

心エコー図による心室性奔馬音の研究

A study of ventricular gallop by echocardiography

古川 啓三
 松浦 徹
 遠藤 直人
 唐原 優
 朝山 純
 渡辺 俊光
 松久保晴生
 伊地知浜夫
 国重 宏*

Keizo FURUKAWA
 Tohru MATSUURA
 Naoto ENDO
 Masaru TOHARA
 Jun ASAYAMA
 Toshimitsu WATANABE
 Haruo MATSUKUBO
 Hamao IJICHI
 Hiroshi KUNISHIGE*

Summary

The hemodynamics of left ventricular filling was investigated echocardiographically in subjects with a third heart sound or with ventricular gallop. Ten patients with ventricular gallop having left ventricular volume overload and 10 normal young subjects with a third heart sound had higher normalized peak rates of increase of the left ventricular dimension (Peak $dD/dT/D$) than that of 10 normal subjects without a third heart sound ($p < 0.01$). The normalized lengthening rates in rapid filling phase were also greater in subjects with a third heart sound and with ventricular gallop ($p < 0.05$, $p < 0.02$). The interval from the second heart sound to Peak $dD/dT/D$ and rapid filling interval were significantly shortened in these subjects. The third heart sound coincided with rapid filling phase and slow filling phase at the point of deflection on the pressure dimension curve. Until this point was reached, left ventricular pressure fell rapidly, and the dimension had a high value. After this point, the left ventricular pressure and the dimension increased gradually.

These results suggest that a higher peak filling rate, larger filling volume in rapid filling phase, and a more abrupt cessation of the moving mass of blood may be causes of the production of ventricular gallop in patients with left ventricular volume overload as the physiological third heart sound.

Key words

Third heart sound Ventricular gallop Peak $dD/dT/D$ Rapid filling phase Pressure dimension curve

京都府立医科大学 第二内科
 京都市上京区河原町広小路梶井町(〒602)
 *松下電器健保組合松下病院 内科

The Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kajii-cho, Kawaramachi Hirokoji, Kamigyo-ku, Kyoto, 602
 *Matsushita Hospital

Presented at the 14th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 3, 1977
 Received for publication May 6, 1977

はじめに

III 音は急速流入期のほぼ完了する時点に発生する。それ故、III 音の発生に関する研究はこの急速流入期での血行動態、胸壁運動などに関してその多くが行われている¹⁻⁴⁾。

Rushmer⁵⁾ は急速流入期に勢よく流入した blood mass が、急激に減速されるため cardio-hemic system の振動が生じ、この振動が胸壁に達するに十分な energy をもつ場合、III 音として聴取されるとするいわゆる acceleration-deceleration theory を提唱している。

Porter ら¹⁾ は左室造影にて急速流入量、その peak flow などを III 音を有する症例で求めているが、これらの値が高値を示すものと低値を示す 2 群が存在すると報告している。一方、心エコー図 (UCG) による研究で、Craig and Fortuin⁶⁾ は III 音の発生と僧帽弁の動きとは無関係であると報告し、坂本ら⁷⁾ は III 音の発生に一致して心室中隔、あるいは左室後壁に check point を見いだしている。

UCG での左室短軸径 (D) が左室の volume の指標、その変化率 (dD/dT) が flow の指標とされ⁸⁾、III 音の研究にも用いられつつある²⁾。そこで我々は III 音を有する左室容量負荷症例 (left ventricular volume overload, 以下 LVVO)、および若年健常例について UCG を用い急速流入期での左室短軸径、およびその変化率を検討した。さらにカテ先マンメータによる左室圧と左室 echogram を同時記録し、その diastolic pressure-dimension 関係につき検討した。

対象と方法

対象は III 音を有する LVVO 10 例 (男 3 名, 女 7 名, 平均年齢 34.7±10.8), 若年健常者 10 例 (男 7 名, 女 3 名, 平均年齢 20.8±6.4) であった。LVVO の内訳は僧帽弁閉鎖不全症 5 例, 心室中隔欠損症 4 例, 動脈管開存症 1 例であった。これらの症例は心尖部心音図で明らかな III 音を記録

できたものである。さらに、III 音を聴診および心音図上認めなかった 10 例の健常者 (男 7 名, 女 3 名, 平均年齢 30.1±5.6) についても検討し、対照群とした。

方法は Aloka 製 SSD-90, 2.25 MHz, 1 cm

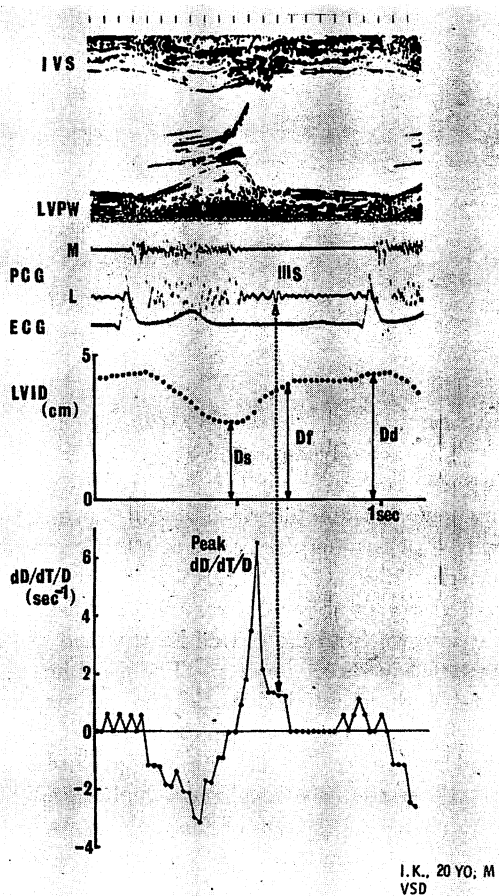


Fig. 1. Original recording and its analytical illustrations.

Simultaneous recording of echocardiogram, electrocardiogram (ECG) and phonocardiogram (PCG, L & M) at a paper speed of 100 mm per second (upper). Left ventricular dimension (LVID) and normalized rates of dimensional change (dD/dT/D) are also shown (middle and lower).

IVS: interventricular septum, LVPW: left ventricular posterior wall, IIIS: third heart sound, Dd: end-diastolic dimension, Ds: end-systolic dimension, Df: dimension at the end of rapid filling.

径平板探触子を用い、左室 echogram, 心電図, 心音図を紙送り速度 10 cm/sec で同時記録した。被検者は仰臥位とし、左室 echogram は探触子を第3あるいは第4肋間胸骨左縁に置き、僧帽弁前尖を記録できる部位より心尖部方向に M-mode scan を行い、心室中隔 (IVS), 左室後壁 (LVPW) が明瞭に記録でき、かつ僧帽弁の一部をとらえるビーム方向で記録した。心音図はフクダ電子製加速度マイク MA 250 を用い、心尖部より低音 (50 Hz/dB), 中音 (160 Hz/dB) フィルターを使用し記録した (Fig. 1)。

計測は IVS および LVPW が明瞭かつ連続的に記録されている心拍について行った。左室短軸径 (LVID) は、IVS 左室中隔側より LVPW の endocardial echo までを 20 msec ごとに計測、またその一次微分 dD/dT を瞬時瞬時の dimen-

sion で除して normalized した $dD/dT/D$ を求め、これをそれぞれ縦軸にとり、横軸に時間ととりプロットした (Fig. 1)。拡張終期径 (Dd), 収縮終期径 (Ds) はそれぞれ心電図 R 波の頂点, II 音直前で計測した。急速流入期終了時の dimension (Df) は、 $dD/dT/D$ がその peak 値の 20% 以下になる時点で計測した。さらに II 音より peak $Dd/dT/D$, および Df までの時間を計測した (IIA-Peak $dD/dT/D$ time, IIA-Df time)。一方、急速流入期での左室短軸径の伸び $Df-Ds$ を Ds で除した $(Df-Ds)/Ds$, また基準化急速流入期伸展率 $(Df-Ds)/Ds/IIA-Df$ time を求めた。左室後壁厚 (LVPWT) は心電図 R 波の頂点で心内膜 echo より心外膜 echo までを計測した。上記記録と前後し僧帽弁前尖を記録し、弁後退速度 (DDR) を計測した。心拍数 (HR) は RR

Table 1. Echocardiographic data (mean±standard deviation)

	IIIS	Dd (cm)	Ds (cm)	Df (cm)	DDR (cm/sec)	LVPWT (cm)	HR (beats/min)
Normal	(-)	4.48±0.26	2.83±0.21	3.98±1.36	6.81±1.36	0.85±0.07 ⁺⁺	69.0±11.3
Normal	(+)	4.22±0.47	2.61±0.32	3.78±0.37	7.22±1.93	0.84±0.07	64.1± 6.9
LVVO	(+)	4.91±0.79*	2.88±0.50	4.37±0.84	8.34±2.33	0.99±0.13**	71.7±10.6

*: $p < 0.05$ } statistically different from normal with IIIS
 **: $p < 0.01$ }

++: $p < 0.01$ statistically different from normal without IIIS

IIIS: third heart sound, Dd: end-diastolic dimension, Ds: end-systolic dimension, Df: dimension at the end of rapid filling, DDR: diastolic descent rate, LVPWT: left ventricular posterior wall thickness, HR: heart rate, LVVO: left ventricular volume overload.

Table 2. Analysis of echocardiogram (mean±standard deviation)

	IIIS	Peak $dD/dT/D$ (sec^{-1})	IIA-Peak $dD/dT/D$ (msec)	IIA-Df time (msec)	$(Df-Ds)/Ds$	$(Df-Ds)/Ds$ IIA-Df time (sec^{-1})
Normal	(-)	5.11±0.86	104.0±11.1	189.0±16.4	0.44±0.06	2.36±0.51
Normal	(+)	6.92±1.19***	91.0±13.0*	161.0±15.5***	0.47±0.12	2.94±0.56*
LVVO	(+)	7.48±1.52***	94.0±12.8	170.0±14.1**	0.53±0.11*	3.09±0.69**

*: $p < 0.05$ } statistically different from normal without IIIS
 **: $p < 0.02$ }
 ***: $p < 0.01$ }

For abbreviations, see Table 1.

interval より求めた. また全例洞調律症例である.

また diastolic pressure-dimension 関係について検討するため, LVVO 群の 3 例においてカテ先マノメータによる左室圧と左室 echogram を同時記録した. 計測は II 音より次の心拍の心電図 R 波までを 20 msec ごとに行った.

結 果

1. 左室容量負荷群 (LVVO)

この group においては Dd, LVPWT が正常範囲内ではあるが, 健常群に比較し有意に大なる値を示した. その他の Ds, Df, DDR, HR については健常群と有意な差を認めなかった (Table 1). 急速流入期の peak flow の指標とされている peak $dD/dT/D$ は, $7.48 \pm 1.52 \text{ sec}^{-1}$ と III 音のない健常群 $5.11 \pm 0.86 \text{ sec}^{-1}$ に比し有意に大きかった ($p < 0.01$) (Table 2, Fig. 2). IIA-Peak $dD/dT/D$ time は $94.0 \pm 12.8 \text{ msec}$ で, III 音のない健常群 $104.0 \pm 11.1 \text{ msec}$ と有意な差を認めなかったが, IIA-Df time は $170.0 \pm 14.1 \text{ msec}$ で III 音のない健常群 $189.0 \pm 16.4 \text{ msec}$ に比較し短縮を示した ($p < 0.02$) (Fig. 3). 急速流入期の短軸径の伸び $(Df - Ds)/Ds$ は 0.53 ± 0.11 , 基準化急速流入期伸展率 $(Df - Ds)/Ds/IIA - Df \text{ time}$ は $3.09 \pm 0.69 \text{ sec}^{-1}$ と, いずれも対照群の 0.44 ± 0.06 , $2.36 \pm 0.51 \text{ sec}^{-1}$ に比較し有意に大なる値を示した ($p < 0.05$, $p < 0.02$) (Fig. 4, 5).

2. III 音を有する若年健常群

Peak $dD/dT/D$ は $6.92 \pm 1.19 \text{ sec}^{-1}$ で, III 音のない健常群よりは有意に大なる値を示したが, LVVO 群とは差を認めなかった. IIA-peak $dD/dT/D$ time および IIA-Df time は 91.0 ± 13.0 , $161.0 \pm 15.1 \text{ msec}$ といずれも III 音のない健常群に比較し有意に短縮していた ($p < 0.05$, $p < 0.01$). $(Df - Ds)/Ds$ は 0.47 ± 0.12 で III 音のない健常群, LVVO 群と有意の差を認めなかった. $(Df - Ds)/Ds/IIA - Df \text{ time}$ は $2.94 \pm 0.55 \text{ sec}^{-1}$ と III 音のない健常群に比し有意に大なる値を示したが, LVVO 群と比較しては差を認めなかった.

3. Diastolic pressure-dimension 関係

LVVO 群 3 例では III 音は II 音より 140-160 msec 後に出現し, P-D curve 上の急速流入期と緩徐流入期の移行点に一致した. この変曲点までは左室圧は急速に下降し, dimension は急激に大きくなる. その後, 左室圧は徐々に上昇し, dimension の増大は緩徐となった.

考 察

若年健常者における III 音, そして心疾患における心室性奔馬音は拡張期の急速流入期に発生し, 心室壁あるいは僧帽弁およびその付属物の振動がその発生の原因と考えられている. これまでの III 音あるいは心室性奔馬音に関する研究は, 胸

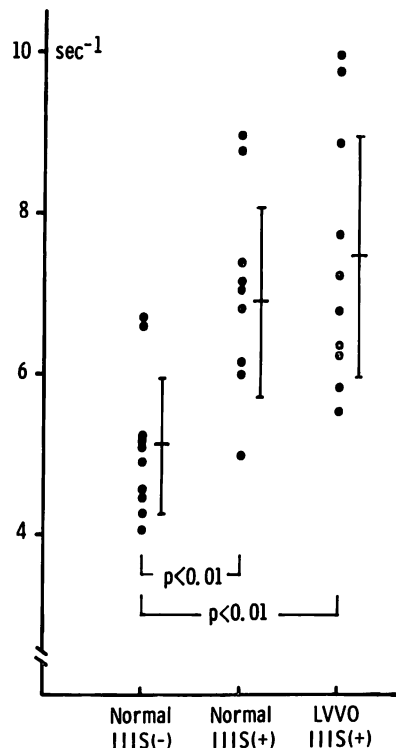


Fig. 2. Normalized peak rates of dimensional change (Peak $dD/dT/D$).

Peak $dD/dT/D$ is significantly higher in subjects with a third heart sound and with ventricular gallop than in those without a third heart sound ($p < 0.01$).

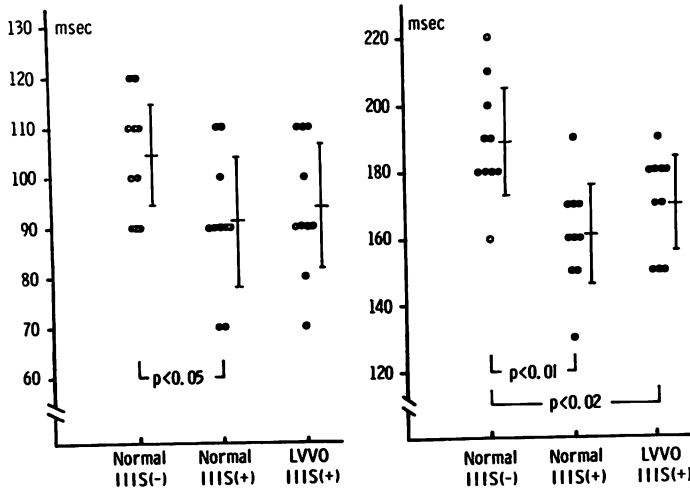


Fig. 3. IIA-Peak dD/dT/D time (left) and IIA-Df time (right).

Time from the second heart sound to Peak dD/dT/D is significantly shorter in subjects with a third heart sound ($p < 0.05$). Time from the second heart sound to Df is also shorter in subjects with a third heart sound and with ventricular gallop than in subjects without a third heart sound ($p < 0.01$, $p < 0.02$).

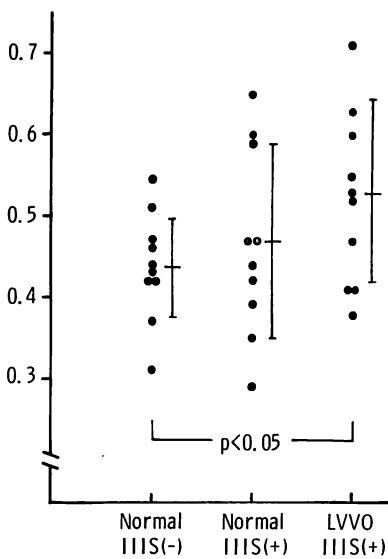


Fig. 4. (Df-Ds)/Ds.

Dimensional lengthening in rapid filling phase is larger in subjects with a ventricular gallop ($p < 0.05$).

壁運動や心内圧波形について行われている。Crevasse ら⁹⁾ は心内圧波形を記録し、拡張早期に心房圧が心室圧より高くなる場合 III 音が発生することを見出した。そしてこの音の発生は房室間の圧較差に依存し、この結果を拡張早期の流入量とその血流の迅速さの反映と考えている。一方、Grayzel¹⁰⁾ は心尖拍動図を記録し、III音が拡張早期の急激な外方運動、いわゆる RF 波に一致して出現すると報告している。

急速流入期での心室容積の変化は、以前から III 音の発生には重要な役割を演ずると考えられている。僧帽弁およびその付属物が基本的役割を演ずるとかつては考えられていたが、同種弁移植後も III 音が証明され¹¹⁾、拡張早期における心室充満や壁運動が注目されるようになってきた。しかし、左室造影による心室充満に関する研究では明確な傾向が示されず、心室性奔馬音を有する症例で、急速流入期の流入率が高値を示すものと低値を示すものが存在すると報告されている¹¹⁾。

最近広く用いられるようになってきた UCG は、時間分解能にすぐれ、心室充満についての非

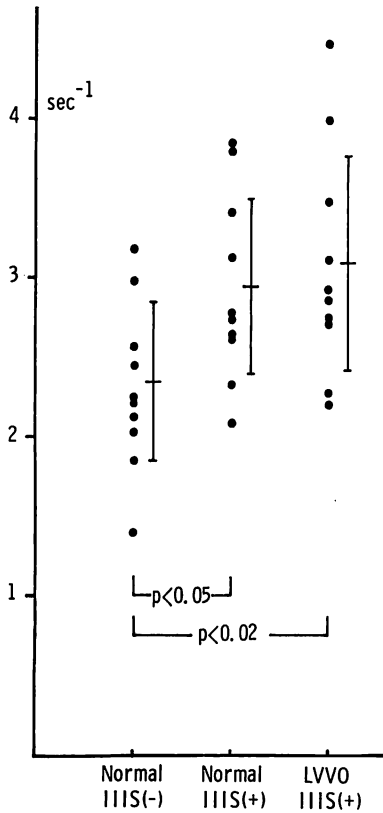


Fig. 5. Normalized lengthening rates in the rapid filling phase, (Df-Ds)/Ds/IIA-Df time.

This rate is larger in subjects with a third heart sound and with a ventricular gallop than in subjects without a third heart sound ($p < 0.05$, $p < 0.02$).

観血的研究にも利用されるようになってきた⁶⁾. Gibson and Brown は¹²⁾ 種々の心疾患で心室充満について, UCG 法とアンギオ法の対比研究を行い, 両者間に密接な相関を得ている. また彼らは左室短軸径の変化率が心室流入の指標となりうることを報告している⁶⁾. 今回の UCG を利用した研究では, 心室充満の peak flow の指標となる, peak $dD/dT/D$ が III 音を有する症例では有意に高い値を示した. 一方, 急速流入期での短軸径の伸び, 基準化急速流入期伸展率も同様に高値を示した. 坂本ら⁷⁾ は, 同様な方法で求めた急

速流入率について同じ傾向を認めている. 以上の結果より, III 音を有する症例では急速流入期での流入量が多く, その peak flow が高値であることが示唆される. また, 心室性奔馬音と生理的 III 音は発生の原因は同様で, その定量的なものに差があるとする報告がある¹⁰⁾. 今回の結果では, この両者間に明確な差異を得られなかったが, これは我々の LVVO 群の症例が比較的軽症のものを多く含んでいるためであろうと考えられる.

他方, Prewitt ら²⁾ は心室充満にさいする左室壁運動を検討し, III 音を有する非リウマチ性僧帽弁閉鎖不全症ではこの運動が大きく, 同じく III 音を有する虚血性心疾患では低値になると報告している. これらの結果は, 心室充満量と, この充満量に対する心室の適応能に imbalance が生じると III 音が発生することを示唆する. 今回我々の対象には虚血性心疾患は含まれていなかったが, これらの症例では心室の distensibility が低下し, 軽度の静脈還流の増加でも III 音が発生すると考えられるが, 今後この点については検討の余地がある.

II 音大動脈成分より peak $dD/dT/D$ までの時間, および急速流入時間 IIA-Df time は, III 音を有する症例で短縮を示した. LVVO 群では左房圧が上昇し, 等容拡張期が短縮して, より早期より心室充満が開始し, その結果これらの時間が短縮すると考えられるが, III 音を有する若年健康群ではその理由は明確ではない. このように短縮した急速流入期により, 多量の血液が流入し, この blood mass が急激に停止するため cardiohemic system の振動をもたらし, III 音が発生すると考えられ, いわゆる acceleration-deceleration theory を支持する結果と推察された.

Diastolic pressure-dimension 関係では, III 音は II 音より 140-160 msec おくれて発生し, 急速流入期と緩徐流入期の変曲点に一致して出現している. また, この時点は心室が拡張の早期に一種能動的な拡張を示す時期と, filling pressure による受動的な拡張を示す時期の移行点にあたる

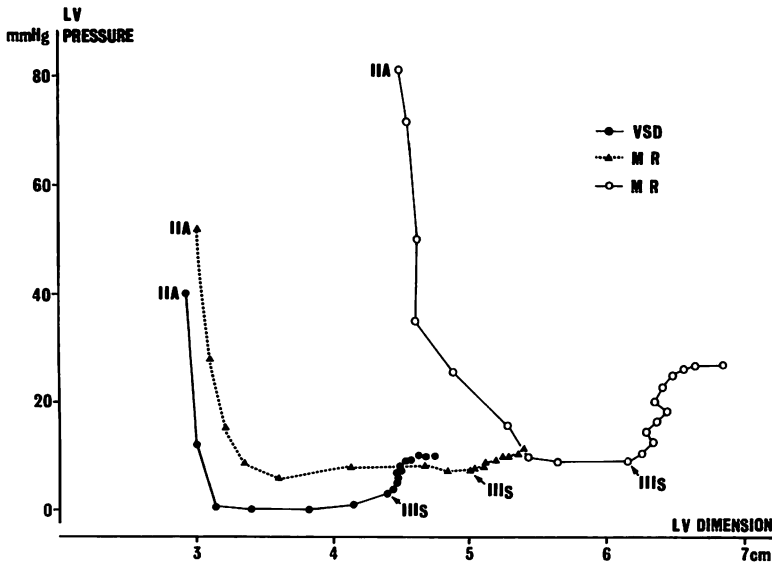


Fig. 6. Diastolic pressure-dimension relationship.

The third heart sound appears at the points shown by the arrows, which are 140–160 msec after the second heart sounds. By this points, left ventricular pressures rapidly falls down and dimensional lengthenings are large. However, after this points left ventricular pressures gradually elevate and dimensional lengthening becomes smaller.

MR: mitral regurgitation, VSD: ventricular septal defect, LV pressure: left ventricular pressure.

とされている¹³⁾。III音の発生源、もしくは共鳴体として左室壁を考える場合、左室がほぼ完全に弛緩したこの時点にIII音が発生していることは妥当性があると思われる。

要 約

III音を有する左室容量負荷症例(10例)、若年健常者(10例)の左室急速流入状態とIII音の関係をUCGを用い検討した。左室短軸径を20 msecごとに計測して得られた急速流入期のpeak dD/dT/Dは、これらの対象で有意に高値を示した($p < 0.01$)。急速流入期基準化伸展率($(D_f - D_s)/D_s / IIA - D_f$ time)も同様の傾向を示した($p < 0.02$, $p < 0.05$)。IIA-peak dD/dT/D time, IIA-Df timeは逆に短縮する傾向を認めた。3例のpressure-dimension curveによる検討では、III音はこのcurve上の急速流入期と緩徐流入期の変曲点に一致して出現した。

以上より、III音は短縮した急速流入期における左室流入量の増大と、これらの血液の急激な停止に起因すると考えられた。

文 献

- 1) Porter CM, Baxley WA, Eddleman EE Jr, Frimer M, Rackley CE: Left ventricular dimension and dynamics of filling in patients with gallop heart sounds. *Amer J Med* 50: 721, 1971
- 2) Prewitt T, Gibson D, Brown D, Sutton G: The 'rapid filling wave' of the apex cardiogram. Its relation to echocardiographic and cineangiographic measurements of ventricular filling. *Birt Heart J* 37: 1256, 1975
- 3) Kuo PT, Schnabel TG, Blakemore WS, Whereat AF: Diastolic gallop sounds. The mechanism of production. *J Clin Invest* 36: 1035, 1957
- 4) Arevalo F, Meyer EC, MacCanon DM, Luisada AA: Hemodynamic correlates of the third heart sound. *Amer J Physiol* 207: 319, 1964
- 5) Rushmer RF: *Cardiovascular Dynamics*. 4th ed, WB Saunders, Philadelphia & London, 1976,

p 411

- 6) Craige E, Fourtuin NJ: Genesis of heart sounds and murmurs as demonstrated by echocardiography. *in* *Ultrasound in the Diagnosis of Cardiovascular-Pulmonary Disease*. edited by Joyner CR. Year Book Med Publ, Inc, Chicago, 1974, Chapter 7, p 119
- 7) Sakamoto T, Ichiyasu H, Hayashi T, Kawaratani H, Amano K, Hada Y: Genesis of the third heart sound. *Phonoechocardiographic studies*. *Jap Heart J* 17: 150, 1976
- 8) Gibson DG, Brown D: Measurements of instantaneous left ventricular dimension and filling rate in man, using echocardiography. *Brit Heart J* 35: 1141, 1973
- 9) Crevasse L, Wheat MW, Wilson JR, Leeds RF, Taylor WJ: The mechanism of the generation of the third and fourth heart sounds. *Circulation* 25: 635, 1962
- 10) Grayzel J: Gallop rhythm of the heart. *Amer J Med* 28: 578, 1960
- 11) Marshall JC, Gibson DG: Origin of the third heart sound. *Brit Med J* 3: 778, 1969
- 12) Gibson DG, Brown DJ: Measurements of peak rates of left ventricular wall movement in man. Comparison of echocardiography with angiography. *Brit Heart J* 37: 677, 1975
- 13) Horwitz LD, Bishop VS: Left ventricular pressure-dimension relationship in the conscious dog. *Cardiovasc Res* 6: 163, 1972