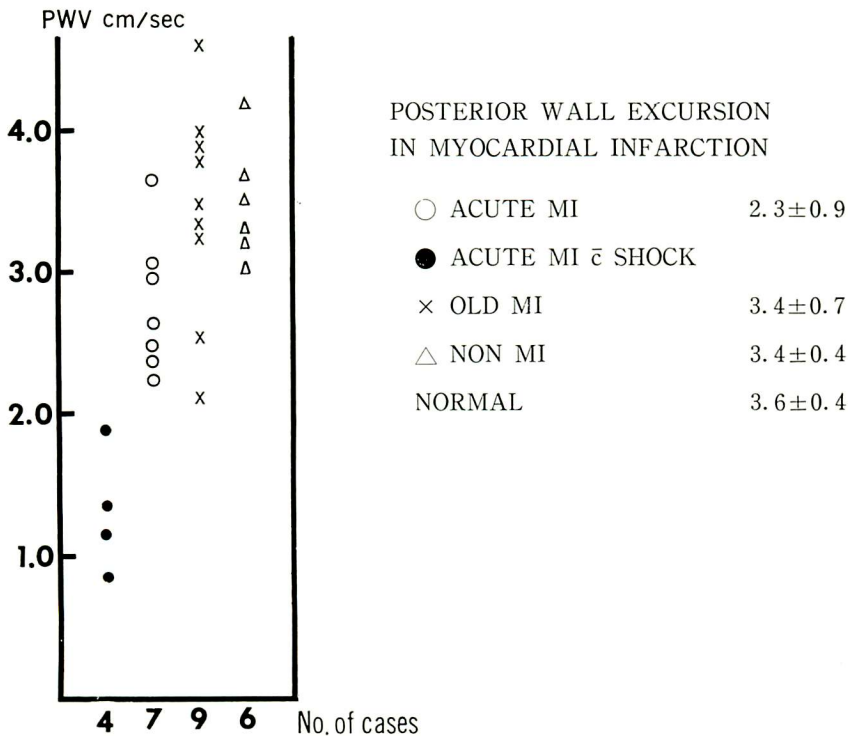


図4

研究2において測定された左室平均駆出比の超音波から求められる指標、すなわちPWVの値を同様な形式により図4に総括して示す。図の右は各グループ別PWVの平均値とその標準偏差を、図の左は横軸にグループ別症例数、縦軸にPWVの範囲をとって全例をプロットしたものである。急性心筋梗塞群 (acute MI) におけるPWVの測定値は  $2.3 \text{ cm/sec} \pm 0.9$  で、この値はその他のグループおよび健常者群の値に比較すると、 $P$  値0.01以下をもって有意に減少している。これらの症例は図の左において黒点および白丸で示されている。かかる群のPWV範囲は0.8から  $3.7 \text{ cm/sec}$ にあるが、うち黒点で示される4例においては、記録施行後1ないし3日の間に *cardiogenic shock* への移行が観察され、うち3例は死亡した。これら4例のPWVはいずれも  $2.0 \text{ cm/sec}$ 以下で、著しい減少を示していた。

### 考 案

心尖拍動図、心音図、頸動脈波などの同時記録法により測定される左室等容収縮時間は、非観血的に求められる心収縮性 *contractility* の指標として、従来から有力視されてきた<sup>1)2)4)~9)18)19)</sup>。本研究で測定されたものは、臨床的に急性心筋梗塞と診断された群において統計的に有意な延長をみ、これは、健常者群の値、もしくは同様な方法で測定された正常値<sup>1)2)</sup>と著しい差を示した。狭心痛を訴えて入院した症例にも拘らず、その後の経時観察によって新鮮な心筋梗塞を否定された2群との差も有意である。このことは、ICPの測定が急性心筋梗塞の補助診断法として役立つことを示す。一方かかる急性心筋梗塞のうちで、ことに *combined wall damage* の心電図所見を呈したものの、死亡した例、そして *power failure* へと病像の展開をきたした症例などにおいては、著しいICPの延長をみ、かような例での心収縮力低下の反映としてうけとめることが出来る所見であろう。かかる例においてICPの測定は予後の判定、もしくは重症度の決定に1つの有力な手段となり得たことを示す。

左室後壁運動の超音波による記録、ことにその *time-motion representation* は、従来の成績<sup>10)~17)</sup>に示されているごとく、記録方法が極めて簡便で、それから得られる波型は、*beat-to-beat*における心室の位置、内径、容積、そして収縮速度などに関連するさまざまな指標を提供してくれる。本研究で測定されたPWVは左室平均駆出比の指標と考えられるから、先に述べたICPとともに、心 *contractility* を推定することが出来る。ICP測定の場合と同様に、急性心筋梗塞、ことに重症例におけるこの測定値の著しい低下は心 *contractility* の低下と左室一回送血量の減少を示し、その後の経過観察から、かかる例の予後が極めて不良であったことと一致する所見である。

急性心筋梗塞における血行力学的特徴、もしくは心機能の定量的分析は、必ずしも容易ではない。その理由としては、その背景となる心の血行力学が刻一刻の変動を示すこと、そしてかかる症例がいずれも極めて重症であるため、侵襲の強い観血的方法はどうしても回避せざるをえないことなどが挙げられる。経時的追跡が容易であり、かつ安全で簡便な非観血的方法による心機能のモニタリングは、かかる意味において重視されるものである。しかしながら、非観血的方法によってとらえられる所見が、常に

心内現象の忠実なる客観化となり得るわけではなく、そこにはどうしても、心臓をとりまく心外組織との coupling が critical な 因子となってくる<sup>20)</sup>。

本研究で測定された ICP もしくは PWV の値も、急性心筋梗塞例の一部ではその他の群とほぼ等しい値をとるものもみられるが、少なくとも ICP の著しい延長、または PWV の著しい減少を示した例の殆んどが、検査後短時日のうちに power failure へと臨床像の増悪をみせ、その大部分が死亡したことは、かかる ICP もしくは PWV の異常値がこのような症例における心機能低下の一面をとらえたものとして評価されよう。すでに Rushmer ら<sup>21)</sup>により観察されたごとく、急性の冠動脈閉塞の存在下では、心収縮の force, speed, さらに sequence も変化するし、かような条件下に生じる myocardial asynergy<sup>22)23)</sup> の表現として、本研究の ICP もしくは PWV の所見を解釈するならば、これらは急性心筋梗塞例を襲う cardiogenic shock の予知に役立つ補助手段として有用であろう。心尖拍動図の記録には、その条件に合った胸壁上の apical impulse の存在が必要であるが、かかる適正 impulse のみられない例では、cardiac echo による PWV の測定がことに有用であると考えられる。

#### ま と め

狭心痛を訴えCCUに入院した64例の患者のうち、心電図、血清酵素などの経時的変化から急性心筋梗塞と診断された29例において、心機図から測定した左室等容収縮時間 (ICP) の極端な延長、左室後壁 echogram より得た収縮期における後壁運動速度 (PWV) の著しい減少を観察した。このうちでも ICP 100msec 以上、PWV 2.0cm/sec 以下の異常値を示した9例は、検査施行後短時日のうちに power failure へと病像の展開を示し、うち6例は死亡、剖検により新鮮な冠動脈血栓をみた。かかる例において ICP, PWV の異常値から推定される心 contractility, 心一回送血量の減少は、予後不良の臨床経過と一致し、急性心筋梗塞存在下における cardiogenic shock の予知の補助的手段として有力であった。

#### 文 献

- 1) Inoue, K., Young, G. M., Grierson, A. L., Smulyan, H. & Eich, R. H. : Isometric contraction period of the left ventricle in acute myocardial infarction. *Circulation* 42 : 79, 1970.
- 2) Spodick, D. H. & Kumar, S. : Isovolumetric contraction period of the left ventricle : Results in a normal series and comparison of methods of calculation by atraumatic techniques. *Am. Heart J.* 76 : 498, 1968.
- 3) Dieudonne, J. M. : Tissue-cavitary difference pressure of dog left ventricle. *Am. J. Physiol.* 213 : 101, 1967.
- 4) Tavel, E., Campbell, R. W. & Feigenbaum H., et al. : The apex cardiogram and its relationship to haemodynamic events within the left heart. *Brit. Heart J.* 27 : 829, 1965.

- 5) Landry, A. B., Jr. & Goodyer, A. : Rate of rise of left ventricular pressure : Indirect measurement and physiological significance. *Am. J. Cardiol.* 15 : 660, 1965.
- 6) Oreshkov, V. : Indirect measurement of isovolumetric contraction time on the basis of polygraphic tracing. *Cardiologia* 47 : 315, 1965.
- 7) Benchimol, A. & Dimond, E. G. : Normal and abnormal apexcardiogram. *Am. J. Cardiol.* 12 : 368, 1963.
- 8) Reeves, T. J., Hefner, L. L., Jones, W. B., et al. : The hemodynamic determinants of the rate of change in pressure in the left ventricle during isometric contraction. *Am. Heart J.* 60 : 745, 1960.
- 9) Frank, M. N. & Kinlaw, W. B. : Indirect measurement of isovolumetric contraction time and tension period in normal subjects. *Am. J. Cardiol.* 10 : 800, 1962.
- 10) Segal, B. L. : Echocardiography. *Cardiologia* 50 : 160, 1967.
- 11) Feigenbaum, H., Waldhausen, J. A. & Hyde, L. P. : Ultrasound diagnosis of pericardial effusion. *JAMA* 191 : 711, 1965.
- 12) Feigenbaum, H., Popp, R. L., Chip, J. N. & Haine, C. L. : Left ventricular wall thickness measured by ultrasound. *Arch. Int. Med.* 121 : 391, 1968.
- 13) Kraunz, R. F. & Kennedy, J. W. : Ultrasonic determination of left ventricular wall motion in normal man. *Am. Heart J.* 79 : 36, 1970.
- 14) Inoue, K., Smulyan, H., Mookherjee, S. & Eich, R. H. : Ultrasonic measurement of left ventricular wall motion in acute myocardial infarction. *Circulation in press.* 43 : 778, 1971.
- 15) Rushmer, R. F., Watson, N., Harding, D. & Baker, D. : Effect of acute coronary occlusion on performance of right and left ventricles in intact unanesthetized dogs. *Am. Heart J.* 66 : 522, 1963.
- 16) Feigenbaum, H., Zaky, A. & Nasser W. K. : Use of ultrasound to measure left ventricular stroke volume. *Circulation* 35 : 1092, 1967.
- 17) Rushmer, R. F., Franklin, D. L. & Ellis, R. M. : Left ventricular dimensions recorded by sonocardiometry. *Circulat. Res.* 4 : 684, 1956.
- 18) Weissler, A. M., Harris, W. S. & Schoenfeld C. D. : Systolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* 37 : 149, 1968.
- 19) Daddario, R. C. & Freis, E. D. : Kinetocardiogram, phonocardiogram and arterial pulse waves during acute hemodynamic changes. *Circulation* 34 : 423, 1966.
- 20) Rushmer, R. F. : Initial ventricular impulse : A potential key to cardiac evaluation. *Circulation* 29 : 268, 1964.
- 21) Rushmer, T. E., Watson, N., Harding D., et al. : Effects of acute coronary occlusion on performance of right and left ventricles in intact unanesthetized dogs. *Am. Heart J.* 60 : 522, 1963.
- 22) Gorlin, R., Klein, M. D. & Sullivan J. M. : Prospective correlative study of ventricular aneurysm, *Am. J. Med.* 42 : 512, 1967.
- 23) Lane, F. J., Carroll, J. M. Levine, H. D., et al. : The apexcardiogram in myocardial asynergy. *Circulation* 37 : 890, 1968.



## 第 2 席 討 論

和田（国際親善病院）：等容収縮期が延長していた群についてですが、心筋梗塞群の中に脚ブロックをもっている症例がありましたでしょうか。もしあればとくにそれらの症例で等容収縮期の延長が見られたのではないのでしょうか。

演者（井上）：私の論文をごらんになればわかりますが（Circulation 42:79, 1970），1例だけ左脚ブロックを合併したものがあります。それは等容収縮時間（ICP）がもっとも長い値、つまり130msec という値を示しています。しかしこの例は、power failure とともに等容収縮時間の著しい延長を来した5例のうちには入っていません。

松尾（阪大中研）：2つお伺いしたいと思えます。1つはおそらく時間の関係で省かれたと思うのですが、この場合等容拡張期はどういう態度をとったのでしょうか。といいますのは、ちょっと方法が異なりますけれども、以前私どもは超音波ドップラー法で、たとえば高血圧性心疾患ですと等容拡張期が延長し、それが心不全状態になってくると短縮傾向を示してくる、というような成績を得ております。それで先生の症例はどうであったかということなのですが……。

演者：統計的に有意な差はまったくございません。その理由の1つは、等容拡張期の測定法自体に問題があったからかと思えます。実際、急性心筋梗塞では非常に強い血行動態の変化を生じますが、心尖拍動図の拡張期波にも非常に変な波形が出現する。その変化自体、私は別な意味で興味を持ってはおりますが、いずれにしても測定上のテクニカルな面で問題があって、有意な差を見出しえませんでした。

松尾：次にお尋ねしたいのは後壁の動きのことなんですけれども、実際に施行してみますと、後壁のどこに超音波ビームが当たっておるかということ、つまり当り方で後壁の excursion 振幅が非常に変わってくる。どこにビームをあてるかとい

うその standardization が非常にむずかしいと思うのですけれども、その点についてお答えください。

演者：私が後壁のエコーを採用した理由は、これが一番シンプルで、しかも撮りやすいからです。つまり僧帽弁を始めとしてあちこち記録してみても、確かに後壁が上手下手がなく記録出来るのです。それが1つの理由です。もう1つの理由は第4肋間胸骨左縁に当てて、やや側方や下方に向けますと、だいたい近似的な波形が5拍から10拍続けて撮れます。その最大公約数的な波形が解釈の対象となるわけですけれども、これが極端に毎拍動ごとに振幅が変化するというのであればうまく当たっていないのではないかと考えています。経験的な判定になりますですけれども……。

松尾：個々の症例ではそれでいいのですけれども、個体が変わった場合の同じことについてはいかがでしょうか。

演者：それは後壁エコーそのものの calibration の問題ですね。この場合、私は内腔のわかったびんに水を入れ、その中のロッドを動かしながら、実際に近い形でキャリブレーションを行なってみたのです。もっともそれがどの程度信頼性があるかということはわかりません。それから振幅のことですが、健常者で、たとえば心拍毎に半分くらいの振幅変化があるなどという極端なものは、テクニカルな問題があるのではないかと思うのですけれども、やはり後壁運動速度がかなり減少しているのは、ショックのような症例の特徴ではないかと思ったのです。確かにこういう問題の解釈には、つねにかなりテクニカルな問題があると思えます。

松尾：リミテーションがあるわけですね。

演者：ええ、そうだと思います。

沢山（川崎医大循環器科）：方法論についてお伺いします。心尖拍動図（ACG）は全例で确实

に撮れたのですか。それとも何例か除外しなければならなかったというようなことはありませんでしたか。

**演者**：たしかにショックを起こした急性の心筋梗塞では、しばしばACGが記録出来ない場合があります。そしてこれがエコーを撮ろうという1つの理由にもなっているわけです。エコーならば撮れるというわけです。実際はACGはCCUの隣りに据えつけてあって、くる症例ごとに記録しているわけです。記録出来ない症例は除外してあります。

**沢山**：除外された正確なパーセンテージは…。

**演者**：それは統計を取っておりません。

**司会**：次の演題とオーバーラップしているところがございますので、エコーの問題でしたら、次の演題が終わってからご発言ください。

**藤井**（心臓血管研究所）：後壁エコーの速度に関する報告はいくつかありますけれども、心筋梗塞の血行動態と関連づけて報告したものは、文献的にはほとんどないので、非常に興味を持ってお

ります。1つお聞きしたいのですけれども、おそらく報告された心筋梗塞はいろいろな部位のものを含んでいると想像いたしますけれども、後壁エコーの動きの態度と、心筋梗塞の部位との関連はございますか。たとえば bulge out とか……。

**演者**：もちろん私は、こういう研究をやる前から、たとえば心尖拍動図のバルジから実際の解剖学的な壊死の位置を想定したり、あるいは後壁からエコーをとっているから後壁の壊死に関係しているとか、というふうに考えたりしたのですけれども、現在の考えでは、それはまったく当にならないというか、いづれも1つの心の動きであるにすぎないと思っています。なぜかという、たまたま後壁に心電図上のサインがあって、しかもおかしいカーブを示せば後壁に由来した変化と思うのですけれども、一方、前壁の場合でもまた同じような波形が撮られることもあるので、部位との関係はまったく当てにならないという解釈を持っております。