バリストカルディオグラムの臨床的研究
第1報 正常者ならびに高血圧者における
バリストカルディオグラム

東北大学医学部鳥飼内科教室（指導：鳥飼龍生教授）

佐藤 辰男

CLINICAL STUDIES ON BALLISTOCARDIOGRAM.
PART 1. BALLISTOCARDIOGRAM OF NORMAL SUBJECTS
AND PATIENTS WITH HYPERTENSION

BY

Tatsuo Satō

Department of Internal Medicine, Tōhoku University School of Medicine, Sendai
(Prof.: Dr. Tatsuo Torikai)

梗概 本邦における心弾動図法の研究は、これまで主に簡易型ないし High-frequency table 型装置によつて行なわれ、これらよりも、さらに正確と云われる Low-frequency table 型装置による研究はほとんど行なわれていない。そこで著者は Low-frequency table 型装置を用いて、まず健康男女 118例の心弾動図波形を解析し、本装置による本邦健康者の性別および年齢別の正常値を求めた。次に高血圧者 110例の心弾動図波形を解析し、あわせて高血圧の心弾動図に特徴とされるK波の増深について検索を行なつた。その結果、高血圧者に見られる波形異常は、年齢および高血圧持続期間と、さらにまた心電図、胸部X線像および眼底の異常所見等のごとき動脈硬化の所見と密接な関係にあり、血圧の高さとは無関係で、高血圧者でも若年性の場合には正常波形を示す例の多いことが認められた。以上から心弾動図法は、高血圧に続発的に生じた病変の程度の判定に対して、有力な指標にあるものと考えられる。

I. 緒 言

本邦におけるバリストカルディオグラフィ（Ballistocardiography）すなわち心弾動図法（以下バリスト法）の研究は、これまで主として簡易型、もしくは High-frequency table 型装置によるものであつた。しかしながら、これらによつて得られた波形には、機械の特性に基づく多くの疑点が含まれていた。最近機械的な誤差が少なく、かつ忠実に心力を表現すると考えられる¹⁾²⁾ Low-

frequency table 型装置が用いられるようになった。しかし本装置による研究報告は、比較的詳細なものとしては北田³⁾および国兼⁴⁾のそれのほかに見当たらない現状である。

私も当教室において、Low-frequency table 型装置によるバリスト法の研究に着手し、まず本装置での健康対照例のバリストカルディオグラム（Ballistocardiogram）すなわち心弾動図（以下バリスト）を解析し、次いで本態性高血圧者のバ

リストを比較解析して、二、三の知見を得たので報告する。さらにまた、高血圧者のバリストにおけるK波の増深について検索を加えたので、あわせて述べることにする。

II. 実験方法

A. 装置および測定条件

バリスト法の装置としては、日本光電製 von Wittern 型 Low-frequency table 型のものを使用した。記録にはペン書き多素子心電計を用い、バリストと第Ⅱ誘導心電図とを同時記録した。また較正には 300 g の偏位力を用い、これをテーブルに負荷したさいに記録上20mmのフレを示す場合を尋常感度とし、頭足方向のフレを記録した。このさい頭側へのフレは上向きの波として、また足方向へのフレは下向きの波として表わされた。

次に測定条件としては、外部よりの振動の影響を防ぐためにコンクリート建築の静寂な一室を選び、こゝにテーブルを置き、室温は15ないし25℃に保った。検査には食事の影響を避けるため、午前11時より正午まで、また午後3時半より5時半までの空腹時を選び、測定前の喫煙を禁じた。測定にさいしては被検者は、冷感を覚えぬ程度にできるだけ脱衣させ、バンド、ネクタイ、帯の類をゆるめてテーブル上に仰臥せしめた。かくして15ないし20分後に記録を開始し、記録紙は毎秒40mmの速度で走らせ、安静呼吸時の10ないし20秒間を記録した。さらに呼気位、および吸気位に息を停めた状態のものをあわせて記録した。吸呼困難を訴えるもの(不随意運動のあるもの)、脈拍頻数(100/秒以上)の者などは、あらかじめ実験から除外した。

B. 波形解析

バリスト波形については、まず定性的には波形の規則性および明確性を問題にし、Brown⁵⁾の分類に従って0度から4度までに分類した。

定量的には、H波の表現として HI/IJ 比を、K波の表現として JK/IJ 比をとり、また心力の表現としては平均 I J 波高 (IJm) をとり、さらに呼気相の I J 波高を吸気相の I J 波高で除した

呼吸性動揺 (Ra) を測定した。

一方波形の時間間隔は I-K 時間および H-K 時間のほかに、心電図の Q 波および R 波を起点として Q-J 時間および R-K 時間を計測した。

以上の値は、いずれも呼気相および吸気相での代表的な群から典型的な波を3個ずつ選び、その計測値の平均値をとった。

III. 正常者のバリストカルデオグラム

正常対象例としては主として本学職員、学生、看護婦および附添婦のうち、心血管系またはこれと関係ありと思われる疾患の既往がなく、なんら苦痛なく日常生活ならびに職業にたずさわっている人で、血圧は最高が 150 から 100 mmHg の間に、また最低が 90 mmHg 以下にある人を選んだ。その数は男子 65 名、女子 53 名計 118 名で、その年齢分布は第 1 表のごとくであった。

A. 定性的波形解析

Brown⁵⁾の分類に従って上記 118 例の波形解析をおこなったところ、第 2 表のごとく、男女ともに年齢の増加に従って 1 度の者が増加を示した。すなわち 1 度に属する例は 50 才以下では 88 例中 6 例 (6.8%) であったのに対して、50 才以上では 30 例中 10 例 (33.3%) であった。また 1 度のものは男子 65 例中 10 例 (15.4%)、女子 53 例中 6 例 (11.3%) で、男子の方にわずかに多かつた。しかしながらいづれにせよ、2 度またはそれ以上のものは

第 1 表. 被検正常対象の年齢分布及び平均年齢

		10才	20	30	40	50	60才以上	合計
男子	例数	4	20	12	12	10	7	65
	平均年齢	18.0	26.4	34.4	43.3	54.7	63.2	
女子	例数	5	15	10	10	10	3	53
	平均年齢	18.8	24.4	33.5	43.7	53.0	65.3	
合計		9	35	22	22	20	10	118

第 2 表. 正常対象バリスト波形の Brown 分類による年代別表

	Brown	10才	20	30	40	50	60才以上	小計	計
男子	0度	4	20	11	9	7	4	55	65
	1度			1	3	3	3	10	
女子	0度	5	15	9	9	8	1	47	53
	1度			1	1	2	2	6	

第3表 健康男子の年代別バリスト波形測定値

男子 (A)

年代	IJ _m ⁽³⁾	JK/IJ	HI/IJ	Ra
60才	1825±254	0.88±0.09	0.59±0.07	0.57±0.07
50	2033±352	0.86±0.08	0.55±0.08	0.68±0.10
40	2335±545	0.83±0.07	0.52±0.07	0.78±0.11
30	2794±487	0.84±0.07	0.52±0.07	0.76±0.07
20	2810±335	0.81±0.07	0.51±0.06	0.89±0.09
10才	2869±170	0.82±0.07	0.50±0.00	0.82±0.03

(B)

(秒)	I-K 時間	H-K 時間	R-K 時間	Q-J 時間
60才	0.162±0.01	0.221±0.02	0.296±0.01	0.205±0.01
50	0.176±0.02	0.222±0.02	0.297±0.01	0.204±0.01
40	0.181±0.02	0.246±0.02	0.304±0.01	0.207±0.01
30	0.184±0.02	0.244±0.03	0.286±0.02	0.207±0.01
20	0.190±0.01	0.235±0.02	0.299±0.01	0.220±0.02
10才	0.184±0.02	0.231±0.03	0.306±0.02	0.225±0.00

女子 (A)

年代	IJ _m	JK/IJ	HI/IJ	Ra
60才	1605±197	0.89±0.04	0.50±0.01	0.75±0.10
50	1598±605	0.87±0.04	0.49±0.03	0.79±0.09
40	1845±365	0.81±0.08	0.50±0.02	0.80±0.07
30	1883±317	0.83±0.09	0.47±0.02	0.82±0.09
20	1936±459	0.80±0.07	0.48±0.01	0.88±0.06
10才	1955±526	0.74±0.04	0.51±0.04	0.91±0.04

(B)

(秒)	I-K 時間	H-K 時間	R-K 時間	Q-J 時間
60才	0.166±0.03	0.220±0.01	0.283±0.03	0.175±0.02
50	0.176±0.08	0.215±0.04	0.272±0.03	0.202±0.01
40	0.181±0.02	0.241±0.02	0.272±0.02	0.186±0.01
30	0.180±0.01	0.221±0.01	0.272±0.03	0.202±0.01
20	0.181±0.01	0.215±0.02	0.285±0.03	0.211±0.01
10才	0.172±0.02	0.220±0.02	0.275±0.04	0.207±0.01

皆無で大部分の例が0度であつた。

B. 定量的波形解析

HI/IJ 比, JK/IJ 比, IJ_m, Ra 等の主要バリスト波形の実測値は, 第3表(A)に示したごとくである。表のごとく男子は女子に比し同一年令においては, Ra 以外の測定値は高値を示した。なお男女ともにそれぞれ年令の進むにつれてこれらの値が, 以下のごとく変化することが認められた。すなわち IJ_m は男女ともに年令の進むにつれて小となり, とくに女子において著明であつた。すなわち女子では年令の増加につれ男子の場合より, 一層小となつた。K波を示す JK/IJ 比は若年者ほど小さく, すなわちK波はI波より浅く, 年令の進むにつれてその深さを増す傾向が見られた。女子では JK/IJ 比は IJ_m と同じく男子より小であつた。HI/IJ 比は男子では年令的推移を示したが, 女子ではほとんど不変で, やく0.50であつた。Ra は女子においては男子におけるより高値を示し, 呼吸性動揺は女子においては軽度であつた。Ra も同様に年令的な推移を示した。

次に波形の時間間隔の測定成績は第3表(B)

に示すごとくであつた。I-K 時間は男子の場合年令の増加とともに短縮する傾向を示したが, 女子の場合には40才以後において同様の傾向を示した。このことは年令の増加に従つて IJK 波の形が尖鋭化したことを意味する。H-K時間においては, 男女ともほとんど年令的推移が見られず, たゞわずかに40才以後の男子において短縮の傾向が認められた程度である。R-K時間の場合も同様であつた。Q-J 時間は男子においてのみ多少の年令的推移を示した。すなわち上述のごとく, R-K時間および Q-J 時間には性別による差は著明ではなかつた。

C. 小括

以上, 一般に正常者のバリストは, その大部分が Brown の分類による0度に属していたが, 一部, とくに中年以後の男子のバリストには1度に属するものがあつた。しかし, いずれも一応の規則性および明確性を有する連続振動波形であつた。1度に属したものの主なバリスト波形の変化は, 波形の結節形成および分裂傾向であり, 他に

H波の増高, Ra 増大, 低振巾, およびK波の増深等があつた。しかしながら, これらの変化は次に述べる高血圧症における変化と比較した場合, 明らかに軽度であつた。各波形の計測値にはそれぞれ年令的推移および性別差が認められた。

IV. 高血圧症患者のバリストカルディオグラム

臨床的な諸検査によつて本態性高血圧症と診断され, バリスト記録時に血圧最高が 150mmHg以上, また最低血圧が90mmHg以上であつた者男子65名, 女子45名計 110名を本項の対象とした。別に既往に高血圧を有した患者, Pheochromocytoma, Primary Aldosteronism および Cushing 氏症候群などの患者についてもあわせて検索をおこなつた。

A. 定性的波形解析

高血圧患者に見られた異常バリスト波形の主なものは, 第4表に示したとおりである。これらの所見の判定は, いずれも健康者バリストにおける測定値に照らしておこなつた。その規準は後に述べる。

K波の増深は本症における特徴的な所見とされているが, 私の成績ではこれには呼気相のみに出現するものと, 呼気と吸気の両相に出現するものとの2種類あることが観察された。前者は本症の経過の比較的短い例に見出され, 後者は長い例に多く見られるごとき印象を抱いた。前者は18.1%, 後者は50.9%に見られ, 両者の合計は69.0%であつた。次にRa増大, IJK波の分裂乃至結節形成, 高いH波, 低振巾等はそれぞれ68.1%, 55.4%, 50.7%, 47.2%に見られた。

第4表. 高血圧バリストの主要所見出現頻度

年代 主要所見	10才 未満	20	30	40	50	60	70才 以上	計
深いK(呼気相のみ)	2	7	5	14	43	30	9	110
〃〃(呼気吸気相)			2	6	10	2		20
低振巾				3	21	24	8	56
Ra増大		1	2	9	38	21	4	75
高いH			1	8	23	19	5	56
M傾向				2	5	8	2	17
IJK波の分裂			2	5	28	21	5	61

第5表. Brown の分類による高血圧者のバリスト波形

年代 Brown	10才 未満	20	30	40	50	60	70才 以上	計
0度	2	5	1	2	1			12
1度		2	1	1	5	3		35
2度				2	2	11	5	35
3度					6	3	6	23
4度					1	2	2	5
計	2	7	2	3	8	6	24	110

a) 年令および性とバリスト波形との関係

被検対象 110例のバリスト波形を Brown に従つて分類し, 年令および性別と対比して調べた(第5表)。110例中, 0度12例(10.9%), 1度35例, 2度35例, 3度23例, 4度5例であり, 結局89%の例が Brown の分類による1度以上の例であつた。また第5表から判るとおり, 40才未満のいわゆる若年性高血圧の症例は全例 0ないし1度で, 40才から2度の例があらわれるようになり, 3度, 4度の異常を示した例はすべて50才以上の高血圧者であつた。性別による差としては, 同一年令では女子の方が男子におけるより Brown の分類による変化の程度が, やゝ軽い傾向を示した。

b) 他の臨床症状とバリスト波形との関係

i) 高血圧の経過年数とバリスト波形

高血圧を初めて見出されてからバリスト検査時までの経過年数と, Brown の分類による波形との関係については, 第6表に示した通り, 一般に経過の長い例ほど, Brown の分類による変化の程度が進行していることが認められた。

ii) 胸部X線所見とバリスト波形

第6表. 高血圧持続年数と Brown の分類によるバリスト波形

年数 Brown	数 日	一 月	一 年	三 年	五 年	十 年	十 年 以上	計
0度	2	2	1	3	4			12
1度	4		8	8	7	5	1	33
2度	2		1	6	10	8	6	35
3度	1		1	2	4	3	9	23
4度						3	1	5
計	9	2	11	19	25	19	17	108

第7表. 胸部X線所見とBrownの分類によるバリスト波形

Brown \ 所見	所見なし	H	A	H+A	H+A+C	計
0度	8	1	1			10
1度	8	2	3	2		15
2度	1		6	14	2	23
3度		1	1	9	5	16
4度				4	1	5
計	17	4	11	29	8	69

110例中胸部X線写真の撮影を行なった69名について、X線写真における心、血管像の異常所見とBrownの分類による波形との関連性を検討した。第7表中のHとは心影の明らかな拡大を認めたもの、Aとは大動脈の蛇頭状突出の著明であつたもの、H+Aは上記二つの所見をあわせ持つもの、H+A+Cとはこれらにさらに大動脈の石灰化像を認めたものの意味である。その結果は表のごとく、胸部X線所見の著明なものほど、Brownの分類による変化の程度が進む傾向を認めた。

iii) 心電図所見とバリスト波形との関係

心電図所見としては、主として心肥大像および心筋障害像を指標とし、不整脈などは波形解析の便宜上これを除外した。上記二所見とBrownの分類によるバリスト波形とを対比した結果は第8表のごとく、心電図の所見のなかつたものの26例中、Brown 0度のものが10例であつたのに対して、1度および2度がそれぞれ13例および3例あり、他方、心電図に異常のあつたものの60例中Brown 0度のものは2例に過ぎず、3度および4度のものが

第8表. 心電図所見の有無とBrownの分類によるバリスト波形

Brown \ 心電図	所見(-)	所見(+)	計
0度	10	2	12
1度	13	9	22
2度	3	24	27
3度		20	20
4度		5	5
計	26	60	86

第9表. 眼底所見とBrownの分類によるバリスト波形

Brown \ 眼底	正常	KW I	KW II	KW III	KW IV	計
0度	3	3		1		7
1度	6	12	5			23
2度		4	13	6		23
3度		1	3	8		12
4度				5		5
計	9	20	21	20	0	70

25例を占めていた。

iv) 眼底所見とバリスト波形との関係

Keith-Wagenerによる眼底所見の分類と、Brownによるバリスト波形の分類とを比較した結果では第9表のごとく、眼底所見の増悪とバリスト波形の悪化とは、ほぼ平行するという成績が得られた。

B. 定量的波形解析

高血圧者の各主要波形の計測値を、正常値と比較し頻度分布図として図示した。

まずIJm(第1図)は女子正常圧者群では120g以上に分布し、女子高血圧者では60から180gの間にあり、男子正常圧者では150g以上、同じく高血圧者では60から210gの間に分布していた。JK/IJ

第1図. IJmの頻度分布図

比(第2図)は女子正常圧者群では0.70から0.95の間に、女子高血圧者は大半が1.0から1.4の間にあり、男子でもほぼ同様の分布を示した。Ra(第3図)は女子正常圧者群では0.70から0.95

第2図. JK/IJ 比の頻度分布図

第3図. Raの頻度分布図

に、女子高血圧者群では0.50から0.70の間に分布していたが、男子正常圧者では0.75を頂点として両側に拡がり、同じく高血圧者では0.50をを頂点としていた。また HI/IJ 比(第4図)は女子正常圧者群では0.45から0.55のところ、女子高血圧者群では0.50から0.70の間にあり、男子の正常圧者群は0.50を中心とし、また男子高血圧者群では0.50から0.80の附近に分布していた。

a) 血圧とバリスト波形計測値の関係

バリスト波形の定量的解析値の代表として、IJm および JK/IJ 比を選び、これらと血圧との関係を検討した。第5図は IJm と血圧の関係を、第6図は JK/IJ 比と血圧の関係を示す。同図に見られる如く、いずれも明かな関係はなく、バリスト波形は血圧の高さのみによつて左右されるものでないことが推定される。

b) 治療によるバリスト波形の変化

やく1ないし3カ月間の入院治療により、血圧が20ないし30mmHg以上降下した高血圧患者9例に

第4図. HI/IJ 比の頻度分布図

第5図. 血圧と IJm との関係

第6図. 血圧と JK/IJ との関係

ついて、その治療前後のバリスト波形の変動を検討した。その結果は第10表の如く、血圧は全例に充分下降したにもかかわらず、バリスト所見に

第10表. 高血圧治療前後のバリスト波形の変化

番号	症例	性	年齢	経過年数	治療前血圧	治療後血圧	Ra	IJm	JK/IJ	Brown判定
1		♂	35	5	192/110	152/94	増	増	減	2→1 改
2		♀	45	3	182/106	158/100	減	〃	不変	1→1 〃
3		♀	51	3.5	190/96	144/90	〃	不変	増	1→0 〃
4		♂	54	1	210/110	150/90	〃	増	〃	3→1 〃
5		♂	59	10	162/106	140/90	増	減	減	3→3 不
6		♀	62	15	192/100	150/90	〃	〃	不変	3→3 悪
7		♂	63	10	220/100	154/88	〃	〃	増	2→2 不
8		♂	63	10	194/110	140/94	〃	不変	減	2→2 〃
9		♀	64	10	230/94	150/90	〃	〃	〃	3→3 〃

第11表. Regitine 注射前後の JK/IJ 比の変化

	注射前血圧	注射後血圧	血圧下降度	注射前 JK/IJ	注射後 JK/IJ
No. 1	230/130	204/114	-26/-16	1.45	1.31
No. 2	210/132	184/112	-26/-8	1.10	1.16
No. 3	188/102	152/94	-30/-8	1.06	1.06

改善を来したののうち4例に過ぎず、残りは不変が4例、悪化が1例であつた。これらのうち、改善例はいずれも年齢が比較的若く、また高血圧の持続年数も5年以内の例であつたのに対して、不変ないし悪化の例は、60才台のもので経過年数も10年以上に及ぶ例であつた。以上判定は主に定性的解析によつたが、K波の増深が高血圧に特徴的とされているので、これについて定量的に測定してみた。結果はほぼ同様で、血圧の下降にもかかわらずK波の深さは不変あるいは逆に増大した例がそれぞれ3例宛見られた。

c) Regitine 注射前後の JK/IJ 比の変化

上述のごとく、K波の増深は高血圧バリストに特有とされているので、以下の考察には JK/IJ比をもつて一つの指標とした。

本態性高血圧症と Pheochromocytoma との鑑別の目的で、Regitine 試験を行なつたさいのK波の変動を観察した。バリストは Regitine 5 mg 静脈内注射の3分後に記録した。その結果は第11表のごとく、30mmHg近くも血圧の下降が見られたにもかかわらず、K波が浅くなつた例は3例中1例に過ぎず、不変または逆に深くなつた例がそれぞれ1例宛観察された。

d) Noradrenaline 注射前後の JK/IJ 比の変化

健康者2例に dl-Noradrenaline を毎分 0.2 μ g/kg の速度で点滴静注し、これにより充分血圧を上昇せしめたさいのバリストを、点滴前のそれと比較した。結果は第12表のごとく、2名とも血圧は明らかに上昇したのにもかかわらず K 波は深くならず、むしろ浅くなる傾向を示した。なお両名とも20才台の若年者であつた。

第12表. Noradrenaline 点滴静注前後の JK/IJ 比の変化

	点滴前 血圧	点滴後 血圧	血圧 上昇度	点滴前 JK/IJ	点滴後 JK/IJ
	114/60	140/82	+26/ +22	0.78	0.75
	116/80	148/104	+32/ +24	0.85	0.75

e) 既往に高血圧を有した者のバリスト波形

過去において明らかな高血圧があり、現在治療により最高血圧が 150 以下となり、または最低血圧が 90 以下となつた者のバリストを検討した。第13表に掲げた10例がこれである。すなわち血圧は正常またはそれに近いにもかかわらず、主要波形の計測値のうち、Ra についてはやく半数が 6.5 以下であり、IJm でも同様半数が 150 g 以下で、さらに JK/IJ 比は半数以上が 1.0 以上の深い K を有していた。これらの計測値は前述したごとく、

第13表. 既往に高血圧を有した者のバリスト波形測定値

No	症例	性	年齢	眼底	血圧	JK/IJ	Ra	IJm
1		♂	38	KW I	120/80	0.78	0.65	210
2		♂	50	正常	120/88	0.85	0.90	180
3		♂	50	KW III	140/90	1.21	0.55	105
4		♂	53	正常	144/80	0.93	0.66	225
5		♂	54	—	140/90	0.96	0.80	185
6		♀	56	KW II	142/80	1.40	0.80	75
7		♂	65	—	148/80	1.43	0.75	105
8		♂	65	—	138/90	1.33	0.46	110
9		♂	72	KW II	168/70	1.15	0.70	180
10		♂	73	KW II	142/90	1.75	0.60	120

いずれも高血圧者バリストのそれと区別し得ない値である。また注意すべきことは、深い K 波を有したものは眼底に所見があり、かつ 50 才以上の例に多かつた事である。

f) 原因の明らかな高血圧の患者のバリスト波形

以上の本態性高血圧患者に対する検索と並んで、Pheochromocytoma, Primary Aldosteronism, Cushing 氏症候群などの原因の明らかな高血圧を有する者についてバリストを調べた。第14表に掲げたこれらのうち、第1, 第3, 第4例はいずれも手術により確認されたものであり、第2例は臨床症状および検査成績から診断が明らかな例である。これらの例はいずれも高血圧を有し、多少とも眼底に所見が見出された。しかもこれらの例のバリスト波形は、K 波の増深をはじめ、その測定値の上からは一般の高血圧と区別し得ない程度のものであつた。

第14表. 原因の明らかな高血圧症例のバリスト波形測定値

No	症例	性	年齢	診断	眼底	血圧	JK/IJ	Ra	IJm
1		♂	22	pheochro.	KW III	210/140	1.12	0.66	180
2		♀	34	Cushing.	KW I	160/110	1.57	0.75	110
3		♂	44	原发性Ald.	KW IV	175/110	1.30	0.65	260
4		♂	42	—	KW I	200/100	1.00	0.50	150

g) 各種臨床検査成績と JK/IJ 比との関係

i) 血清コレステロール値と JK/IJ 比の関係

本態性高血圧症21例について血清コレステロールの測定をおこなつた。この値と JK/IJ 比を対比した結果は第15表のごとくである。なお当教室における血清コレステロールの正常値の上昇は 200 mg/dl である。同表に見られるごとく、血清コレステロール値が 200mg/dl 以上の例では、JK/IJ 比は15例中14例において 1.0 以上を示した。これに対し 200mg/dl 以下の6例では JK/IJ 比は半数例において 1.0 以内であつた。このことから、高コレステロール値の例に深い K 波の出現頻度の高いことがわかる。なお第16表第6例に参考として粘液水腫患者のバリスト所見を示した。本例では血圧

第15表. 血清コレステロール値と JK/IJ との関係

血清コレステロール値 JK/IJ	200 mg/dl 以下	200 mg/dl 以上	計
1.0 以下	3	1	4
1.0~1.25	2	4	6
1.25 以上	1	10	11
計	6	15	21

第16表. 糖尿病及び粘液水腫における
バリスト波形測定値

No	症例	性	年齢	血圧	JK/IJ	Ra	IJ _m	診断
1		♀	54	140/82	1.16	0.71	90	糖尿病
2		♀	53	148/90	1.78	0.50	70	〃
3		♂	59	160/100	1.20	0.50	150	〃
4		♀	46	164/100	1.71	0.65	105	〃
5		♂	64	130/86	1.41	0.70	90	〃
6		♀	38	116/68	1.10	0.90	150	粘液水腫

は低かつたが、血清コレステロール値は 275mg/dl と上昇し、そのバリストは年令の割に深いK波を示していた。さらに同表の第1~5例は糖尿病患者のバリストの計測値であるが、全例深いK波が認められた。この内第2例は腎生検によつて Kimmelstiel-Wilson 氏症候群であることが確かめられた例である。

ii) 眼底所見と JK/IJ 比の関係

眼底所見と JK/IJ 比との関係は第7図のごとくである。一見して Keith-Wagener の度の進行に伴ないK波の深さの増す傾向にあることがわかる。すなわち Keith-Wagener が I 度あるいはそれ以上の例、63例中、JK/IJ 比が 1.0以上のものは51例 (80.9%) であつた。

iii) 胸部X線所見と JK/IJ比の関係

第17表に示すごとく、X線上、心陰影拡大し大動脈に所見のある例にK波の深いものが多い傾向が見られた。すなわち多少ともX線上所見の有る者52例のうち、JK/IJ 比が 1.0 以上のものが48例 (92.3%) であつた。

iv) 心電図所見と JK/IJ 比との関係

心電図に所見を有する例と有しない例とに大別

第7図. 眼底所見と JK/IJ との関係

第17表. 胸部X線所見と JK/IJ との関係

胸部X線所見 JK/IJ	1.00 以下	1.00~1.25	1.25 以上	計
所見なし	16	1		17
A	3	5	3	11
H	1	3		4
H+A		12	17	29
H+A+C		3	5	8
計	20	24	25	69

第18表. 心電図所見と JK/IJ との関係

心電図所見 JK/IJ	1.00 以下	1.00~1.25	1.25 以上	計
所見なし	17	8	1	26
所見あり	5	30	21	56
計	22	38	22	82

すると、第18表のごとく、心電図に所見を有する56例中、JK/IJ 比が 1.0 以上のものは51例 (91.0%) であつた。これに対し所見のない例では大部分が 1.0以下であつた。

v) 高血圧持続年数と JK/IJ 比との関係

高血圧の持続年数と JK/IJ 比との関係を調べた結果は第8図のごとくである。すなわち、数日前に発見されたという例を除けば、大体、高血圧持続年数の長いものほど、K波の深さを増す傾向が認められた。

第8図. 高血圧持続年数と JK/IJ との関係

第9図. 年齢と JK/IJ 比との関係

vi) 年齢と JK/IJ 比の関係

第9図に高血圧患者の JK/IJ 比の年齢に伴う推移を、比較の便宜のために正常者のそれと併記して掲げた。図のごとく、高血圧者群では年齢に伴う推移が正常者群のそれに比べて、はるかに急角度で上昇することが認められた。

C. 小 括

本態性高血圧者 110例のバリストにおいて、その89.0%が Brown の分類による1度またはそれ以上の異常を示した。0度のものは大部分が40才未満の若年性高血圧者であり、50才以後に2度以上の例が増加した。また同一年代では女子の高血圧者は男子のそれと比較して、Brown の分類による程度が軽い様であった。以上の定性的波形解析による異常の程度は、他の臨床検査成績、たとえば心電図、眼底ならびに胸部X線等における所見の異常の有無と密接な関連を示した。また高血圧の持続年数の長い例ほど、バリスト波形の異常の出現頻度が高かった。

各主要波形を定量的に解析し、正常者のそれと対比した結果では、若年性高血圧を除くと両者の間には明らかな差が認められた。若年性高血圧者における計測値は、正常者におけるそれと全く区別し得なかつた。またこれらバリストの異常の程度と血圧の高さとの間には、なんらの相関が認められなかつた。さらにまた、治療によりあるいは逆に Noradrenaline を注射して血圧を上昇させた場合における検索の結果によれば、高血圧のバリストに特有とされる深いK波の変動は必ずしも血圧の高さと平行しなかつた。また既往に高血圧を有しその後正常血圧となつた例の波形、および Pheochromocytoma, Primary Aldosteronism, あるいは Cushing 氏症候群などの如き原因の明らかな高血圧症例における波形と、本態性高血圧症におけるそれとは互に全く区別し得なかつた。K波の深さは、血清コレステロール値が高く、眼底、胸部X線ならびに心電図等に高血圧性異常所見を有する例で深く、また高血圧持続時間の長い例にその増深が見られた。なおK波の深さは一般に年齢に伴なつて大となつたが、高血圧者の場合には健康者に比し増深の速度が急速であつた。

V. 考 案

〔I〕 正常者のバリストカルディオグラム

118例の健康者について得たバリストの定性的波形解析の結果は、男子 65 例中 10 例 (15.4%)

および女子53例中6例(11.3%)に Brown の分類による1度の者を認めたが、他はすべて0度であつた。また50才以上の例では30%が、50才未満の例では6.8%が1度を示した。Starr⁶⁾は40才以上の健康者中4.4%に、またScarborough⁷⁾は50才以上の健康者中55%に異常を見たといふ、丸岡⁸⁾は50才以下では9%に、50才以上では40%に異常を認めたと報告している。水野⁹⁾は異常波形の出現は30才を超えると多くなると云っているが、私の結果でもそれは30才以後に見られている。いずれにせよ健康者のバリストについては、多くの研究者の報告と同様に、私の成績でもバリストの異常には年令的推移の存在することが認められた。一方、性別による差も明らかであつた。

次に私の行なつた定量的波形解析の結果は、第3表に掲げたとおりである。先に述べたごとく Low-frequency table 型装置を用いて本邦健康者のバリスト法を行なつた成績としては、これまでに北田³⁾および国兼⁴⁾のものがあるに過ぎない。私の得た結果は一般に国兼⁴⁾のそれに比較して IJm および Ra はやゝ高値を示し、HI/IJ 比および JK/IJ 比は少し低値を示した。また39才以下の健康男女45例における北田³⁾の成績と、私の成績のうち40才未満の例におけるそれとを比較すると、私の成績では IJm および Ra はやはり高値を示し、HI/IJ 比および JK/IJ 比は低値を示したが、その差は国兼⁴⁾の場合の差ほど大なるものではなかつた。波形の振巾時間は、私の成績と国兼⁴⁾の成績の換算したものとを比較すると次のごとくである。すなわち H-K 時間および I-K 時間は40才以上の男子および女子でやゝ差を示したが、他の群ではほとんど一致していた。また Q-J 時間は男子ではやゝ差を示したが、女子ではほぼ等しかつた。なお R-K 時間は北田³⁾の成績に比べて、私のそれがわずかに低値を示した。

以上の測定値の差は、被検対象の年令分布に差があること、および同一型式の機械にも、ある程度の差があるためであらう。いずれにせよ、波形の解析値にも、ある程度の年令的推移および性別

による差が認められた。かゝる差は、一応、体構造の性別ならびに生理的老化現象に基づくものではないかと推測される。後者の説明として笹本¹⁾らは、年令とともに心臓ならびに血管の転移、血管壁の弾力性の消失、さらに老人における潜在性冠動脈疾患による心臓の衰弱などを挙げ、これらによつて血行力学的変化がもたらされるためと述べている。

〔Ⅱ〕 高血圧者のバリストカルデオグラム

高血圧者のバリストにおける異常波形としては、多くの成書に記載されている如く、深い K 波、浅い I 波、Ra 増大、低振巾等が見られた。北田³⁾は88例の高血圧患者のバリストで、高い H 波を51%、Ra 増大を42%、深い K 波を75%、低振巾を53%に見たと報じ、その成績は私の得た結果とほぼ一致していた。Brown⁵⁾は230例の高血圧者中バリストの正常の者はわずか5例(2.2%)であつたといふ。Mandelbaum¹⁰⁾は高血圧者の75%が、さらに Pordy¹¹⁾は96%がバリストに異常を示したと述べている。

私の成績では Brown の分類による1度以上の異常者は89.0%に見られた。これらの異常所見は年令の進行とともに増加したが、これに対して40才未満の若年性高血圧者では14例中11例までが Brown の0度に相当する正常波形であつた。すなわち若年性高血圧の場合には一般的にいって、バリストに関するかぎりなんらの異常も見出すことはできなかった。バリストの異常はまた、高血圧持続期間の長い例ほどその出現頻度の高いことを知つた。もちろん高血圧の持続年数は大体の推定に止まるが、後述するごとく、バリスト波形を判読する上に意味があることを知つた。本邦の論文にはこの点に言及したものは見当たらない。

一方胸部 X 線上、心影拡大および大動脈の変化等の異常所見を有するものに、バリストの異常者が多つた。また心電図に所見を有し、しかもバリストは正常であつた例は60例中わずか2例に過ぎなかつたのに対して、心電図が正常でバリストに異常があつた例は26例中16例であつた。しかもこの

16例中眼底に多少とも所見のあつた例が10例、X線上大動脈突出の認められた者が3例あり、これらの所見から冠動脈の変化を類推し得るものとすれば、バリストは心電図より早期に冠疾患をとらえ得ると報じた北田³⁾の言を支持しても良いと考える。さらにバリストの異常の出現頻度は、眼底所見の異常程度ともかなり良く一致していることが認められた。Mandelbaum¹⁰⁾ および Dock¹²⁾ は、高血圧の重症度とバリストの異常とは良く一致すると述べており、私の成績でも上述のごとく、高血圧におけるバリストの異常程度は、高血圧に見られる各種臨床所見の異常の有無とかなり一致していた。したがってこれらの所見を総合すれば、より一層正確な診断が可能となるものと考えられた。

次に定量的波形解析の結果は、第1～4図に示したごとくである。判読に便利ように頻度分布図として示した。すなわち正常者と高血圧者との間には、計測値上に明らかな相違が認められた。北田³⁾は JK/IJ 比 1.1以上をK波の増深、Ra 0.5以下を呼吸性動揺の増大とし、また IJm については男子で 125g以下、女子では 100g以下をもつてそれぞれ低振巾としている。私は JK/IJ 比については 1.0、Raについては 0.7、IJm は男子で 150g以下、女子では 120g以下をもつてそれぞれ正常値の境界とした。

ヒストグラムを一見して判るように、40才未満の若年性高血圧者ではすべてその測定値が正常者の分布の内に入っていた。また高血圧者群の分布には2コないし3コの峰を有する分布があり、正常者群と重なる部分の高血圧は大部分が若年性高血圧によつて占められていた。このことは女子より、例数の多い男子の方が明らかであつた。

勝呂¹³⁾は高血圧者を Wezler-Böger 法によつて分析した結果、若年性高血圧者は10年を経た1例が Elastizitätshochdruck であつた以外は、全例が Minutenvolumenhochdruck に属していたと報告している。このことはバリストの収縮期波形である IJm を指標とした場合、若年性高

血圧の IJm が、正常者の IJm のヒストグラム中の高値の方の裾に重なっていることの説明となるかもしれない。また先に述べたように、正常者群の分布と重なる高血圧者群の峰以外の峰が、何を意味するかは今後の検討を要する問題であるが、一応高血圧症の重症度を示すものと考えられはしないであらうか。

Brown⁵⁾は高血圧のバリストで最初に出現する異常は、K波の増深であると述べている。しかし私は、若年性高血圧者では決して深いKが見られないことおよび、老年のしかも長い経過をへた高血圧者に深いK波の観察された事実から、K波の増深について追求を行なつた。その場合、私は JK/IJ 比を一指標として以下の考察を進めた。

丸岡¹⁴⁾は JK/IJ 比が、最高、最低ならびに中間血圧のいずれとも相関を示したと報じ、徳政¹⁵⁾は最低血圧とのみ関係を有したと報告している。さらに丸岡¹⁶⁾は寒冷昇圧試験による血圧の上昇に伴つて、また長尾¹⁷⁾は Noradrenaline の注射により両者ともK波の増深を見ている。しかしながら、私の成績では第6図のごとく、血圧高と JK/IJ 比との間にはなんらの相関はなく、また Noradrenaline 注射により充分血圧を上昇せしめてもK波は深くなかなかつた。

一方、降圧剤の影響については、Brown⁵⁾は、Veratrum viride による血圧の下降とともにK波が浅くなつたことを観察したという。Grob¹⁸⁾は Hexamethonium を用いた結果、12例中6例でK波が浅くなつたが他は不変、もしくはかえつて増深したのを認め、バリスト波形の改善は患者の年齢および高血圧持続期間に関係があり、注射前の血圧の高さや、注射後の血圧の下降度とは無関係であつたと述べている。徳政¹⁵⁾も降圧剤による血圧の下降と JK/IJ 比の変化とは、必ずしも平行せず、種々の結果が観察されたという。私も9例の高血圧患者について治療前後のバリストを比較検討してみた。その結果治療によつて血圧は充分下降しても、バリスト所見が改善されたものは4例で、他の4例は不変、1例はかえつて悪化を示

した。治療内容は徳政¹⁵⁾, Grob¹⁸⁾らのそれと必ずしも同一ではなかったが、得た結果はそれとほぼ同様であった。しかも高令者ほど、また高血圧持続年数の長いものほどバリストの所見が降圧によっても改善されない事実を知り、Grob¹⁸⁾の観察は妥当であると考えた。また私が特に問題としたK波の深さもその変動は区々であり、血圧下降とともにK波の浅くなったものは3例に過ぎなかった。

上述の観察は血圧の下降を来すまでに、ある程度の期間をおく為、厳密に言えば体重や室温などの多少の変化が内在しないとも限らない。そこでRegitine試験をおこなった前後のK波の変動を見たが、やはり得られた結果は一率ではなかった。

さらに過去において高血圧を有したが、現在血圧正常の10例についてそのバリスト波形を解析したところ、高血圧者群の計測値との鑑別は困難で、たゞ比較的年齢の若い50才台以下の例、および眼底所見の軽い例では正常範囲内にあった。

一方、Pheochromocytoma, Primary Aldosteronism および Cushing 症候群などの原因の明らかな高血圧症例でも、同様に測定値の上からは本態性高血圧症とは区別がつかなかった。

以上の結果からK波の深さは、血圧の高さそのものによって増減するものではないことが明らかであろう。さらにK波は、血清コレステロール値の高い例ほど、また眼底、心電図ならびに胸部X線所見等に異常のある例ほど明らかに深くなり、また高血圧の持続年数の長い例ほど深くなるという結果を得た。このことは、動脈硬化の存在を肯定し得るような検査成績ときわめて密接な関係にあることを物語っている。結局K波の深さは、高血圧そのものよりも、高血圧によって惹起された続発的な変化、おそらくは動脈硬化の程度に関係があるものと考えられる。このように考えれば、K波の深さが血圧の高さとは無関係であったこと、若年性高血圧者では決してK波が深くないこと、既往に高血圧があつた例が現在血圧が正常でも依然として深いK波を示していること、および

治療によつて血圧が下降してもK波の深さに変化の見られないことなども、不可逆性となつた動脈壁の硬化によるものとして説明することができ。このことは、高血圧の持続期間が問題になることや、年齢別のK波の深さが、正常者に比べて高血圧者の方で急角度に増して行くことから、容易に理解できよう。

このように血管の変化がバリストの異常と密接に関係しているという見解は、最近、板津¹⁹⁾も述べている。しかし私と同様特にK波に着目しているのは北田²⁰⁾で、彼はバリスト上に深いK波を示した10例中9例に動脈硬化を認めたと報告している。また最近彼は³⁾、動脈硬化と関係の深い脂質代謝および糖質代謝の異常と、バリストのK波の異常との関連を追求した結果、高血圧を有し、血清コレステロール値の高いものおよび糖尿病を有する例に、深いK波の出現頻度の高かつたことを認めている。

以上私の研究は、これまでの研究者の見解をより強力に支持すると同時に、K波の増深の生成機序に関して、さらに一歩核心に近づき得たものと信ずる。

このように考えると、高血圧症におけるバリストは結局、高血圧そのものの発見には役立たないが、高血圧による続発的病変の発見には有用であると結論されよう。また高血圧の治療はバリストに異常をきたさぬ内に充分行なうことが重要で、いつたん生じたこの異常波形は、治療によつても消失せしめることがきわめて困難である。すなわちバリスト法は、高血圧の治療の面に対しても一つの示唆を与えるものであるともいうことができる。

VI. 結 論

von Wittern 型 Low-frequency table 型装置を用いて 118例の正常者、および、110例の本態性高血圧者のバリストカルデオグラム(バリスト)を解析し、以下の結論を得た。

(1) 健常者のバリスト波形は Brown の分類による1度の者が13.6%で、他はすべて0度に相

当するものであつた。1度のものは女子よりも男子に多く、また高令者ほどその出現頻度が高かつた。

(2) 健常者のバリスト波形を定量的に解析して、本装置による本邦健常者の性別、年代別の正常値を求めた。

(3) 本態性高血圧者のバリスト波形を検討したところ、正常波形はそのやく10%に見られ、残り90%では Brown 1度以上の異常波形が見出された。また正常波形を示したものの大部分は若年性高血圧者の例であつた。

(4) 本態性高血圧症におけるバリスト波形の異常は、年令、高血圧の持続期間および心電図、胸部X線写真ならびに眼底所見等の異常の有無と密接な関係があり、これに対して血圧の高さそのものとはなんら関係がなかつた。

(5) 高血圧バリストにおけるK波増深の生成機序に関して、実験的ならびに臨床的考察を行ない、K波の深さは動脈硬化ときわめて密接な関係にあることを認めた。

(6) 以上の成績から、バリスト法は高血圧の

有無の発見よりも、高血圧により続発的に惹起される病変ないし動脈硬化の程度の判定に役立つものと云うことが結論され、高血圧治療に關しての新しい指標となり得ることがわかつた。

参考文献

- 1) 笹本他：バリストカルデオグラフィー，東京，医学書院，1955。—2) 吉本：日循誌，22 (5)，287，1958。—3) 北田：日本臨床，16 (7)，25，1958。—4) 国兼：呼と循，5 (8)，565，1957。—5) Brown, H.R. et al.: Clinical Ballistocardiography. New York, Macmillan, 1952。—6) Starr, I.: Am. J. Med. Sc.: 214 : 233, 1947。—7) Scarborough, W.R. et al.: Am. Heart J. 45 : 161, 1953。—8) 丸岡他：日循誌，22 (5)，289，1958。—9) 水野他：日循誌，22 (4)，288，1958。—10) Mandelbaum, H. et al.: Circulation: 3 : 663, 1951。—11) Pordy, L. et al.: Am. Heart J.: 42 : 321, 1951。—12) Dock, W. et al.: J.A.M.A.: 146 : 1284, 1954。—13) 勝呂他：日内会誌，44 (13)，190，1955。—14) 丸岡：呼と循，5 (8)，548，1957。—15) 徳政：日内会誌，45 (12)，1297，1957。—16) 丸岡他：日循誌，20 (12)，644，1957。—17) 長尾：日循誌，17 (4)，288，1953。—18) Grob, D. et al.: Circulation: 8 : 352, 1953。—19) 板津他：呼と循，5 (5)，381，1957。—20) 北田：診療，10，896，1957。