

大動脈弁閉鎖不全症における大動脈衝撃音の成因に関する検討：とくに大動脈血流パターンとの関連性について

Studies on the genesis of the aortic thudding sound in patients with aortic insufficiency, with special reference to the aortic flow pattern

福田 信夫
大木 崇
浅井 幹夫
大島千寿子
竹村 晴光
村尾 明之
仁木 敏晴
森 博愛

Nobuo FUKUDA
Takashi OKI
Mikio ASAI
Chizuko OHSHIMA
Harumitsu TAKEMURA
Akiyuki MURAO
Toshiharu NIKI
Hiroyoshi MORI

Summary

To clarify the genesis of the aortic thudding sound (AK), phono-, mechano- and pulsed Doppler echocardiography were performed in 16 patients with pure aortic insufficiency (AI), 3 with AI associated with mild aortic stenosis (AIs) and 5 with AI associated with mitral insufficiency (AI+MI).

The results obtained were as follows:

1) AK was composed of two components, that is, one (AK1) occurred in early systole and the other (AK2) near the end point of an ejection systolic murmur. Patients studied were divided into 4 groups following the appearance of AK1 and/or AK2: group with only AK1 (4 cases), group with only AK2 (7 cases), group with both AK1 and AK2 (5 cases) and group without AK (8 cases).

2) AK1 was a low frequency sound and was well recorded from the cardiac base to the right supraclavicular region. AK1 was not observed in cases with mild to moderate AI and with AI associated with mild AS. In atrial fibrillation, when the preceding R-R intervals were long, AK1 was loud and appeared in early systole, and when short, small and in mid-systole. Marked augmentation of AK1 was observed in the first beat after premature ventricular contraction with a compensatory pause.

3) AK2 was also low in frequency and was most intensively recorded near the apex. Although

徳島大学医学部 第二内科
徳島市蔵本町 2-50 (〒770)

The Second Department of Internal Medicine, Tokushima University, Kuramoto-cho 2-50, Tokushima 770

Presented at the 21st Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, September 14-15, 1980

Received for publication March 7, 1981

the intensity of AK2 tended to increase in the severe cases of AI, AK2 could be observed in mild to moderate cases. Intensity of AK2 also showed the post-extrasystolic potentiation similar to that of AK1.

4) The carotid pulse showed pulsus bisferiens in all cases with AK2 (group with only AK2 and group with both AK1 and AK2). On the other hand, in cases without AK2 (group without AK and group with only AK1), carotid pulse showed a monophasic systolic wave except 3 cases. These results suggested that there was a close relationship between AK2 and pulsus bisferiens in the carotid pulse.

5) In the apex cardiogram (ACG), systolic notches coincident with AK1 and/or AK2 were observed in 10 of 12 cases with AK2 and in 4 of 9 cases with AK1. In cases without AK, however, no notch was seen in ACG. Therefore, these notches might be resulted from the shock of the anterior chest wall produced simultaneously with the occurrence of AK.

6) Flow patterns at the left ventricular outflow tract (aortic flow patterns) were recorded in 13 cases, including 3 with only AK1, 2 with only AK2, 3 with both AK1 and AK2 and 5 without AK. In 5 of 13 cases the flow patterns were recorded simultaneously with phonocardiograms. Systolic aortic flow showed biphasic patterns in all cases with AK2, and monophasic patterns in cases without AK2. AK1 occurred coincidentally with the first peak of the biphasic flow patterns, and AK2 with the second peak.

These results suggested that AK1 might be produced by rapid ejection of massive amount of blood containing a regurgitant flow into the aorta with the ordinarily distensible aortic wall, and AK2 by the clash between the second ejected flow and the reflected flow returning from the peripheral artery against the first ejected flow.

Key words

Aortic thudding sound Aortic insufficiency Carotid pulse tracing Apexcardiogram
 Aortic flow pattern

はじめに

大動脈衝撃音 (aortic click: AK) は, 大動脈弁閉鎖不全症 (aortic insufficiency: AI) のうちでもとくに重症例, あるいは AI を合併した連合弁膜症でしばしば聴かれる大動脈起源の収縮中・後期過剰心音で¹⁾, その成因はいまだ明らかではない。

本研究では, 心音図, 心機図, 超音波パルス・ドプラー法を用いて AK の成因を検討し, とくに頸動脈波, 心尖拍動図および大動脈 flow pattern を対比した成績を報告するとともに, あわせて頸動脈波の pulsus bisferiens および心尖拍動図の収縮期 notch の成因についても検討を加えた。

対象および方法

対象は **Table 1** に示すごとく, 心音図, 心エ

Table 1. Subjects

AI	16
AIs	3
AI+MI	5
Total	24

AI=aortic insufficiency; AIs=aortic insufficiency with mild aortic stenosis; AI+MI=aortic insufficiency with mitral insufficiency.

コー図または心臓カテーテル法および心血管造影法により診断した AI 16 例, 大動脈弁閉鎖不全兼軽度狭窄症 (AIs) 3 例および大動脈弁閉鎖不全兼僧帽弁閉鎖不全症 (AI + MI) 5 例の計 24 例で, AI の成因は **Table 2** に示す。

これらの 24 例を AK の有無および出現時相により, **Table 3** に示すごとく 4 群に分類した。すなわち, 収縮早期性で随伴性 駆出性 収縮期雑音

Table 2. Genesis of investigated aortic insufficiency

Rheumatic	16
Subacute bacterial endocarditis	3
Syphilis	1
Annulo-aortic ectasia	1
Arteriosclerosis	1
Aortitis syndrome	1
Others	1

(ESM) のピーク付近に出現する過剰心音のみを有する AK1 群 (4 例), 収縮後期性で随伴性 ESM の終了時点付近に出現する過剰心音のみを有する AK2 群 (7 例), AK1, AK2 の両者を有する AK1 + AK2 群 (5 例) および AK を認めない AK(-) 群 (8 例) の 4 群である。

AI の重症度は, 心エコー図法により測定した左室拡張終期径 (LVDd) および大動脈造影所見の Cohn らの分類による逆流度を総合して,

Table 3. Group, age and severity of AI

Group	No.	Age (yrs)	Severity of AI		
		Range (mean)	Mild	Moderate	Severe
AK1	4	40-65 (55.3)	0	0	4
AK2	7	15-59 (34.7)	1	2	4
AK1+AK2	5	29-52 (42.4)	0	0	5
AK (-)	8	25-70 (47.6)	3	3	2
Total	24	15-70 (44.0)	4	5	15

AI=aortic insufficiency; AK=aortic thudding sound.

mild, moderate および severe の 3 群に分類した。すなわち, LVDd が 5.5 cm 以下で逆流度 I~II 度のものを mild, LVDd が 5.5~6.5 cm で逆流度 II~III 度のものを moderate, そして LVDd が 6.5 cm 以上で逆流度 III 度以上のものを severe とした。

心音図, 頸動脈波, 心尖拍動図および心エコー

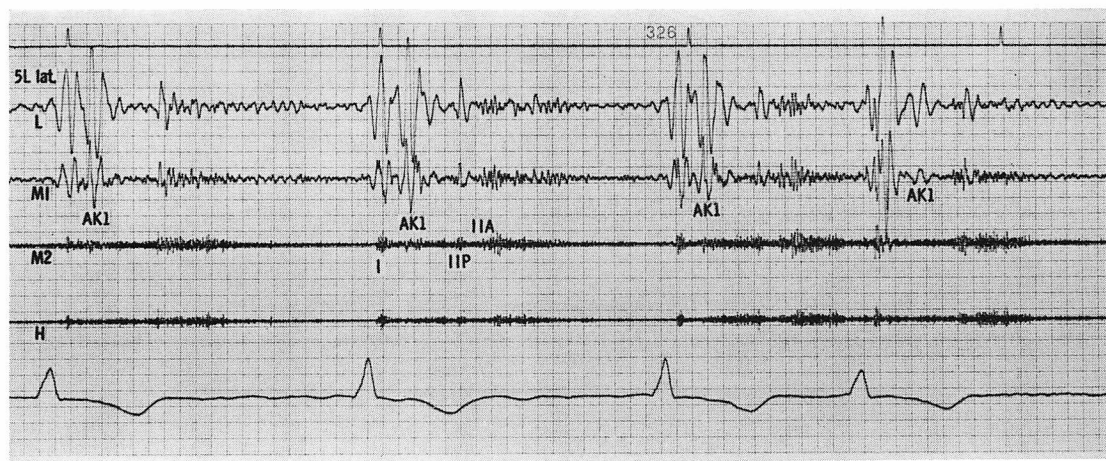


Fig. 1. AK1 in a patient with severe AI associated with moderate MI (40-year-old male).

High-pitched holosystolic murmur, blowing diastolic murmur and low-pitched early systolic sound (AK1) are demonstrated in the phonocardiogram recorded at the 5th left intercostal space lateral to the sternal border. The intensity and the timing of AK1 are markedly altered according to the preceding R-R intervals. When they are long, AK1 is loud and appears in early systole (2nd and 3rd beats), and when short, small and in late systole (4th beat).

I=first heart sound; IIA=aortic component of the second heart sound; IIP=pulmonic component of the second heart sound; AI=aortic insufficiency; MI=mitral insufficiency.

図の記録にはすでに報告した装置および方法²⁾を用いた。また大動脈血流計測には、ATL 製超音波パルス・ドプラー血流計 500A と東芝製超音波断層装置 SSH-11A との複合システムを用い、心基部または心尖部からのアプローチにより大動脈弁直下の左室流出路血流波形を記録した。

以上の方法により、全例について心音図、頸動脈波、心尖拍動図を記録し、うち13例についてはパルス・ドプラー法による大動脈 flow pattern の分析を行った。これらの症例中、5例については AK と flow pattern とを Honeywell 製 strip chart recorder を用いて 50 mm/sec の記録速度で同時記録し、AK の出現時相と flow pattern とを比較した。

成 績

1. 心音図所見

Fig. 1 に AK1, Fig. 2 に AK2 を認める代表的な心音図を示す。これらの2つの心音はともに低周波成分に富んでいた。AK1 は収縮早期性で、

Fig. 1 に示すように心房細動の場合には先行 R-R 間隔が長い心拍 (第2, 3心拍) ほど音量が大きく、かつ早期に出現し、先行 R-R 間隔の短い心拍 (第4心拍) では音量が小さく、出現時相も遅かった。一般に、AK1 の最強点は心基部から右鎖骨上窩にかけて認められる場合が多いが、本例においては全胸壁上で強大な AK1 を聴取し得た。

AK2 は収縮後期性で、AK1 と異なり、前胸壁上に広範囲に聴取され、心尖部付近に最強点を有する例が多かった。AK2 を有する12例中10例では、Fig. 2 に示すごとく AK2 の時点で随伴性 ESM が途絶または終了した。不整脈のさいには、AK2 も AK1 と同様に先行 R-R 間隔に影響され、先行 R-R 間隔が長い心拍では音量の著明な増大を認めた (Fig. 3)。

Fig. 4 は AK の出現時相と音量を重症度により分類したものである。AK の出現時相は、I 音から AK までの時間を I-II 時間で除した値 (I-AK/I-II) を用いて定量的に表現した。AK1, AK2 の出現時相はそれぞれ 0.26 ~ 0.46 (平均

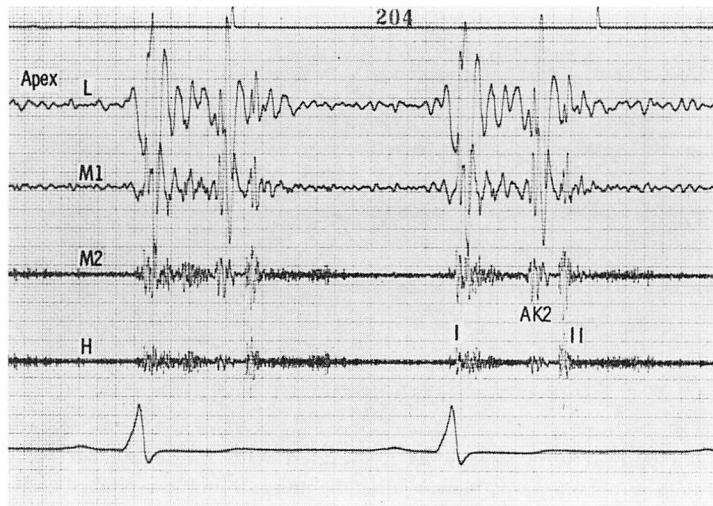


Fig. 2. AK2 in a patient with severe AI (29-year-old male).

Apical phonocardiogram shows the normal first and second heart sounds, loud late systolic sound (AK2), ejection systolic murmur (ESM) with short duration, blowing diastolic murmur and faint Austin-Flint murmur. AK2 with both low and high in frequencies appears near the end point of ESM.

AI=aortic insufficiency; I=first heart sound; II=second heart sound.

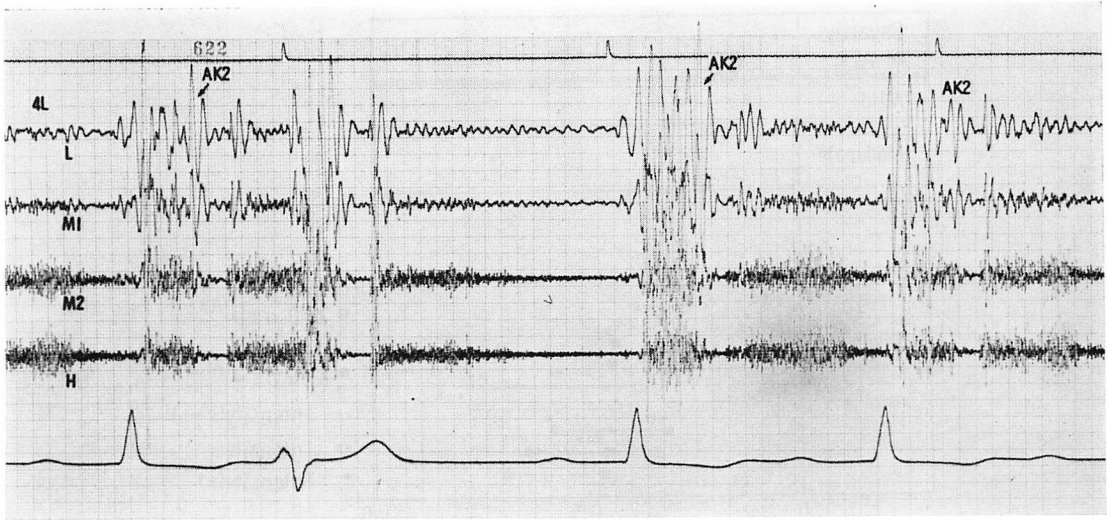


Fig. 3. Behavior of AK2 after premature ventricular contraction (PVC) in a patient with severe AI (52-year-old male).

Conspicuous AK2 can be observed near the end point of the ejection systolic murmur (ESM). At the first beat after PVC, AK2 shows a marked increase of intensity with concomitant augmentation of ESM.

AK2=aortic thudding sound in late systole; AI=aortic insufficiency.

0.38 ± 0.07), 0.58 ~ 0.79 (平均 0.69 ± 0.07) で、AK1 は収縮早期性、AK2 は収縮後期性であることを示した。また対象を 40 歳未満と 40 歳以上の 2 群に分けると、AK1 は年齢による出現時相の差を認めなかったが、AK2 は 40 歳以上の群では 40 歳未満の群に比べて早期に出現する傾向を認めた(平均値はそれぞれ 0.64 ± 0.04, 0.71 ± 0.06)。

次に AI の重症度と AK との関係を見ると、AK1 は全例重症例にみられたが、AK2 は軽症 1 例と中等症 2 例においても認められた。AK の音量は両者ともに重症例ほど大きい傾向を示したが、音量と重症度の間に関連性を見い出せない例もあった。

また annulo-aortic ectasia の症例では、重症 AI があるにもかかわらず AK を全く認めず、また頸動脈波形も anacrotic 型を示した。

2. 頸動脈波形と AK との関連性

Fig. 5 は頸動脈波形と AK との関連性を示したものである。頸動脈波形を bisferiens, anacro-

tic, normal および shudder の 4 型に分類し、さらに bisferiens pulse を第 1 峰と第 2 峰の振幅と形状および収縮中期の切痕の大きさとタイミングにより I~IV の 4 型に分類した。すなわち、I 型は典型的な pulsus bisferiens を示すもの、II 型は切痕の出現時相が早く、第 2 峰が丸味を帯びているもの、IV 型は I 型に類似しているが痕跡的な切痕しか認められないものである。

AK2 を有するものは全例 bisferiens 型を示したが、AK(-) 群および AK1 群で bisferiens 型を示したのは痕跡的な切痕を有した 2 例と anacrotic 型に近い 1 例の 3 例のみであり、他の 9 例はすべて anacrotic, normal または shudder 型を示した。

Fig. 6 に各群の特徴的頸動脈波形を示す。**Fig. 6A** は 47 歳、男性。Annulo-aortic ectasia 例である。Aortography では III 度の AI を認めたが、心音図上 AK はなく、頸動脈波は anacrotic 型で dirotic notch も明瞭であった。

Contour of Car.	No. of cases	AK(+)			AK(-)	
		AK1	AK2	AK1+AK2		
Bisferiens	I	2		1	1	
	II	2	1		1	
	III	8		5	3	
	IV	3		1		2
Anacrotic	5	2				3
Normal	2	1				1
Shudder	2					2

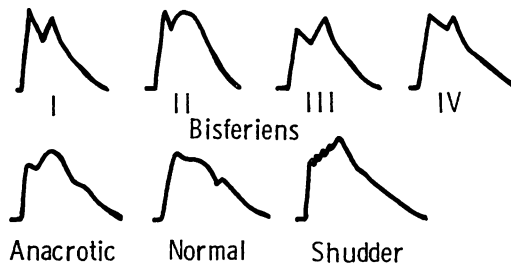


Fig. 5. Relationship between the appearance of AK and the contour of the carotid pulse.

Contour of the carotid pulse is classified into 4 types according to the patterns in the lower panel. Carotid pulse shows pulsus bisferiens in all cases with AK2 (group with only AK2 and group with both AK1 and AK2) and in only 3 cases without AK2 (group with only AK1 and group without AK).

AK1=aortic thudding sound in early systole; AK2=aortic thudding sound in late systole; Car.=carotid pulse.

かった。

中段は36歳、男性。AK2を有する重症AI例である。ACG上AK2にほぼ一致して出現する切痕(矢印)を認めた。

下段は52歳、男性。逆流度IV度に近い重症AI例で、心音図にAK1, AK2の両者を認めた。ACGでは、AK1とAK2にほぼ一致した2つの切痕(矢印)を認め、心室性期外収縮(PVC)後の心拍(第4心拍)においては、AK1, AK2の著明な増大とともに2つの切痕もより明らかになっていた。

4. 大動脈 flow pattern と AK との関連性

Fig. 8は大動脈 flow pattern (以下 flow pattern) を記録し得た13例について flow pattern

と AK との関連性を示したものである。Flow pattern の模式図は、基線から上向きの振れとして示したものは心基部から toward flow を、下向きの振れとして示したものは心尖部から away flow を記録したものである。

AK(-)群とAK1群では、全例が単峰性の flow pattern を示したのに対し、AK2を有する例(AK2群とAK1+AK2群)の flow pattern は全例2峰性を示し、このパターンは頸動脈波形と非常に類似していた。

次にこれら13例のうちの5例(AK1群1例、AK2群2例、AK1+AK2群2例)において、心音図と flow pattern を同時記録し、AK1およびAK2と flow pattern との時相的關係を検討し

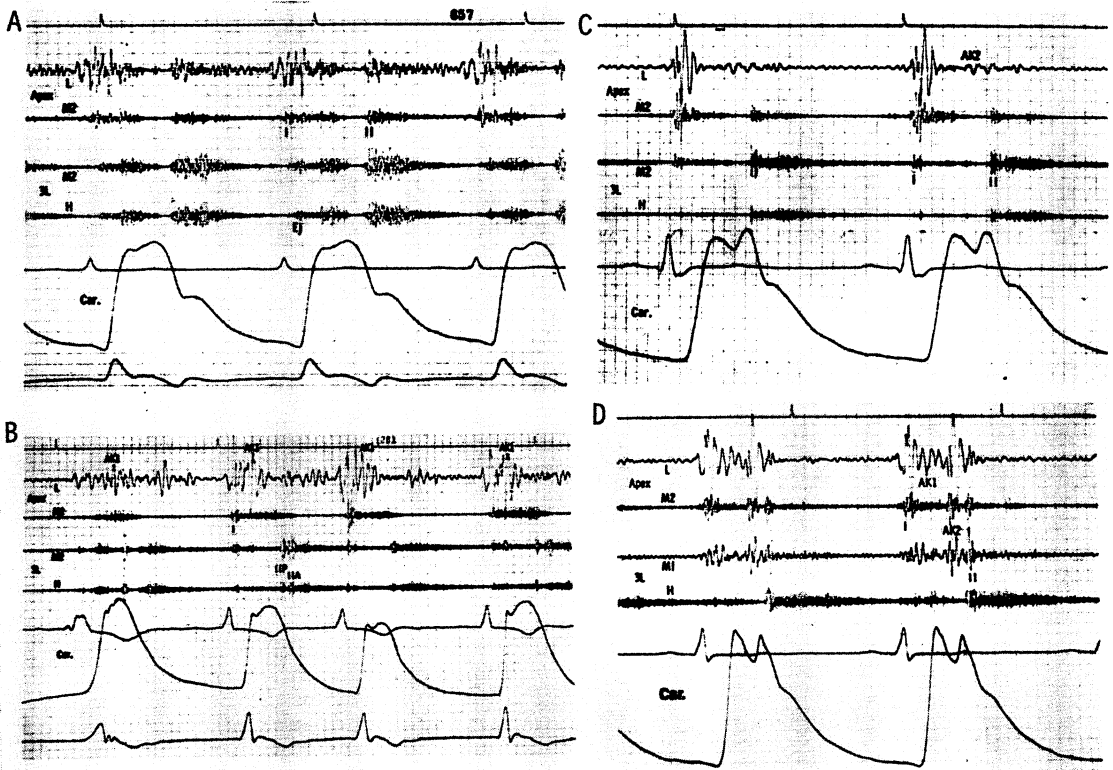


Fig. 6. Carotid pulse tracings in various groups with AI.

Panel A (a case without AK, annulo-aortic ectasia with severe AI, 47-year-old male): Carotid pulse shows an anacrotic shoulder, an increased tidal wave and a distinct dicotic notch.

Panel B (a case with only AK1, severe AI with moderate MI, 40-year-old male): Carotid pulse shows a sharp upstroke except the first beat of premature ventricular contraction, an increased tidal wave and an obscure dicotic notch. However, its contour is not bisferiens.

Panel C (a case with only AK2, moderate AI, 30-year-old male): Carotid pulse shows pulsus bisferiens with a relatively slow upstroke compared with that in panel B and D.

Panel D (a case with both AK1 and AK2, severe AI, 29-year-old male): Carotid pulse shows a sharp upstroke and a typical pulsus bisferiens with a prominent mid-systolic cleft.

AI=aortic insufficiency; MI=mitral insufficiency; AK1=aortic thudding sound in early systole; AK2=aortic thudding sound in late systole; I=first heart sound; II=second heart sound; Ej.=aortic ejection sound; Car.=carotid pulse tracing.

た。その結果, AK1 は flow pattern が単峰性, 2 峰性のいずれの場合でも急峻な立ち上がりの第 1 のピークに一致して出現し, また AK2 は 2 峰性の駆出波の第 2 のピークに一致して出現する所見を得た。

以下に代表例を示す。

Fig. 9 は 47 歳, 男性. AK を認めない an-

nulo-aortic ectasia 例の頸動脈波と大動脈 flow pattern である。頸動脈波は anacrotic 型で, flow pattern も頂点が丸味を帯びた単峰性波形を示している。

Fig. 10 は 40 歳, 男性. AK1 のみを有する重症 AI+中等症 MI 例の頸動脈波と大動脈 flow pattern である。頸動脈波は anacrotic 型である

Table 4. Relation between the timing of AK and the notch of apex cardiogram

Group	No. of cases	Systolic negative notch in ACG		
		No. of notches	AK1-N1 interval (msec)	AK2-N2 interval (msec)
AK1	1	1	20	—
AK2	6	1	—	-10, 0, 0, 0, 0, 5
AK1+AK2	3	1	20	0, 20
	2	2	0, 20	0, 20
AK(-)	0	—	—	—

AK1=aortic thudding sound in early systole; AK2=aortic thudding sound in late systole; ACG=apex cardiogram; N1=first negative notch; N2=second negative notch.

が、急峻な立ち上がりを示している。Flow pattern も単峰性であるが、前例よりも急峻な立ち上がり と尖鋭なピークを示し、AK1 はそのピークに一致して出現している。

Fig. 11 は 47 歳、男性。AK1, AK2 の両者を有する重症 AI 例の頸動脈波と大動脈 flow pattern である。AK1 は頸部にのみ聴取された

Fig. 7. Apexcardiograms in various groups with AI. (→)

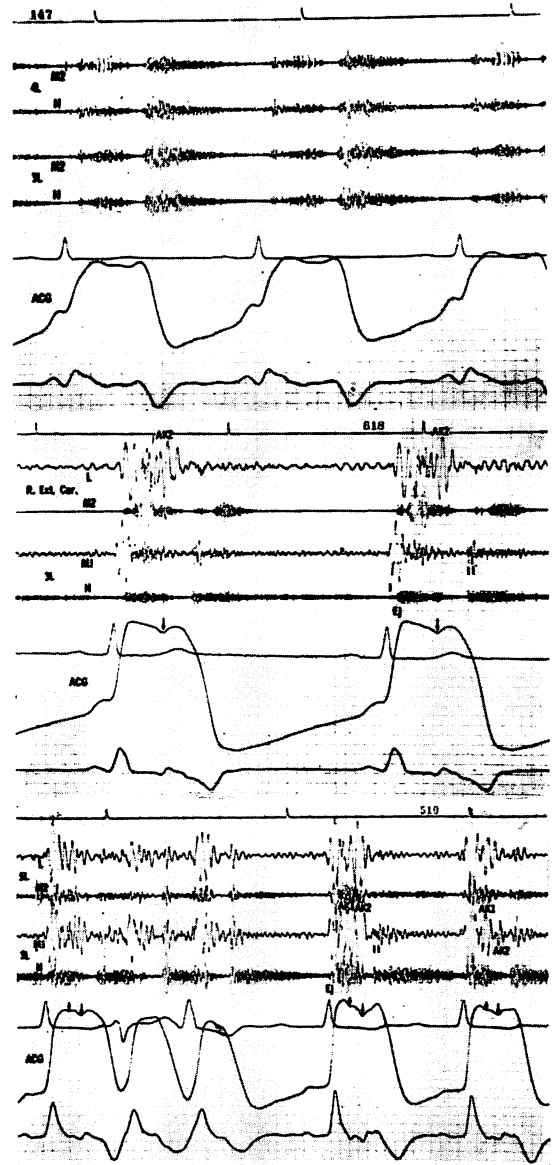
Upper panel (a case without AK, the same patient as in Fig. 6A): There is no apparent notch during systole in the apexcardiogram.

Middle panel (a case with AK2, severe AI, 39-year-old male): Apexcardiogram shows a conspicuous late systolic notch coincident with AK2 (arrow).

Lower panel (a case with both AK1 and AK2, severe AI, 52-year-old male): Apexcardiogram shows two definite systolic notches coincident with AK (arrows). In the first beat after the paired premature ventricular contraction, both AK1 and AK2 are markedly increased in intensity, and apexcardiogram indicates the concomitant augmentation of systolic notches.

AI=aortic insufficiency; ACG=apexcardiogram; I=first heart sound; II=second heart sound; Ej.=aortic ejection sound; AK1=aortic thudding sound in early systole; AK2=aortic thudding sound in late systole.

ために、この心音図には記録されていない。頸動脈波は非典型的であるが bisferiens 型を呈している。Flow pattern は急速に立ち上がり、第1のピークを形成したあと一時減速を示し、その後、再び第2のピークを形成している。すなわち、flow pattern は全体として2峰性であり、AK2 は第2の駆出波のピークに一致して出現している。



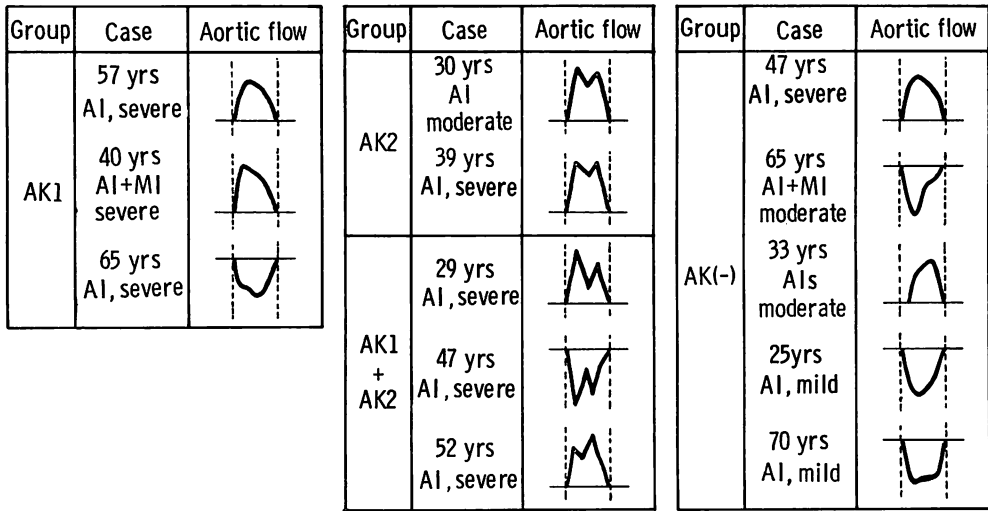


Fig. 8. Relationship between the appearance of AK and the aortic flow pattern.

All cases with AK2 show biphasic flow patterns with reduced mid-systolic flow. In the cases without AK2, however, aortic flows show monophasic patterns.

AI=aortic insufficiency; AIs=aortic insufficiency with mild aortic stenosis; MI=mitral insufficiency; AK1=aortic thudding sound in early systole; AK2=aortic thudding sound in late systole.

考 察

1. 大動脈衝撃音の成因について

大動脈衝撃音は、古くから大動脈起源の収縮中期過剰心音として知られており、その成因としては、大動脈の収縮期伸展または大動脈の周囲組織への衝突³⁾、破壊された弁の駆出極期の振動、駆出音⁴⁾などがあげられている。

最近の報告では、Tavel⁵⁾はその著書の中で、大動脈衝撃音は収縮中期性で随伴性 ESM のピーク付近に出現する心音であり、大動脈圧波形の bisferiens pulse の第2の波と関連したものであると述べている。

一方、坂本はこの心音は収縮後期性で随伴性 ESM の終了時点付近に存在することを指摘し^{6,7)}、腹部大動脈や大腿動脈を圧迫することにより減弱ないし消失すること、およびこの心音の時相にほぼ一致して心エコー図上の大動脈弁と大動脈壁に緩徐な異常運動を認めたことより、この衝撃音の成因には末梢からの圧波の反衝による大動脈弁、

大動脈壁の伸展が関係しているのではないかと考察している⁶⁻⁸⁾。

以上のように、大動脈衝撃音は、その成因としていろいろの説があげられているが、いまだ解決されていない心音の1つである。

今回の研究では、AI において2種類の収縮期過剰心音が観察された。1つは収縮早期性、他の1つは収縮後期性の心音で、我々はこれらをそれぞれ AK1, AK2 (大動脈性クリック aortic click の略)と命名した。

AK1 は大動脈弁閉鎖不全症 24 例中 9 例に認められたが、全例が重症例であり、これらの例の頸動脈波は Fig. 6 に示すように、AK(-) 群および AK2 群に比べて速い立ち上がりを示した。また、この心音は心基部から右鎖骨上窩にかけて最強点を有すること、心房細動例では先行 R-R 間隔の長い心拍ほど音量が大きく早期に出現し、また PVC 後に post-extrasystolic potentiation を示すこと、および大動脈 flow pattern と同時記録できた3例のいずれにおいても、AK1 は駆出

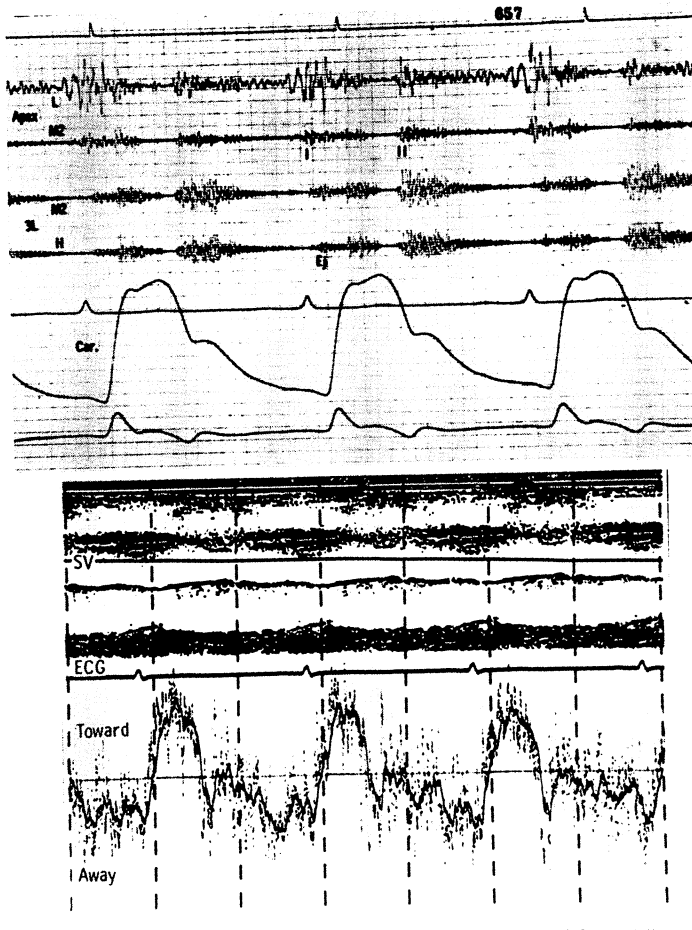


Fig. 9. Carotid pulse tracing (Car.) and aortic flow pattern from the same patient as in Fig. 6A and 7A.

Upper panel: There is no AK and anacrotic carotid pulse.

Lower panel: Systolic aortic flow shows a monophasic pattern. It quite resembles the contour of carotid pulse.

I=first heart sound; II=second heart sound; Ej=aortic ejection sound; SV=sampling volume; AK=aortic thudding sound.

波の第1のピークに一致して出現したことなどより、AK1の成因は次のように推察される。すなわち、AK1はAIのさいに末梢動脈で聴取されるピストル射撃音^{6,9)}に類似した心音で、逆流血を含む大量の血液が急速に駆出される結果生ずる大動脈壁の急激な伸展、あるいは衝撃により発生する心音ではないかと考えられた。

一方、AK2を有する例の大動脈 flow pattern はすべて2峰性を示し、さらにAK2は2峰性駆出波の第2のピークに一致して出現したことより、AK2の成因に2峰性の flow pattern が関与していることは明らかである。しかし、第2の駆出波のみでAK1と同等またはそれ以上の音量の心音を発生すると考えるのには多少無理があり、

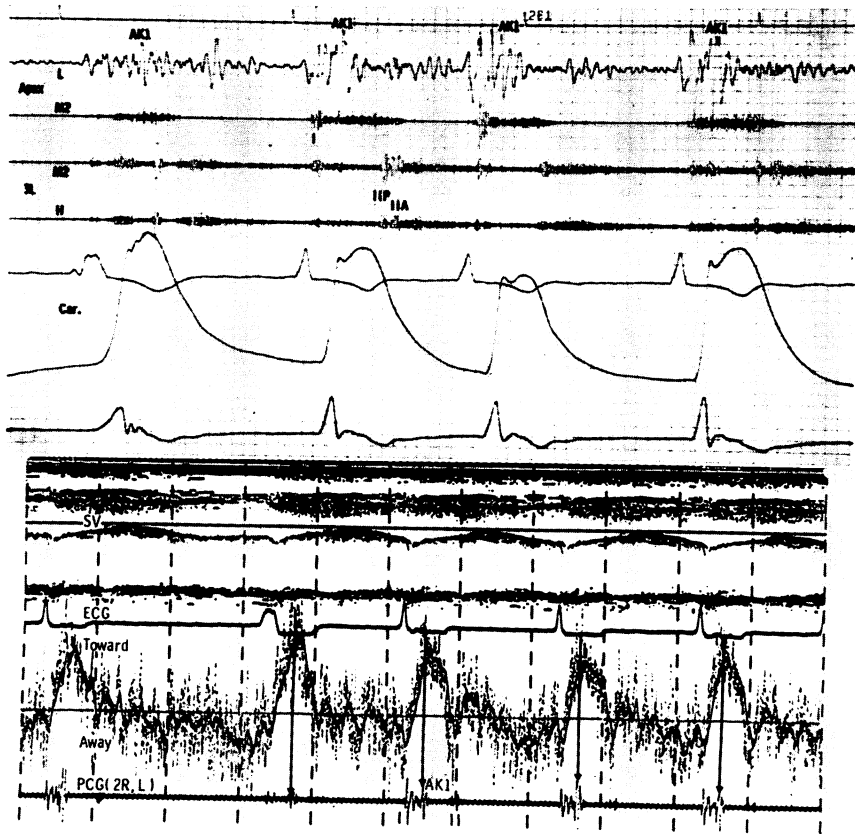


Fig. 10. Carotid pulse tracing (Car.) and aortic flow pattern from the same patient as in Fig. 1 and 6B.

Upper panel: Carotid pulse shows a sharp upstroke with a concomitant loud AK1 except the first beat of premature ventricular contraction.

Lower panel: Systolic aortic flow shows a pattern with rapid upstroke and prominent peak velocity. AK1 occurs coincidentally with the peak velocity of the aortic flow pattern.

I=first heart sound; II=second heart sound; AK1=aortic thudding sound in early systole; SV=sampling volume.

この心音の発生には坂本のいう末梢からの圧波の反射も関与している可能性があると思われる。

今回の研究においても、AK2 が末梢からの反射現象と関係のあることを示唆する所見として、1) AK2 は収縮後期性の心音であり、多くの例でこの心音により随伴性 ESM の途絶または終了をみたこと、2) 心尖部付近に最強点を有したこと、3) 脈波伝達速度の速い高齢者(40歳以上)のほうがそれ未満の者に比べてやや早期に出現して

いたこと、の3つの所見を認めた。

従来、頸動脈波の tidal wave の成因として、上半身からの圧波の反射波^{5,10,11)}と収縮後期の大動脈圧上昇¹²⁻¹⁴⁾があげられており、前者の説が有力であるが、最近、反射の point として腹部大動脈分岐部をあげている説もある¹⁵⁾。すなわち、この考え方からすれば、tidal wave の出現する時期にはすでに末梢からの圧波の反射波が到達していることになる。

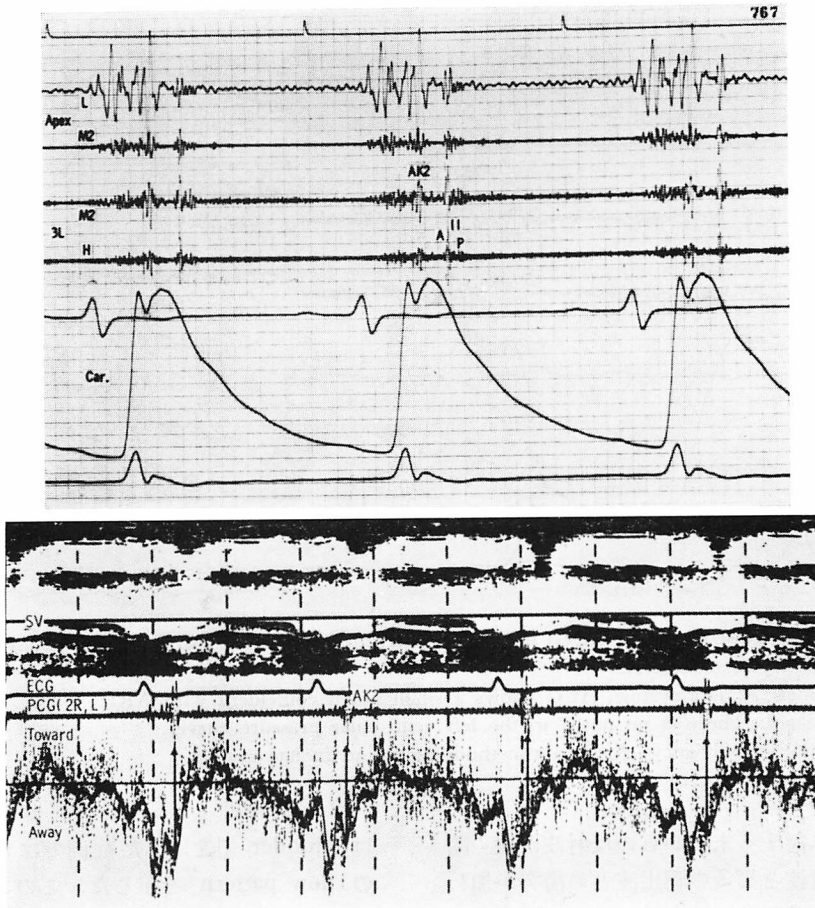


Fig. 11. Carotid pulse tracing (Car.) and aortic flow pattern in a patient with severe AI (47-year-old male).

Upper panel: There is seen a loud AK2 and a bifid carotid pulse.

Lower panel: Systolic aortic flow indicates a two-peaked flow velocity pattern with reduced mid-systolic flow velocity. AK2 occurs coincidentally with the peak velocity of the second forward flow.

AI=aortic insufficiency; II=second heart sound; AK2=aortic thudding sound in late systole; SV=sampling volume.

前述したように、坂本は大動脈衝撃音（我々のAK2）の成因をこの反射波のみで説明しているが、反射波が健常者、病的状態を問わず普遍的に存在するものならば、AK2がAIにのみ出現するというのはいかにも不合理である。

今回の研究で我々は、AK2を有する例の大動脈 flow pattern はすべて2峰性を示し、しかも

AK2は2峰性駆出波の第2のピークに一致して出現することを見出した。すなわち、AK2の発生には2峰性の flow pattern の存在が必要不可欠であると考えられる。

以上より、AK2の成因は次のように推察される。すなわち、AK2は主として2峰性の第2の駆出波により生ずる心音と考えられるが、同時に



Fig. 12. Apexcardiogram (ACG) and left ventricular pressure curve in a patient with severe AI (32-year-old male).

Left panel: At late systole, ACG shows a small notch coincident with AK2.

Right panel: There is no notch in the left ventricular pressure curve.

AI=aortic insufficiency; AK2=aortic thudding sound in late systole.

第1の駆出波に対する末梢からの反射波が強く関与し、この反射波と第2の駆出波との衝突が加わることにより大動脈壁により強い衝撃を与え、その結果AK1と同等あるいはそれ以上の心音を発生するものと考えられた。

2. Pulsus bisferiens の成因について

頸動脈波の pulsus bisferiens は心拍出量が多く、かつ脈圧の増大した状況下で出現するとされている⁵⁾。その成因は明らかでないが、percussion wave が Venturi 効果によって2峰に分かれたものであるという考え方¹²⁾と、percussion wave + tidal wave であるという考え方^{6,13)}がある。

今回の我々の研究では、頸動脈波形と大動脈 flow pattern とは極めて類似し、頸動脈波が bisferiens 型を呈した症例の flow pattern はすべて2峰性であったのに対し、anacrotic, normal また

は shudder 型を呈した症例ではいずれも単峰性の flow pattern を示した。このことは、大動脈 flow pattern が頸動脈波形に大きな影響を及ぼしていることを示し、2峰性の flow pattern が pulsus bisferiens の成因の1つとして重要な factor となりうると考えられた。

3. 心尖拍動図の収縮期 notch について

従来、AK と ACG との関係についてはほとんど検討されていないが、上田ら¹⁾はその著書の中で、衝撃音に一致して ACG 上に notch を認めた1例を呈示して、衝撃音が胸壁そのものを機械的に動かしていると述べている。

今回の研究でも、AK2 を有する群では AK にほぼ一致した notch を12例中10例と高率に認め、AK1 を有する群でも9例中4例に同様の所見を認めた。約半数例では、AK と notch との間に5~20 msec の時間的ずれを認めたが、こ

れは心内現象をとらえている AK と心外現象にも大きく影響を受ける ACG との差を反映したものと考えられる。また、Fig. 7 下段の例のように PVC 後の心拍では、AK と同時に ACG の notch も post-extrasystolic potentiation をきたしている点も、これらの notch が AK1, AK2 の発生と同一の心内現象を反映した所見であることを示唆している。さらに、心カテーテル検査を施行した 7 例の左室圧波形には、ACG に対応した notch は全く認められなかった (Fig. 12)。

以上より、これらの notch の成因は上田らが述べているごとく、AK 発生と同時に起こる胸壁の機械的振動により生ずると考えるのが妥当と思われた。

4. AI の駆出期大動脈 flow pattern について

パルス・ドプラー血流計を用いた AI の systolic forward flow に関する報告は数少なく、わずかに Joyner ら¹⁶⁾、Benchimol ら¹⁷⁾、Boughner¹⁸⁾ および渡口ら¹⁹⁾ の論文に記載されているにすぎない。

Benchimol ら¹⁷⁾ はカテ先血流計を用いて上行大動脈の血流波形を記録し、AI 6 例全例で 2 峰性の駆出パターンを認めたと述べているが、その成因については触れていない。一方、Joyner ら¹⁶⁾ は経皮的に総頸動脈血流パターンを記録し、収縮中期の flow の急激な減少は肥大型閉塞性心筋症に特徴的で、AI やその他の高心拍出量状態には認めなかったと述べている。また Boughner¹⁸⁾、渡口ら¹⁹⁾ も AI の大動脈駆出パターンはほぼ正常であったと述べている。

今回の我々の研究では、AI の大動脈 flow pattern に 2 つのタイプが認められた。すなわち、AK2 を有する例では全例が Benchimol らの示したような 2 峰性パターンを示したが、AK1 および AK(-) 群の flow pattern はすべて単峰性であった。この両者の差の要因を Fig. 6 に示した結果から推測すると、高年齢、軽症、AS または MI の合併は単峰性パターンの、また若年、重症、純型 AI は 2 峰性パターンの要因となってい

る可能性が考えられる。

換言すれば、末梢抵抗の小さい純型の重症 AI では、抵抗の少ない大血管へ大量の血液が急速に拍出されるために、左室流出路および大動脈では Fleming¹²⁾ の言うような Venturi 効果の生ずることが予想され、その結果 flow pattern は 2 峰性を示すと考えられる。一方、末梢抵抗の増大または AS の合併のさいには、駆出抵抗の増大により駆出速度は若干弱められ、また軽症例でも拍出量および駆出速度は小で、両者ともに Venturi 効果の生じにくいことが予想され、その結果 flow pattern は単峰性を示すと考えられる。MI の合併のさいにも左心拍出量の減少をきたし、また Elkins ら²⁰⁾、Kendall ら²¹⁾ および Nichol ら²²⁾ が指摘しているごとく、flow pattern は収縮早期にピークを有し、収縮中・後期には急速に減速を示すために、2 峰性とはなり難いと思われる。

以上のように AI の大動脈 flow pattern は、AI の重症度、末梢抵抗の大小および AS または MI の合併などにより影響され、単峰性および 2 峰性の両者のパターンを示し得ると考えられた。しかしながら、その詳細な成因については今後の検討が必要である。

要 約

24 例の大動脈弁閉鎖不全症 (AI) (純型 AI 16 例, AIs 3 例, AI+MI 5 例) を対象に、心音図、心機図、超音波パルス・ドプラー法を用い、大動脈衝撃音 (AK) の成因について検討した結果、以下の成績を得た。

1) AK には収縮早期性で随伴性駆出性収縮期雑音 (ESM) のピーク付近に出現するもの (AK1) と、随伴性 ESM の終了付近に出現するもの (AK2) の 2 種類が認められ、AK1 は 4 例に (AK1 群)、AK2 は 7 例に (AK2 群)、また両者を有するものは 5 例にみられた (AK1+AK2 群)。

2) AK1 は心基部から右鎖骨上窩にかけて最強点を有する低周波成分に富んだ心音で、中等症以下の AI および AS 合併例には認められな

った。心房細動例では AK1 の音量および発生時相は先行 R-R 間隔によって異なり, 先行 R-R 間隔が長いほど AK1 は強大でかつ早期に出現した。代償性休止期を有する心室性期外収縮 (PVC) 後の心拍では, AK1 は post-extrasystolic potentiation を示し, 著明に増大した。

3) AK2 は心尖部付近に最強点を有する低周波成分に富んだ心音で, 12 例中 10 例ではこの心音により駆出性 ESM の途絶または終了する所見を認めた。また AK2 は重症例ほど大きい音量を有する傾向にあったが, AK1 と異なり軽症・中等症例にも認められた。PVC 後の心拍では, AK1 と同様に post-extrasystolic potentiation を示した。

4) 頸動脈波の収縮期波形は AK2 を有する例 (AK2 群および AK1+AK2 群) ではすべて 2 峰性であったが, AK1 群および AK のみられない例 (AK(-) 群) では 3 例を除きいずれも単峰性を示し, 2 峰性頸動脈波と AK2 との関連性が示唆された。

5) AK2 を有する 12 例中 10 例に, また AK1 を有する 9 例中 4 例において, 心尖拍動図 (ACG) 上 AK にほぼ一致する notch を認めたが, AK (-) 群の ACG にはこのような notch は全く認められなかった。ACG 上にみるこの notch は, AK 発生のさいに生ずる胸壁の機械的振動によるものと考えられた。

6) 13 例 (AK1 群 3 例, AK2 群 2 例, AK1+AK2 群 3 例, AK(-) 群 5 例) において大動脈 flow pattern を記録し, このうち 5 例で心音図と同時記録した。AK2 を有する例はすべて 2 峰性の駆出パターンを示し, AK1 は第 1 の駆出波のピークに, また AK2 は第 2 の駆出波のピークに一致して出現することを認めた。AK1 群, AK (-) 群の駆出パターンは単峰性であった。

以上の所見より, AK1 は逆流血を含む大量の血液が急速に駆出される結果, 大動脈壁に急激な伸展あるいは衝撃が起こることにより生ずる心音で, 一方, AK2 は 2 峰性の第 2 の駆出波による

衝撃に, 第 1 の駆出波に対する末梢からの反射波との衝突が加わることによって大動脈壁のより強い伸展あるいは衝撃が起こり, その結果生ずる心音ではないかと考えられた。

文 献

- 1) 上田英雄, 海渡五郎, 坂本二哉: 臨床心音図学. 南山堂, 東京, 1978, pp 223-227, 484
- 2) 福田信夫, 大木 崇, 谷口哲三, 坂井秀樹, 浅井幹夫, 大島千寿子, 仁木由子, 上村のみ子, 仁木敏晴, 森 博愛: 漏斗胸の心音図・心機図・心エコー図学的検討: 特に頸静脈波所見および心室中隔運動について. J Cardiology 11: 161, 1981
- 3) Wolferth CC, Margolis A: Systolic gallop rhythm: Studies on its characteristics and mechanism. Am Heart J 19: 129, 1940
- 4) Hinohara S: Systolic gallop rhythm. Am Heart J 22: 726, 1941
- 5) Tavel ME: Clinical Phonocardiography and External Pulse Recording. 3rd ed, Year Book Medical Publishers, Chicago, 1978, p 85, 213
- 6) 坂本二哉: 心音図・心機図の読み方. 末梢動脈波曲線 (III), 腹部大動脈波曲線および大腿動脈波曲線と pistol shot 音. 内科 33: 876, 1974
- 7) 坂本二哉: 心音図・心機図の読み方. 大動脈衝撃音. 内科 42: 1012, 1978
- 8) 坂本二哉: 心音図・心機図・心エコー図の読み方. 重複した大動脈衝撃音と負荷による変化. 内科 46: 1015, 1980
- 9) Lange RL, Hecht HH: Genesis of pistol shot and Korotokoff sounds. Circulation 18: 975, 1958
- 10) O'Rourke MF: The arterial pulse in health and disease. Am Heart J 82: 687, 1971
- 11) 増田善昭, 山崎 茂, 村木 登, 水野 毅, 福島一也, 小沢 俊, 宿谷正毅, 平井 昭, 稲垣義明: 頸動脈波の駆血期における波形について. J Cardiology 6: 725, 1976
- 12) Fleming PR: The mechanism of the pulsus bisferiens. Br Heart J 19: 519, 1957
- 13) Ikram H, Nixon PGF, Fox JR: The hemodynamic implications of the bisferiens pulse. Br Heart J 26: 452, 1964
- 14) Freis ED, Heath WC, Luchsinger PC, Snell RE: Changes in the carotid pulse which occur with age and hypertension. Am Heart J 71: 757, 1961
- 15) Murgo JP, Westerhof N, Giolma JP, Altobelli SA: Aortic input impedance in normal man: Relationships to pressure wave forms. Circulation 62: 105, 1980

- 16) Joyner CR, Harrison FS Jr, Gruber JW: Diagnosis of hypertrophic subaortic stenosis with a Doppler velocity flow detector. *Ann Int Med* **74**: 692, 1971
- 17) Benchimol A, Desser KB, Gartlan JL: Bidirectional blood flow velocity in the cardiac chambers and great vessels studied with the Doppler ultrasonic flowmeter. *Am J Cardiol* **52**: 467, 1972
- 18) Boughner DR: Assessment of aortic insufficiency by transcutaneous Doppler ultrasound. *Circulation* **52**: 874, 1975
- 19) 渡口真佐夫, 一宮 恵, 横井 清, 南木道生, 伊藤健一, 松原達昭, 柳沢 潔, 日比範夫, 福井洋一, 西村欣也, 神戸 忠: 超音波パルスドプラー法による大動脈弁閉鎖不全症の検討. *J Cardiography* **10**: 557, 1980
- 20) Elkins RC, Morrow AG, Vasko JS, Braunwald E: The effects of mitral regurgitation on the pattern of instantaneous aortic blood flow. Clinical and experimental observations. *Circulation* **36**: 45, 1967
- 21) Kendall ME, Rembert JC, Greenfield JC: Pressure-flow studies in man: The nature of the aortic flow patterns in both valvular mitral insufficiency and the prolapsing mitral valve syndrome. *Am Heart J* **86**: 359, 1973
- 22) Nichol PM, Boughner DR, Persand JR: Noninvasive assessment of mitral insufficiency by transcutaneous Doppler ultrasound. *Circulation* **54**: 656, 1976