

心機図に関する研究

— 僧帽弁狭窄症における心房波について —

九州大学 第一内科

福本晃雄 真柴裕人 伊東盛夫
哲翁元治 福島 勇 藤野武彦
今西 愿 安田英雄 伊東祐信

目 的

心臓による前胸壁のうごき(前胸壁にあらわれる15 Hz以下の低周波振動)は、心周期の時相判定に利用¹⁾されるばかりでなく、心室収縮期にあらわれる前胸壁の異常運動²⁾から各種の心室の病態変化を知るべく利用されている。一方、心房収縮期にあらわれる前胸壁のうごきは、左室拡張期圧の上昇を反映するものとして、重要な情報源となっている³⁾。その中で、僧帽弁狭窄症では、心房収縮時期の前胸壁のうごきは、低下あるいは消失するとされ、これが有意の僧帽弁狭窄症を除外する根拠にもなりうると考えられている⁴⁾⁵⁾。

しかし、われわれが従来より使用しているストレインゲージ圧迫心機図法(strain-gauge kinetocardiogram, S-KCG)⁶⁾では、左房圧の上昇が推定されるいろいろの病態で、心房波(a波)が増高すると同様に、僧帽弁狭窄症(MS)においても、前胸壁のa波は増高することを観察してきた⁷⁾。今回はその結果を心内圧と対比して述べる。

対象および方法

健常者16例、MS 20例について比較検討した。

1) 健常群: 当院関係者および外来者で、聴診、血圧、胸写、心電図その他で、何ら異常をみとめな

Kinetocardiographic studies on the precordial movements in the atrial systolic phase in mitral stenosis with sinus rhythm

Teruo FUKUMOTO, Hiroto MASHIBA, Morio ITO, Motoharu TETSUO, Isamu FUKUSHIMA, Takehiko FUJINO, Sunao IMANISHI, Hideo YASUDA, Sukenobu ITO

The First Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Kyushu University, 1276 Katakasu, Fukuoka, 812

い男8例, 女8例, 計16例。年齢は17~24才, 平均20.5才である。

2) MS群: 1968年11月より, 1972年3月まで当科入院し, 聴診, 胸写, 心電図, ベクトル心電図, 心音図, 超音波および右心カテーテルを施行し, 純型僧帽弁狭窄症と診断された20症例である。年齢は17才より47才まで, 平均33.6才で, 男5例, 女15例である。なお心房細動例や毎分90以上の頻脈例は除外した。

3) 方法: 背臥位, 半呼吸停止時に, S-KCG法により前胸壁のうごきを記録した。この方法は700 gramの圧迫で, 前胸壁の絶対的変位を記録するもので, 15 Hz以下では変位に忠実であり, 時定数は無限大である。紙送り速度は50mm/sec および125mm/secである。

胸骨右縁(K14), 胸骨左縁(K24), 左前胸部(K34, K35) および心尖部(K45, K55) で記録した波形のうち, 心房波高および全振幅が大きいのはK34またはK35であった。この波形について, 心房波(a波)高, PE波高, および全振幅(TA)を計測して, a波高を示すために, a/TA および a/PE を計算した (Figure 1)。原則として S-KCG 記録の翌日に同じく背臥位にて右心カテーテルを行ない, 右肺動脈楔入部(PCW) 圧の平均(mean pressure), a波頂点圧 (“a” wave peak pressure), a波脈圧 (“a-z(y)” (“a” wave pulse pressure), および右室収縮期圧を求めた。

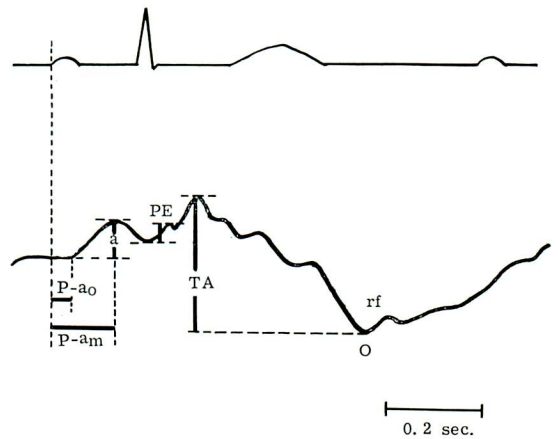


Figure 1. Schematic representation of measurements of “a”, TA and PE wave. “a” is the amplitude of “a” wave measured from its base to the peak. TA is the total amplitude of S-KCG from point “O” to the peak of E wave. PE is the amplitude of preejection wave. The relative amplitude of “a” wave was expressed as the ratios of TA (a/TA) and of PE (a/PE). The intervals from the peak of “a” wave (P-a₀) and to its peak (P-a_m) were measured with simultaneous ECG.

成績

1. 正常群

心電図Pより平均0.05±0.03秒後にはじまり, 0.09±0.04秒後にその頂点に達する小さな陽性波(前方運動)をみた。a/TA=0.055±0.0025, a/PE=0.25±0.196 (Table 1, Figure 2)。

2. MS群

同じくPより平均0.07±0.03秒後にはじまり, その頂点が0.14±0.03秒後にある大きな陽性波(a/TA=0.26±0.086, a/PE=1.58±0.934)をみた。この波高は正常群に比して有意に大きかった(各々P<0.01)。a波はその頂点からなだらかに下降をはじめ, 次の心室の動きに由来する陽性のPE波と交叉した。a波の下降脚がa波の開始レベルよりも低下するものは20例中8例にみられた。この時期は, P

Table 1. Interval from P wave in ECG and relative amplitude of “a” wave in normal subjects and in mitral stenosis

group	No. of cases	Interval from onset of P (sec)		a/TA value	a/PE value
		to onset of “a”	to peak of “a”		
Normal	16	0.05±0.03	0.09±0.04	0.055±0.0025	0.25±0.196
MS	20	0.07±0.03	0.14±0.03	0.261±0.0864*	1.58±0.934*

*P<0.01

より平均0.18秒であった。しかしこれよりあとの陰性部分が、はじめの陽性部分よりも大きくなる例や、PE波がはじまる前に陽性波を示す例はなかった。なおこの時のR-R間隔は0.78~1.40秒で、平均1.0秒、P-Q間隔は0.10~0.20秒、平均0.17秒であった (Table 1, Figure 2)。

3. MS群におけるa/TA値、a/PE値と心内圧との関係 (Table 2, Figures 3, 4)

a/TA 値と PCW 圧の a 波頂点圧 (“a” wave peak pressure) とは有意の正の相関関係を示した ($r=0.49$, $p<0.05$)。しかし、PCW 平均圧 ($r=0.40$, $p>0.05$)、a波脈圧、右室収縮期圧は、a/TA の増大とともに、増大する傾向はあったが、いずれも有意のものではなかった (Figure 3)。

a/PE 値と a 波脈圧とはその増大と共に増

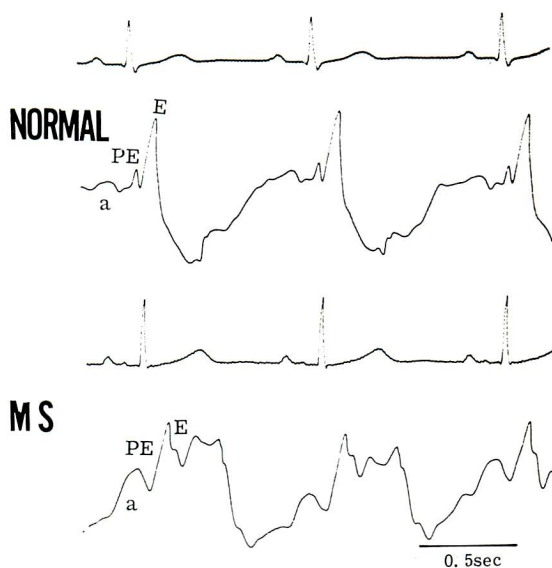


Figure 2. Above: S-KCG tracing from a 22-year-old normal subject at K34. Note small “a” wave and clearly identified preejection (PE) and ejection (E) wave with promptly retracted systolic wave. Below: S-KCG tracing from a 32-year-old woman with mitral stenosis at K35. Note positive “a” wave in high amplitude, large PE wave and sustained systolic outward movement.

Table 2. Correlation coefficient between a/TA or a/PE and intracardiac pressures

	a/TA value	a/PE value
PCW mean pressure	0.408*	-0.106
“a” wave peak pressure	0.491**	+0.0805
“a” wave pulse pressure	0.270	+0.315*
RV systolic pressure	0.280	+0.187

*P>0.05, **P<0.05

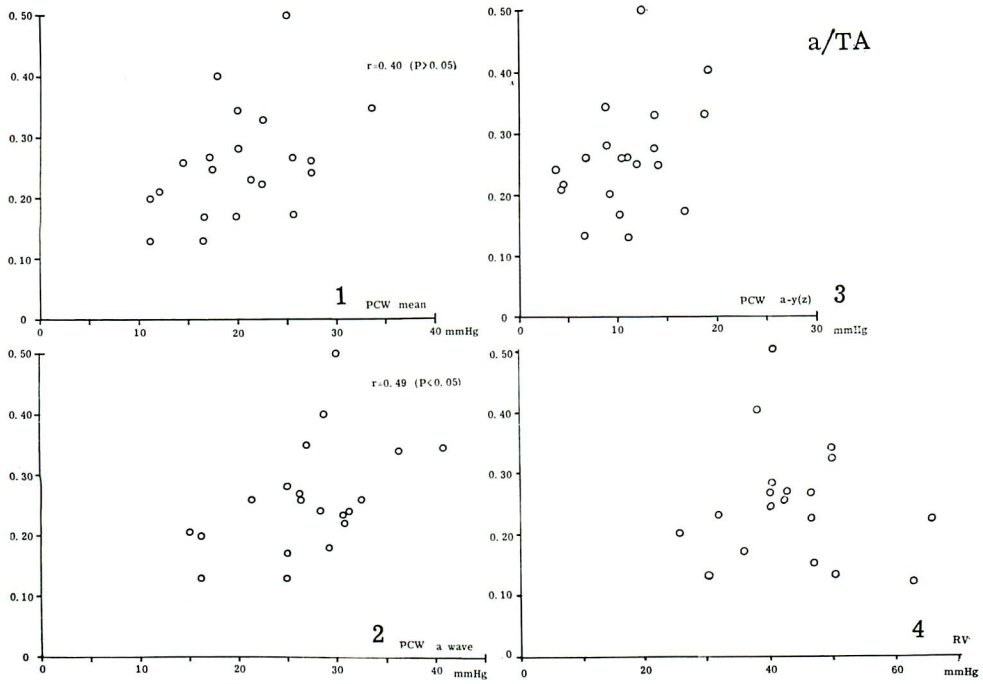


Figure 3. Relationship between a/TA value (in ordinate) and intracardiac pressures (in abscissa). 1: pulmonary capillary wedge (PCW) mean pressure, 2: PCW "a" wave peak pressure, 3: PCW "a" wave pulse pressure, 4: right ventricular systolic pressure.

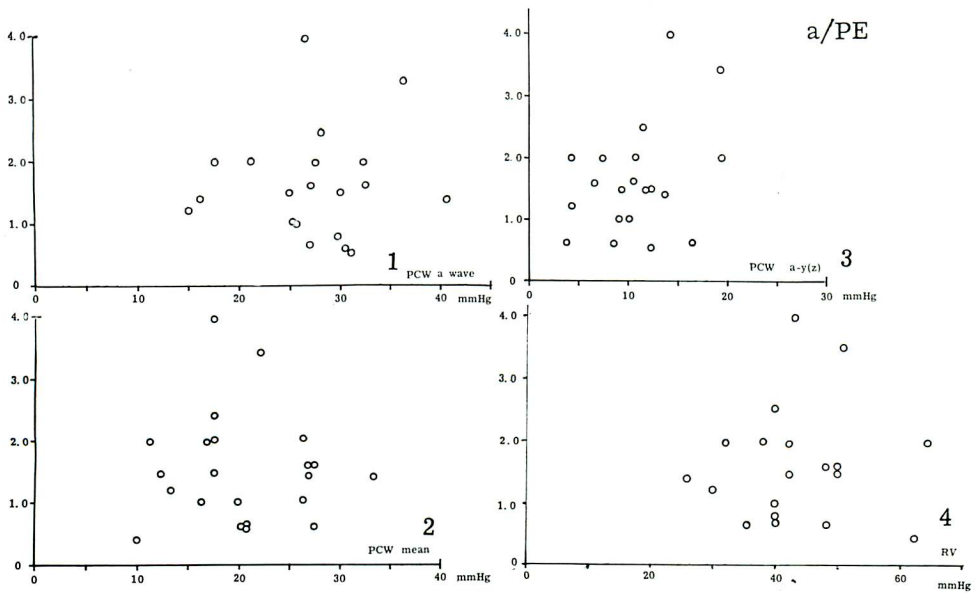


Figure 4. Relationship between a/PE value (in ordinate) and intracardiac pressures (in abscissa). 1: pulmonary capillary wedge (PCW) mean pressure, 2: PCW "a" wave pulse pressure, 3: PCW "a" wave pulse pressure, 4: right ventricular systolic pressure.

大する傾向をみた。その他では、有意の相関関係はなかった (Figure 4)。

考 案

心房収縮時期の前胸壁の動きは、apex cardiogram (ACG)³⁾⁸⁾, impulse cardiogram(ICG)⁵⁾あるいは kinetocardiogram (KCG)^{9)~11)} 法により、虚血性心臓病や狭心症^{8)~11)}, 心筋梗塞症¹⁰⁾, 高血圧症¹²⁾, 閉塞性心筋症および大動脈弁狭窄症³⁾⁹⁾, その他で心房波が増高することが報告され、心不全やジギタリス療法あるいは運動、薬物負荷の判定¹¹⁾にも利用されてきた。われわれも、心不全例や、薬物や運動により誘発された狭心症で、a波高が増大することを観察した¹³⁾。これらの病態において Dimond ら¹⁴⁾は、ACG と心内圧の同時記録により、ACG での a 波高が、左室拡張終期圧の上昇に伴うことを述べ、ひいては、左房圧の上昇を伴うことを考慮すると、前胸壁にあらわれる心房波は、上昇した左室拡張終期圧、あるいは compliance の低下した心室への左房収縮による流入の反影である⁵⁾と考えられる。従って、ACG 法⁴⁾や ICG 法⁵⁾では、僧帽弁狭窄症においては、心房の収縮期には狭窄した僧帽弁によって、心室への流入が障害され、たとえ左房圧が上昇していても、心室への流入は少なく、従って、心房波は減高ないしは消失すると説明され、有意の僧帽弁狭窄症の合併の有無の判定にも利用しようとした。すなわち、左房自体のうごきは、前胸壁へは伝達されないと考えられる。

しかしながら、絶対的変位を記録する S-KCG 法では、左室拡張終期圧や左房圧が上昇した他の病態時と同様に、僧帽弁狭窄症においても、肺動脈楔入部圧の上昇とともに、a波高が有意に上昇すること、第2に、このa波の時間関係が、Wooley ら¹⁶⁾が、直接あるいは食道經由に左房圧を測定し、左房の収縮が、Pより0.06秒後にはじまり、正常では0.09秒後、僧帽弁狭窄症では0.15秒後にその頂点に達するとした結果とよく一致すること、さらに左房のうごきが心室を介して前胸壁に伝達されること¹⁵⁾を考慮すると、僧帽弁狭窄症例でS-KCG 法により得たa波は、左房圧をよく反影していると考えられる。

本論文では、左室拡張終期圧とS-KCG によるa波高との関係はみていないが、従来のACG法、ICG法による結論とは異って、僧帽弁狭窄症において、左房圧の上昇を反影する高いa波をみたことは、前胸壁にあらわれる心房収縮期のうごきの要因として、左房圧の上昇だけによる場合もあることを示すと考えられる。すなわち、a波高の要因は、左室拡張終期圧あるいはそれに伴った左房圧上昇だけではなく、左房圧自身の圧の上昇にもよると考えられる。

僧帽弁狭窄症に高いa波を記録するのは、S-KCGが、前胸壁の全体的なゆるやかなうごきを変位として記録しうる点によると考える。すなわち、後方に位置する左房圧の上昇は、弁輪をはじめ、心室全体を前胸壁方向へ押す¹⁵⁾。このような前胸壁の広範囲にわたるゆるやかな変位は、前胸壁上の相互間の変位(相対的変位)として記録する方法では捉えにくい。しかし、S-KCGでは、時定数は長く、大地からの絶対的変位を記録するから、このような広範囲にわたるゆるやかな変位を忠実に捉えうる¹⁸⁾のであろうと思われる。

一方, Harrisonら⁹⁾は, 絶対的変位を記録する KCG 法により, 心房波は, 胸骨右縁で最もよく記録でき, 左房の収縮時には, 後左方へ向うために, 僧帽弁狭窄症では, 陰性波(内方運動)が大きくなるとした。同時に, 心筋梗塞, 狭心症, 高血圧症などでも同様の結果を示しており, 僧帽弁狭窄の有無に関係なく左房負荷の所見とみなせる。この意味では, S-KCG の結果と同意義ではあるが, 記録部位のちがいが, そのためと思われる波形の時相のずれ, あるいは圧迫量のちがいであり, 直接には比較できない。

以上, 今回は左房圧を中心に述べたが, 左房の機能に関しては, その容量も重要な因子である。これについては, 現在検討中である。

まとめ

低周波左前胸壁のうごき(15 Hz 以下)をストレンゲージ圧迫法で記録し, 得られた心房波(a波)の大きさを, 全振幅に対する比(a/TA), および PE 波(Preejection wave)に対する比(a/PE)で示した。僧帽弁狭窄症では $a/TA=0.26 \pm 0.086$, $a/PE=1.58 \pm 0.934$ で, 正常群($a/TA=0.055 \pm 0.0025$, $a/PE=0.25 \pm 0.196$)にくらべ, 有意に高値を示した(おのおの $P < 0.01$)。この a 波は, 心電図 P より 0.07 ± 0.03 秒にはじまる陽性波(前方運動)で, 0.14 ± 0.04 秒にその頂点に達した。また得られた a/TA, a/PE 値について, 肺動脈楔入部(PCW)圧の a 波圧, 平均圧および a 脈波圧(a-z(y)), 右室収縮期圧との相関を検討した。a/TA は PCW a 波圧と有意の相関を示した($r=0.49$, $P < 0.05$)が, その他では有意の相関を認めなかった。

Summary

This study was performed in order to elucidate the significance of the precordial movement in atrial systole ("a" wave) in mitral stenosis by using the strain gauge kinetocardiographic method.

Positive "a" waves with high amplitude were observed in mitral stenosis at the left side of the precordium (K34, K35), beginning at 0.07 ± 0.03 sec and showing its peak at 0.14 ± 0.03 sec after the onset of P wave in ECG (Table 1). The relative values of "a" wave amplitude were expressed as ratios to the total amplitude (TA) value (a/TA) and to the amplitude of preejection (PE) wave (a/PE). Values of a/TA and a/PE (0.26 ± 0.086 , 1.58 ± 0.934 , respectively) in mitral stenosis were significantly ($P < 0.05$) larger than those (0.055 ± 0.0025 , 0.25 ± 0.196 , respectively) in normal individuals (Table 1). The a/TA value was significantly correlated ($r=0.49$, $P < 0.05$) to the peak "a" wave in pulmonary capillary wedge pressure (Figure 3). But no significant correlation was recognized between a/PE

value and pulmonary capillary wedge mean pressure, "a" wave peak pressure, "a" wave pulse pressure or right ventricular systolic pressure (Figure 4).

文 献

- 1) Tafur E, Cohen L, Levine, HD : The normal apex cardiogram. Its temporal relationship to electrical, acoustic and mechanical cardiac events. *Circulation* 30 : 381-391, 1964
- 2) Davie JC, Langley JO, Dodson WH, Eddleman EE Jr : Clinical and kinetocardiographic studies of paradoxical precordial motion. *Amer Heart J* 93 : 775-807, 1962
- 3) Epstein EJ, Coulshed N, Brown A, Doukas NG : The "a" wave of the apex cardiogram in aortic valve disease and cardiomyopathy. *Brit Heart J* 30 : 591-605, 1968
- 4) Tavel ME, Campbell RW, Feigenbaum H, Steinmetz EF : The apex cardiogram and its relationship to hemodynamic events within the left heart. *Brit Heart J* 27 : 829-839, 1965
- 5) Mounsey JPD : Inspection and palpation of the cardiac impulse. *Prog Cardiovas Dis* 10 : 187-205, 1967
- 6) 福本晃雄, 他 : 心臓のうごきに由来する前胸壁のうごき : ストレンゲージ法について。 *医学のあゆみ* 69 : 523-525, 1968
- 7) 福本晃雄, 他 : 心機図に関する研究 (第2報)。第28回日循九州地方会, 昭和45年6月
- 8) Benchimol A, Dimond EG : The apex cardiogram in ischemic heart disease. *Brit Heart J* 24 : 581-594, 1962
- 9) Harrison TR, Lowder JA, Hefner LL, Harrison DC : Movements and forces of the human heart. V. Precordial movements in relation to atrial contraction. *Circulation* 18 : 82-91 1958
- 10) Suh SK, Eddleman EE Jr : Kinetocardiographic findings of myocardial infarction. *Circulation* 19 : 531-542, 1959
- 11) Skinner NS Jr : Leibeskind RS, Phillips HL, Harrison TR : Angina pectoris. Effect of exertion and of nitrites on precordial movements. *Amer Heart J* 61 : 250-258, 1961
- 12) Ueda H, Kobayashi T, Uozumi Z, Sakamoto T : Precordial low-frequency vibrocardiography : III. Hypertension. *Jap Heart J* 3 : 408-422, 1962
- 13) 福本晃雄, 他 : 心機図に関する研究。第35回日循総会発表, 昭和46年4月
- 14) Dimond EG : Benchimol A : Correlation of intracardiac pressure and precordial move-

- ment in ischemic heart disease. Brit Heart J 25 : 389-392, 1963
- 15) Dressler W : Precordial heave on the right related to left-atrial enlargement. JAMA 206 : 96-97, 1968
- 17) Wooley CF, Klassen KP, Leighton RF, Goodwin RS, White RP, Ryan JM, Rieser GF : The left atrial pressure pulse of mitral stenosis in sinus rhythm. Amer J Cardiol 25 : 395-400, 1970
- 17) Braunwald E, Frahm CJ : Studies on Starling's law of the heart. IV. Observations on the hemodynamic functions of the left atrium in man. Circulation 24 : 633-642, 1961
- 18) 福本晃雄, 他 : ストレンゲージ心機図法. 臨床心音図 1 : 195-206, 1971

討 論

魚住 (愛知県総合保健センター) : 先生の場合, 右室拍動の a 波はいかがでございましたか, つまり parasternal impulse の a 波はいかがでしたでしょうか。

演者 (福本) : 先生のご質問の意味は記録部位がどこかということでございますか。

魚住 : そういう意味ではございません。先生は MS で心尖部に a 波が大きく出るといふふうにいわれましたが, もしそうなら, 普通の右室の領域でのインパルスと思われる点からえられた記録の a 波はどうなのでしょう。

演者 : 私どもは, いつもお話しておりますように, 圧迫法を用いて, 心電図の V 誘導の位置をずっと記録しております。そのうちで a 波が最も大きいところ, それから全振幅の一番大きいところ, そういふような規定をしてみますと, おもに V₃, それから V₄, Q 波が出るか出ないかというところがそういう点に相応します。そういうところの記録をきょう出しました。そういう意味で parasternal と思われる V₂ に相当するところは振幅が小さいから出しておりません。

魚住 : a 波のピークの位置は, 正常者と MS の場合と, かなり違っていたように見受けましたけれども……。

演者 : それが MS の 1 つの特徴であろうと私は

思っておりますし, ほかの報告でも, かなり一致しております。

魚住 : その a 波を右心起源の a 波とはお考えなっていないじゃないわけですね。V₄ という midclavicular line になるわけですから, 右室の拍動を撮っているのではないですか。ことに MS の場合ですから。

演者 : 右心系の a 波かどうかということは, もちろん問題になろうかと思えます。だからこそ, こういった時間関係, あるいは wedge pressure との関係があるということから, 左房のものであろうと, そういふふうを考えております。左房の動きが前のほうに向かって, 胸壁の動きに出るといふことは, これは異論のないところだろうと思えますけれども……。

沢山 (川崎医大循環器科) : 先生の方法はキネトカルジオグラムですね。キネトカルジオグラムでも, たしか MS の場合は左室起源と思われる a 波が小さくなるというふうに解釈しておりますので, 先生のいまの a 波の増大といわれますのは, 魚住先生がご指摘になったように, 右室起源の a 波ではなからうかというふうに思うのですけれども。

演者 : それにつきましては, たとえば Harrison は, この心房波はむしろ V₁ が一番大きい, そ

ういうふうになっておりますし、MSの場合は V_1 においては陰性化する、それを左房の影響であろうというふうに考えております。Harrisonのやり方でも、a波はたしかにむしろ前胸壁では記録されない。それと比較しますと、私どもの記録方法は、絶対値を測っておると申しまして、いつもお話しするように、圧迫しておるといところが大きな違いであります。前胸壁の影響をなるべく小さくするために圧迫しております。Eddlemanの行なった方法は、圧迫はほとんどかけないで、せいぜい100グラム程度というふうにしてあります。ですから私どもが圧迫したということの影響が、あるいは左房の変位そのものを掴んでいるのではなくて、別のファクター、私どもはそれをボリュームと距離とをかけ合わせた力ないし仕事量というふうに考えておりますけれども、そういったものを掴んでいるのであろう、そういうふうに考えております。

沢山：Eddlemanの方法とは違っている。ですから出てくる波形も違うし、そうしますと、出てくるa波も右室か左室か、確実にはいえないわけですね。

演者：その点については、ですから私は圧の関係と時間の関係から、左房性だろうというふうに考えたわけです。それからもう1つ、左房の影響

が絶対に前の方に出てきやすいということ、それが結論になっております。

坂本（東大第二内科）：いま魚住君がいわれたのですけれども、私もどうも左心の影響をみているというよりも、右心の影響じゃないかと思うのです。といいますのは、心電図で V_1 からずっと左の方へ追って行きますと、 V_4 近辺で小さなseptal Qが出てくるまでの領域は、どうもいままでの経験からみますと、左心の影響がないというか、非常に少ない領域なんです。septal Qが出るところから一口径ぐらい外側に寄ったところが左室になるというのが正しいのではないかと思います。そこがまた左室心尖部で、ちょうどseptumと左室のfree wallとの接点のところですから、どうもその辺までの胸壁上の領域は右室からのあおりという影響を除外できない。とくにMSなどですと右室の肥大が強くなっているわけですから、そちらの影響がますます強くなるのじゃないかというふうに感じましたけれども。

演者：心尖拍動図ですと、僧帽弁を通して心房収縮による影響をとらえる、そういうふうに解釈されているのだと思います。私どもの方法では、左房の収縮によって、心臓の全体が胸壁の方へ動く、ということを掴んでいるのだと思います。