

P-S₄ 時間の研究：左心機能との対比検討

A study of P-S₄ interval with special reference to left ventricular function

延吉 正清
 高山 幸男
 島田 俊夫
 野坂 秀行
 伊藤 幸義
 村上 知行
 大下 芳人
 松田 博子
 中嶋 裕子
 後藤 雅博

Masakiyo NOBUYOSHI
 Yukio TAKAYAMA
 Toshio SHIMADA
 Hideyuki NOSAKA
 Yukiyoshi ITO
 Tomoyuki MURAKAMI
 Yoshito OSHITA
 Hiroko MATSUDA
 Yuko NAKASHIMA
 Masahiro GOTO

Summary

Relationship between P-S₄ interval and left ventricular function was studied in 49 patients with ischemic heart disease by the use of left heart catheterization, intracardiac phonocardiography, and coronary and left ventricular cine angiography. The results were as follows.

- 1) P-S₄ interval significantly correlated with ejection fraction ($r=0.55, p<0.01$).
- 2) Correlation of the P-S₄ interval to either atrial filling fraction ($r=-0.57, p<0.05$) or atrial filling rate ($r=-0.49, p>0.05$) were insignificant.
- 3) P-S₄ interval was insignificantly correlated with wall stiffness ($r=-0.39, p>0.05$).
- 4) P-S₄ interval, left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP) and pulmonary artery diastolic pressure (PADP) were not correlated each other.

Key words

P-S₄ interval Coronary cineangiography Ejection fraction Atrial filling fraction Atrial filling rate Ventricular wall stiffness (V/P · dP/dv)

はじめに

1837年、Charcellay が心房音は心房収縮による音であろうと発表して以来、この心音に関する

研究は枚挙にいとまないが、P波と心房音間隔(P-IV時間)についての検討は Duchosal¹⁾ がはじめである。すなわち彼は症状の悪化とともにP-IV時間が短縮することを指摘した。その後、各種心

小倉記念病院 循環器内科
 北九州市小倉北区貴船町 1-1 (〒802)

Division of Cardiology, Kokura Memorial Hospital,
 Kifune-cho 1-1, Kokurakita-ku, Kitakyushu, 802

Presented at the 13th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 25-26, 1976

Received for publication November 1, 1976

疾患における P-IV 時間と臨床経過を, Kincaid-Smith と Barlow²⁾ が検討し, P-IV 時間の延長, 短縮が, 症状の軽快悪化と良く相関すると発表した. しかしながら, その血行力学的背景については, ほとんど研究されていない. この点について, 今回, 我々は P-IV 時間と左心機能について検討したので報告する.

症例および方法

症例は当院で冠動脈性心疾患の疑いのもとに冠動脈造影および左室造影を施行した 49 例で, 心筋梗塞症 16 例, 心室瘤 8 例, 狭心症 12 例, 正常例 13 例である. 方法は前腕切開にて Sones カテーテルを挿入し, 左室圧および大動脈圧を測定, その直後に Millar 製の微小マノメーターつきカテーテルで, 左室圧, 心腔内心音図および体外心音図をミンゴグラフで同時記録し, 引き続きカテ先マノメーターにより経肺動脈左室造影を行い, 左室圧と心内心音図を同時記録しながら, RAO 30°, 48 コマ/秒で Photosonic 社製シネカメラを用い撮影した. その後, 冠動脈造影を行い, その直後に Swan-Ganz カテーテルにより, 肺動脈圧および心拍出量を熱希釈法で求めた. また, 一部の患者に心房ペーシングを行い, 同時に心内心音図, 心拍出量を測定した. 心内心音図の記録できなかった例は, 同時記録した体外心音図を用いた.

急性心筋梗塞症の心機能評価は, 急性期に Swan-Ganz カテーテルを肺動脈に挿入して肺動脈拡張期圧 (PADP) を求め, また熱希釈法にて心拍出量を求め, 同時に心音図記録を行った.

心容積の測定は, RAO 一方向による Sandler と Dodge³⁾ の方法に順じた area-length method を用い, 石膏で作成した回転楕円体模型で較正を行って, 心容積を測定した.

P-IV 時間の測定は, P 波の開始より IV 音の最初の高い振れまでとした.

Myocardial stiffness の計算は, Laird ら⁴⁾ の報告に従い, Gaasch ら⁵⁾ による dP/dV を P/V で除した. 拡張期流入量に対する心房収縮充満量

(atrial filling fraction) は, シネフィルムを 1/48 秒間隔でシネトレースし, 各心容積の変化をプロットして, P 波の後に起こる急速な心容積の変曲点の心容積 $[V(a)]$ を拡張終期容積 (EDV) から引き, これを 1 回拍出量 (SV) で除して求めた. Atrial filling rate は, この間の心容積の変化を時間 t で除して求めた.

$$\text{atrial filling fraction} = \frac{EDV - V(a)}{SV}$$

$$\text{atrial filling rate} = \frac{EDV - V(a)}{t}$$

成績

Fig. 1 は P-IV 時間と各心疾患の関係で, open circle は心内心音図, closed circle は体外心音図を示している. 心筋梗塞症と正常群との間には, 有意差はなかったが, 心室瘤群では有意に P-IV 時間が短縮していた. 心筋梗塞症群で P-IV 時

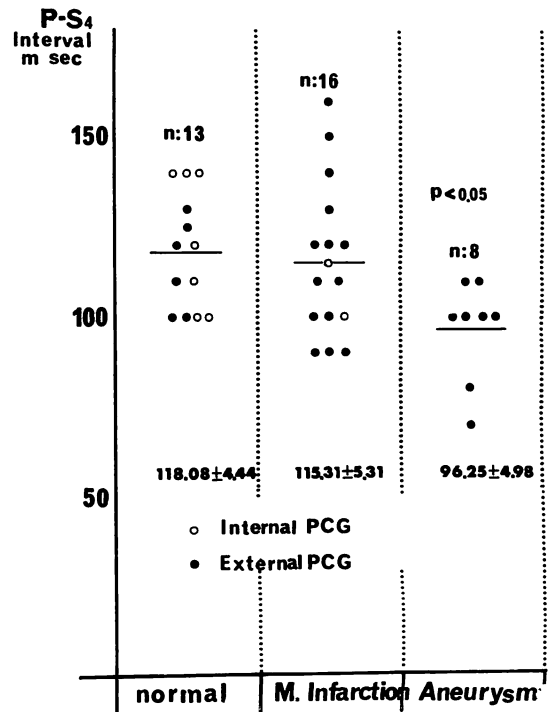


Fig. 1. P-S₄ interval in normal and diseased states.

M: myocardial, PCG: phonocardiogram.

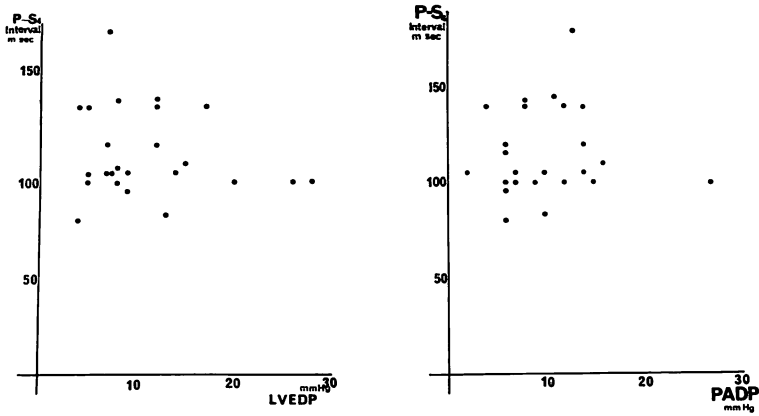


Fig. 2. Relationship between P-S₄ interval and left ventricular end-diastolic pressure (LVEDP: left) and pulmonary artery diastolic pressure (PADP: right).

間の長い群は経過の比較的良好な例が多く、P-IV 時間の短縮している 3 例のうち、1 例は心機能の非常に悪い例であった。心室瘤群で P-IV 時間の短縮している 2 例のうち、1 例は main trunk disease で最近急死し、1 例も非常に重症であった。

Fig. 2 の左図は LVEDP、右図は PADP との

関係であるが、一見広く分布した。これは我々の対象が、tipmanometer を挿入する関係上、比較的重症例に乏しい割に正常群が多く、実際左下方の 11 例はすべて心機能良好 (intact coronary artery) であった。このように、症例の選び方に問題はあがるが、一応逆相関の傾向にあった。

Fig. 3 は駆出率 (EF) との関係である。危険率

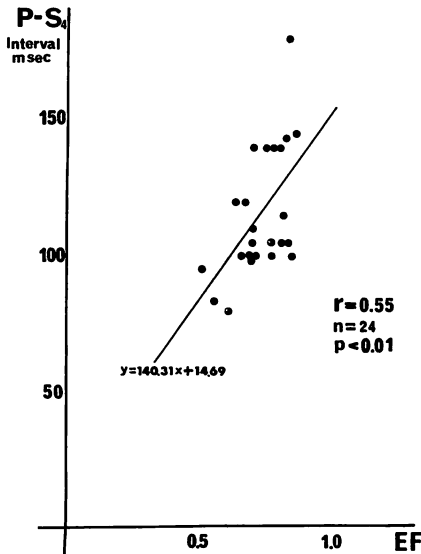


Fig. 3. Relationship between P-S₄ interval and ejection fraction (EF).

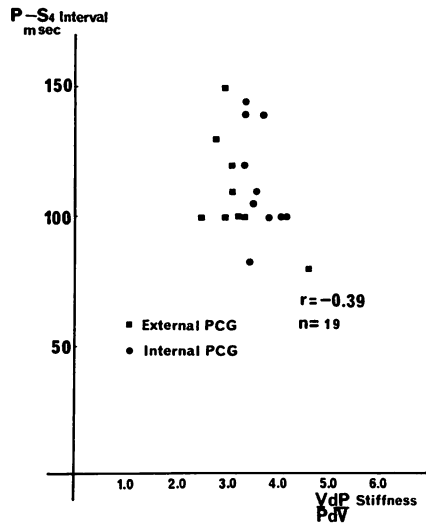


Fig. 4. Relationship between P-S₄ interval and myocardial stiffness expressed by V/P·dP/dV.

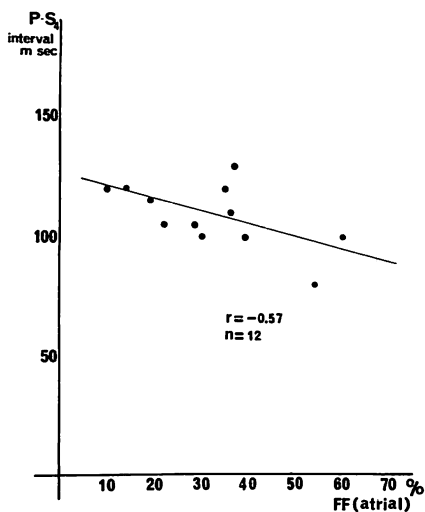


Fig. 5. Relationship between P-S₄ interval and atrial contribution to ventricular filling expressed by atrial filling fraction (FF).

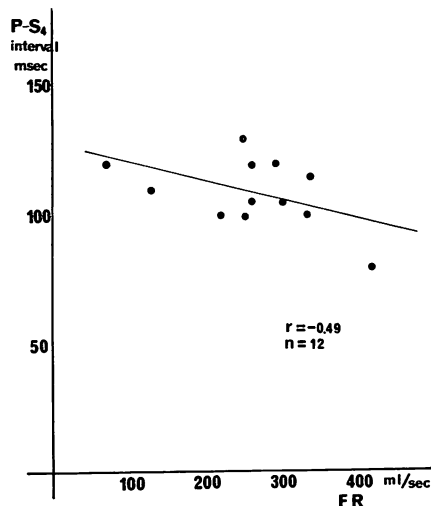


Fig. 6. Relationship between P-S₄ interval and atrial filling rate (FR).

Table 1. Summary of phonocardiographic findings and hemodynamic data in 4 patients

Case	Age/Sex	Date	P-S ₄ m sec	P _{PA} mmHg	CI L/m/M ²	HR	SI ml/M ²	SWI gm m/b/M ²	EF
MK	70F	1976-2-20	70	16/8	2.38	71	33.5	35.0	
		2-24	80	/7	2.43	59	41.2	38.5	
		3-15	100						
		4-20		26/8	2.73	62	43.9	46.9	0.68
SK	70M	5-20	115	32/25	1.77	97	18.2	19.5	
		5-21	115	20/11	1.68	60	28.0	26.3	
		6-7	140						
		7-2		40/14	2.25	51	44.1	36.6	0.42
NM	56F	6-2	120		2.01	94	21.4		
		6-14	160						
		7-13		27/13	3.14	91	34.5	41.8	0.69
TG	61M	3-17	95	34/26	2.36	90	26.2	26.4	
		3-25	115		1.99	60	33.2		
		5-13		45/18	2.62	96	27.2	26.4	0.35
HW	64M	5-4	150	\bar{m} 19	1.91	70	27.3	20.1	
		5-17	175						
		6-8		38/18	3.15	77	40.9	40.8	0.56

P-S₄: interval between the beginning of P wave of the electrocardiogram to the beginning of the fourth heart sound, P_{PA}: pulmonary artery pressure, CI: cardiac index, HR: heart rate, SI: stroke index, SWI: stroke work index, EF: ejection fraction.

1% で $r=0.55$ という正相関があった。なおこのうち P-IV 時間が非常に延長している 1 例のみ、体外心音図で測定した値を用いている。

Fig. 4 は ventricular wall stiffness との関係であり、 $r=-0.39$ と弱い逆相関の傾向にあったが、有意ではなかった。Fig. 5 は atrial filling fraction との関係である。有意差はないが、 $r=-0.57$ の逆相関の傾向にあり、これは心房収縮による拡張期充満量が多いほど、P-IV 時間が短縮することを示唆する所見である。

Fig. 6 は atrial filling rate との関係で、同様に有意ではないが、 $r=-0.49$ という逆相関の傾向にあり、充満速度が大であるほど P-IV 時間が

短縮し、いずれも心房活動増加が P-IV 時間を短縮させることを示唆する所見である。

Table 1 は、急性心筋梗塞症の急性期および慢性期の P-IV 時間と、血行動態諸量の関係である。心拍出量の増加とともに P-IV 時間が延長している。心機能の悪い、すなわち駆出率の低い SK と TG は、P-IV 時間の延長が他の例に比してやや悪く、 Δ P-IV 時間の伸び率も、心機能の改善と関係あることを示唆している。Fig. 7 は Table 1 の 2 例をグラフにしたもので、bar が P-IV 時間、縦軸に心拍出量、横軸に PADP を示している。矢印のように、臨床経過の良い上段では PADP の動きは少ないが、下段の重症例では、はじめに PADP を上昇させて(すなわち左房圧をあげて)心拍出量を保っているが、日をおいて PADP (すなわち左房圧)が下がり心拍出量は改善の方向を示した (Starling の left ventricular curve の左方移動を示した)。同時に P-IV 時間は延長した。Fig. 8 は Fig. 7 の下段の急性心筋梗塞症の心音図経過である。心機能改善とともに P-IV 時間が延長することを示している。

Fig. 9 は心房ペースング時における P-IV 時間の推移と、血行動態諸量の変化である。上段は congestive type の cardiomyopathy で心機能の悪い例 (EF:0.50) であり、下段は心機能の良好な例 (EF:0.82) である。心拍数増加とともに、両方とも P-IV 時間の延長をきたすが、心機能良好のほうが増加率が高い。一方、IV-I 時間は心機能良好の例が短縮を示し、悪い例ではやや延長した。

考 案

心房音は Potain 以来、この心音を聴取すれば予後不良の徴候として注目され、多くの研究者により心音図、心機図および心内現象の検討がなされてきたが、P-IV 時間の検討^{1,2,6)}は少なく、また左心機能との対比検討はいまだになされていない。P-IV 時間を検討する場合、まず問題になるのは測定上、STI ほど簡単ではないことである。その理由として、P-Q 時間に比して短いこと、お

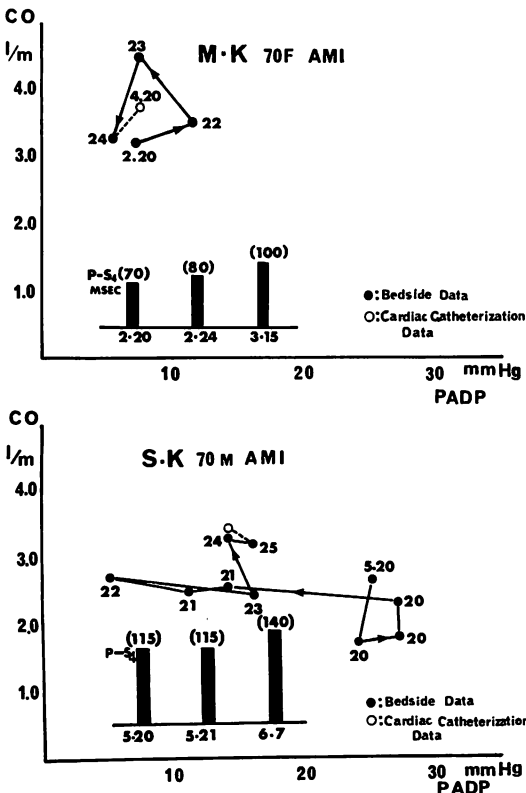


Fig. 7. Left ventricular function curve and P-S₄ interval.

Top: 70-year-old female, acute myocardial infarction, bottom: 70-year-old male, acute myocardial infarction.

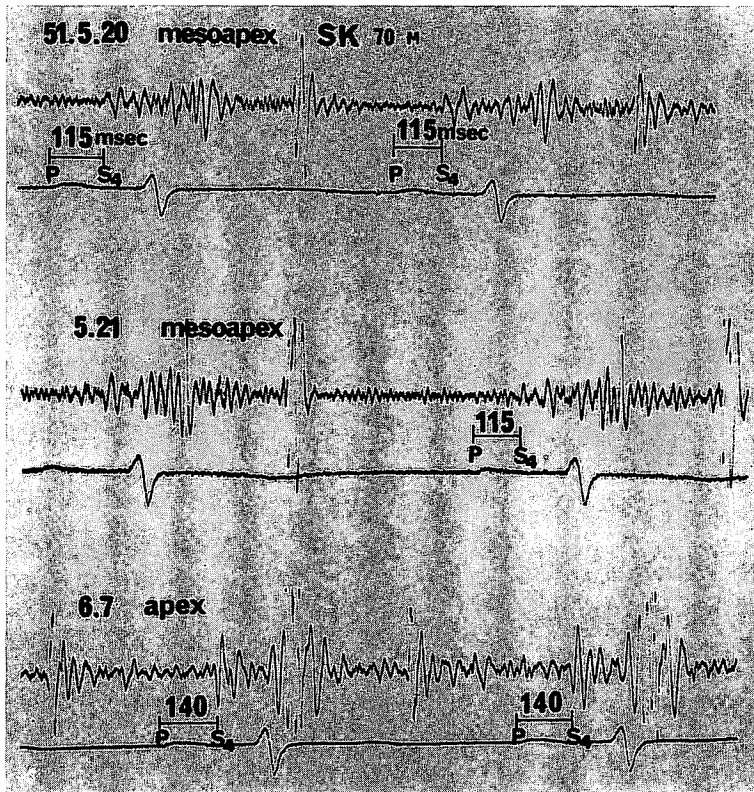


Fig. 8. Changes in P-S₄ interval in acute phase of myocardial infarction.

よび IV 音の開始が明瞭でないことがあげられる。心房音には第1, 第2成分⁷⁾があり, 第1成分は心房筋の収縮によるもので inaudible であり, 第2成分は audible で, 通常いう心房音は第2成分である。Evans⁹⁾ が高血圧症で, Duchosal のいうように P-IV 時間が変化しなかったと述べているのは, 実は第1成分を測定したためである。実際, 心筋梗塞症で, 初期には大きな心房音でも, 経過とともに I 音に近づき, 同時に振幅も小さくなり, I 音の中に入ると測定がしばしば困難となる。我々が左心内心音図を用いたのはこのためである。

つぎに P-IV 時間の短縮延長に与える因子であるが, 心房音に影響する因子として O'Rourke⁹⁾ は (1) 有効心房収縮, (2) 障害されない心室充満, (3) compliance の減少をあげている。我々の場合は虚血性心疾患での検討のため, (2) は関係な

く (1) と (3) である。心房音に関しては, Potain 以来の心筋説と, Dock¹⁰⁾ をはじめとする弁膜説が対立しているが, いずれにしても心房機能と心室機能が, いかにかかわりあっているかが, 心房音発生およびその timing に重大な影響をおよぼしている。

心房機能をいかなる方法で求めるか, Braunwald¹¹⁾ のように左房圧波より測定するのも一方法であるが, 心房は元来非常に compliance の高い臓器であるので, むしろ Stott ら¹²⁾ が弁膜疾患について用いている atrial filling fraction が, 心室機能も含めた拡張期心機能を良く反映していると思われるため, この方法を用いた。Atrial filling fraction からみると, filling fraction が大であるほど, 有意ではないが P-IV 時間は短縮する傾向にあった。これは心房機能が増大すれば, 心

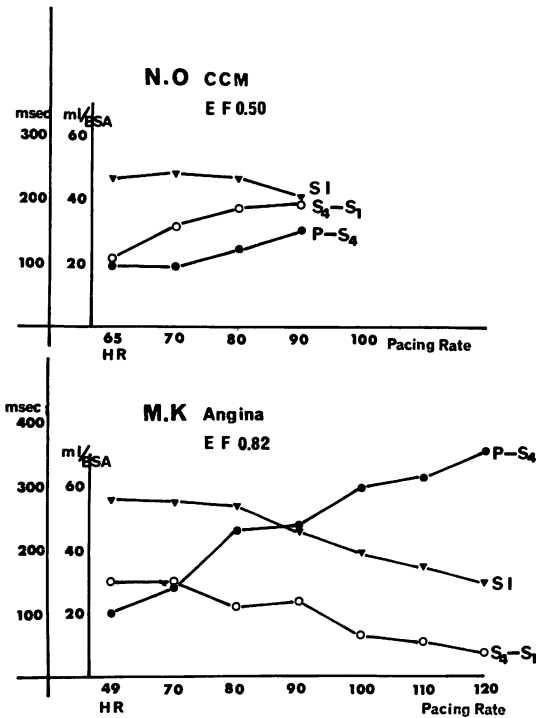


Fig. 9. Changes in P-S₄ and S₄-S₁ interval during atrial pacing.

Top: congestive cardiomyopathy, bottom: angina pectoris, SI: stroke index.

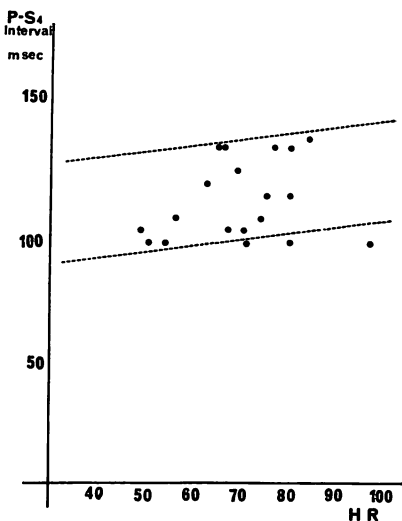


Fig. 10. Relationship between P-S₄ interval and heart rate (HR).

房収縮後の早い時期に大量の血液を心室に流入させるのか、または心室筋側で ventricular wall stiffness が大であるほど P-IV 時間の短縮傾向にあったことを考えあわせて、固い心筋が少量の流入血量でも音を発生させる可能性が大であるために、心房音が早くおこるのか、あるいは両者の機序のかかわりあいによるものか、などが考えられる。

Atrial filling rate についても同様の結果を得たが、これは venous tourniquet を行うと P-IV 時間が延長するという Kinkaid-Smith²⁾, Leonard¹³⁾ の報告から、静脈還流減少に基く心房充満血量の減少 (atrial filling rate の減少) により、心房音発生が遅延をきたしたと考えられる。

駆出率 (EF) と P-IV 時間とが正の相関にあったことは、我々の研究で駆出率と atrial filling fraction が逆相関にあった (本研究会で他の演者が発表) ことを考えあわせれば、理解できる (EF が大であるほど atrial filling fraction が小で P-IV 時間は延長する)。また P-IV 時間に影響を与える因子として STI と同じように心拍数の影響を考慮しなければならない。Fig. 10 は心拍数と P-IV 時間を示したものであるが、心拍数が増加すれば、P-IV 時間も延長するので、今後多くの症例を検討して、補正式をつくる必要がある。なお降圧剤²⁾、亜硫酸アミル吸入²⁾で P-IV 時間が変化することから、afterload の影響もうけると考えられるので、今後検討の必要がある。

なお今回は、P-IV 時間という心房音の時間的な関係のみを検討したが、今後は音の強さ、周波数、すなわち audible か inaudible か、また gallop か否かという P-IV 時間と左心機能の対比検討が必要であると思う。

要 約

虚血性心疾患を疑って冠動脈、左室造影を施行した 49 例 (心筋梗塞症 16 例、心室瘤 8 例、狭心症 12 例、正常例 13 例) につき、P-IV 時間と左心機能を対比検討し、つぎのような結果を得た。

延吉, 高山, 島田, ほか

- 1) P-IV 時間と駆出率との間には, 有意な正相関があった ($r=0.55, p<0.01$).
- 2) P-IV 時間と LVEDP は相関しなかった.
- 3) P-IV 時間と atrial filling fraction, atrial filling rate は, 有意ではなかったが逆相関の傾向にあった.
- 4) P-IV 時間と ventricular wall stiffness ($V/P \cdot dP/dV$) は, 有意ではなかったが弱い逆相関の傾向にあった.
- 5) P-IV 時間は心室瘤群では, 正常群に較べ, 有意に短縮していた. ($p<0.05$)
- 6) 心筋梗塞症患者では, 急性期より慢性期に移行するにしたがって, P-IV 時間が延長した.

文 献

- 1) Duchosal P: A study of gallop rhythm by a combination of phonocardiographic and electrocardiographic methods. *Amer Heart J* **7**: 613, 1932
- 2) Kincaid-Smith P, Barlow J: The atrial sound in hypertension and ischemic heart disease. *Brit Heart J* **21**: 479, 1959
- 3) Dodge HT, Sandler H, Ballew DW, Lord JD: The use of biplane angiocardigraphy for the measurement of left ventricular volume in man. *Amer Heart J* **60**: 762, 1960
- 4) Laird JD: A simple index of the diastolic elastic wall properties of the left ventricle from angiographic data. *Amer J Cardiol* **35**: 151, 1975
- 5) Gaasch WH, Battle WE, Ceboler AA, Bonas JS, Levine HJ: Left ventricular stress and compliance in man, with special reference to normalized ventricular function curves. *Circulation* **45**: 746, 1972
- 6) Hill JC, O'Rourke RA, Lewis RP, McGranahan GM: The diagnostic value of the atrial gallop in acute myocardial infarction. *Amer Heart J* **78**: 194, 1969
- 7) Weitzman D: The mechanism and significance of atrial sound. *Brit Heart J* **17**: 70, 1955
- 8) Evans W: Triple heart rhythm. *Brit Heart J* **5**: 205-228, 1943
- 9) O'Rourke RA: The atrial sounds. Factors regulating its occurrence and timing. *Amer Heart J* **80**: 715, 1970
- 10) Dock W: The genesis of diastolic heart sounds: The sonic potential of cardiac tissues and the diastolic sounds from mitral prosthesis. *Amer J Med* **50**: 178, 1971
- 11) 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, 1961
- 12) Stott DK, Marpole DGF, Bristow JD, Kloster FE, Griswold HE: The role of left atrial transport in aortic and mitral stenosis. *Circulation* **41**: 1031, 1970
- 13) Leonard JJ, Weissler AM, Warren JV: Observations on the mechanism of atrial gallop rhythm. *Circulation* **17**: 1007, 1958