

〔特別掲載〕

(東女医大誌 第30巻 第3号)
頁 375—392 昭和 35年 3月)

電気容量脈波計による脈波の研究

高血圧症患者における上腕加圧時の指節脈波について

東京女子医科大学第一生理学教室 (主任 簗島 高教授)

佐 野 ア ヤ 子

(受付 昭和 35年 2月 8日)

I 緒 言

日常、いわゆる血圧とは上腕カフの加圧による Korotkow 音の I 点及び IV 点の標示する加圧程度を以て、夫々収縮期血圧 (以下 Ps と略す) 及び拡張期血圧 (以下 Pd と略す) と名づけ、その値が、夫々 150 mmHg 及び 90 mmHg をこえるときに高血圧症と呼ばれる。高血圧症及び動脈硬化症については、昔から多くの研究報告があり、臨床医、病理学者、生理学者によつて広範囲な討議がなされているが、夫々が各個の独自の観点からの展望討議であることは当然として、これらを統合して系統だてられた解明が久しく望まれてきたところである。

脈波の研究については、古くから沢山の業績が発表されてきてはいるが、最近でも日常の応用については余りなされていない。しかして、老化の現象や成人病が社会的問題として台頭してきた今日、脈波パタンの取扱いから、高血圧症の成因機序の考察を企てることは有意義のことと思われる。

手指血管の脈波は最初 Müller & Weiss¹⁾によつて記録され、彼らは橈骨動脈と指尖の脈波の類似性を指摘し、その後 Bonsdorff²⁾の報告、光電プレチスモグラフによる Greven & Federschmidt³⁾ Mathes, Gross & Gopfert⁴⁾ 又は Goetz⁵⁾ 等の報告がある。更に生理学的に手指脈波から高血圧症について行われた研究は Wiggers,^{6) 7) 8) 9)}

Dillon & Hertzman¹⁰⁾などの報告に詳しく述べられているが充分ではない。本邦人についても古林¹⁴⁾、上島¹¹⁾、的場¹²⁾、山口¹³⁾、松尾¹⁵⁾、栗本¹⁶⁾ 岡田などの報告がみられるが系統的に考察されたものはない。電気容量脈波計を用い高血圧症の指節脈波については永井、石谷の報告¹⁹⁾をみるだけであり、上腕加圧法によつて、これについて検討したものはない。そこで著者は、わが国において簗島¹⁸⁾永井¹⁷⁾によつて考案された電気容量脈波計を用いて、藤田²⁰⁾の本装置による中極及び末梢脈波のパタンの基礎的知見や佐々木²¹⁾の正常人における上腕加圧時の指節脈波の変動についての報告を参考にして、高年者の高血圧症患者を対象として、循環系の一つの末梢の Blood Reservoir として大切な役割を果していると考えられる指節で脈波を記録し、また上腕加圧時の指節脈波の変動の様相について、正常健康人のパタンと比較し高血圧患者の特徴について考察した。

II 実験方法

簗島¹⁸⁾、永井¹⁷⁾ (1954) の考案になる電気容量脈波計の改良型を用いた。

指節動脈脈波の記録に用いた電極は、円筒型ガラス環の上に真鍮製リングを巻いたものを閉電極とし、これを右第III指第II指節に、真鍮製環状の不閉電極を右第II指に、適度にはめた。

被検者は高血圧症患者 100 名、加圧による脈波の変動について調べたものは 52 名である。被検者は室温

Ayako SANO (First Department of Physiology, Tokyo Women's Medical College) : Studies on the human arterial pulse wave by means of the capacitosphygmograph. Effects of the brachial cuff pressures on the digital pulse wave in subjects with hypertension.

18°C 前後の部屋でベッドに安静仰臥位にして、不安を除くために患者によく Technique を説明し、誘導部位が心臓と等高位になるように、伸展位で約 10 度挙上する支持台にのせて安定せしめた後脈波を記録した。そして指節脈波の記録は、呼吸などによる緩慢な動揺を考慮に入れて連続して 10 数個を記録し、脈波ボタン個々の数値の取扱いに際しては、それらの平均をとつた。

同側上腕加圧による指節脈波の変動を記録する際には、Riva-Rocci 型血圧計のマンシエットを上腕に巻いて、カフとして用い、20 mmHg 間隔で被検者の収縮期血圧まで加圧を行い、それぞれの安定した加圧段階で脈波を記録した。

III 実験成績

被検者の年齢と血圧：

被検者の年齢と血圧について吟味することは、実験成績を述べる前に必要と思われる。それについて述べると、高血圧症患者 52 名とその対照としてとつた非高血圧症患者 45 名についてみた年齢と血圧の関係は、便宜的にその平均をとつてみると、第 1 表の如くである。

第 1 表

年 令	対 照			高 血 圧 症 患 者		
	Ps	Pd	Pp	Ps	Pd	Pp
40 — 50 才	117 mmHg	72 mmHg	30 mmHg	188 mmHg	112 mmHg	77 mmHg
50 — 60 才	130 "	74 "	52 "	193 "	107 "	86 "
60 — 70 才	132 "	77 "	57 "	188 "	102 "	88 "

斯様に、対照として選んだ同年代の被検者と比較して、高血圧症患者の対象として選んだ被検者は Ps, Pd 及び Pp からみて適當であると認められたので、実験成績の各項について以下に述べる。

1. 指節脈波のパターン

心周期に一致して出現する脈波は、誘導部位の血管の搏動に伴つて生ずる上昇脚、波頂、下降脚と下降脚に出現する切痕などからなる。高血圧症の指節脈波を、夫々の被検者の Ps と Pd との双方から、ボタンと血圧との関係を見るために記入したのが第 1 図である。この図から、高血圧症患者の指節脈波のパターンは、劃一的なものではなく、しかも Ps 及び Pd の値によつて特徴づけられるというよりは、むしろ個々の被検者の心血管系機能の差異によつて異なる波形を示すものとみら

れる。しかし、その中から特徴のあるパターンを拾つてみると、第 2 図に示したものが代表的なものであることが知れるので一応次のように (A)・(B)・(C) の 3 型に分類してみた。即ち、第 2 図にあげたパターンの特徴は、

(1)A 型：急峻に立上り、振巾は大きく、従つて波頂は高く、円味を帯び、下降脚の勾配は上昇脚のそれよりも緩やかで、切痕は波頂に接近して高い部位にあるが、あまり明確ではない。

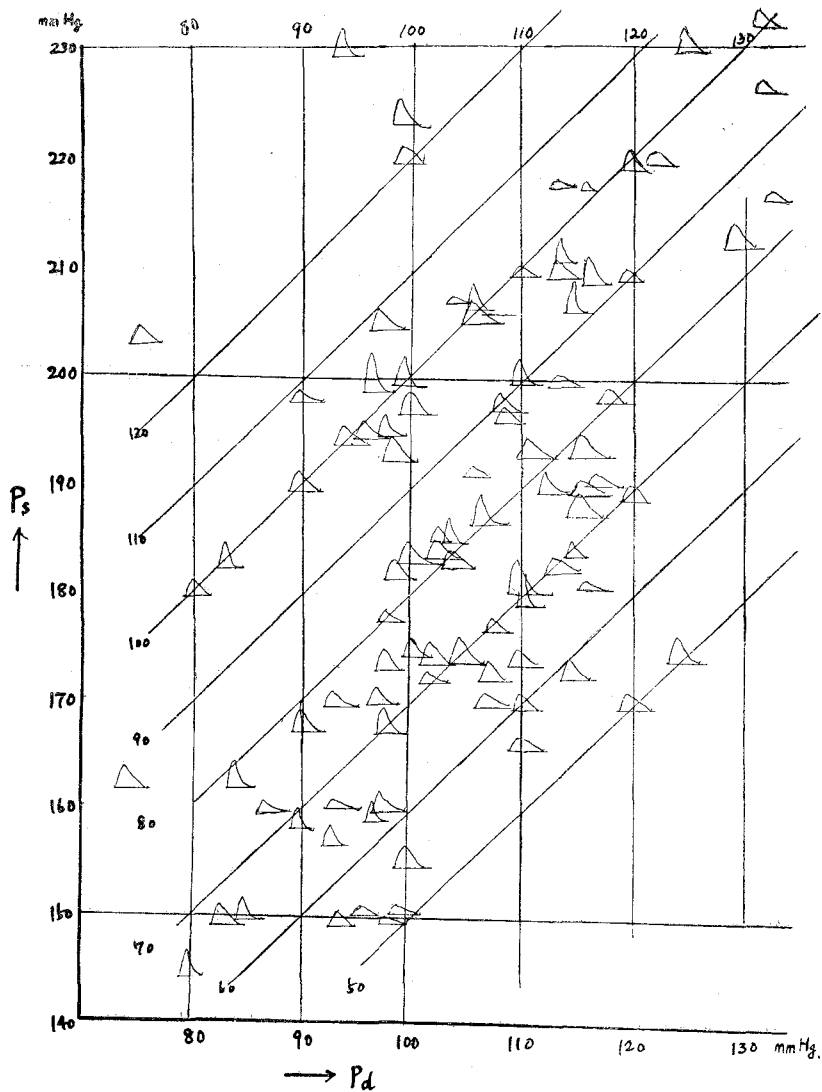
(2)B 型：急峻な立上りの途中で上昇脚の勾配が一互緩やかになつて波頂に至り、所謂、anacrotic 波型を呈する。波頂はやはり円味を帯びている。波頂から切痕までの下降は急激であるが、その後、明瞭な反撞隆起を形成して緩やかに下降する。この波型の振巾は A 型より小さい。

(3)C 型：A 型よりも上昇脚及び下降脚の勾配は緩やかで、波頂は鋭くなく、全体として宛も三角形状を呈し、切痕や反撞隆起は殆んどみとめられない。これらのものは多くの場合、脈圧は小さく眼底所見には K. W. 分類で II ~ III 度の動脈硬化像

が見られ、E. C. G. では著明な左心室肥大を認める。

このように高血圧症患者の指節脈波は、非高血圧の被検者と比較して波頂が円味をおび切痕や反撞隆起が著明でないことが主な特徴である。第 1 図で明らかな様に A 型に属するものは Ps が高く、Pd はそれ程高くなく、脈圧が大きく、B 型は Ps 及び Pd が共に高い方に多く、この型は後述する如く A 型の被検者に或る程度の上腕加圧を行つた際のボタンに似ている。C 型は Pd が高く、Ps は中等度に高い、即ち脈圧が小である例に多くみられる。

第 1 図で示された指節脈波パターンが、血圧を指標としたときに、血圧の程度に密接な関係をもつてすつきりと分類できないことは、高血圧症患者



第1図 脈波波形と血圧 (P_s , P_d & (P_s-d)) の関係

といつても、その成因、また罹患後の持続時間、経過中の薬剤投与の有無などによつて異り、しかも native な状態で記録されることが殆んどなく、長い経過のどの時期に当るのかも明らかでないことが多いからであろう。そこで、被検者について波頂時間 (略して t とする)、脈波持続時間 (略して d とする) と波頂時間の比 t/d について年齢と血圧との関係をしらべてみた。第2表には52例についての各種夫々の数値をあげた。

2. 波頂時間と年齢の関係

高血圧症でない被検者では、波頂時間は加齢につれて延長し、40~50才でほぼ最大値に達することは、佐々木²¹⁾の述べたところであるが、高血圧

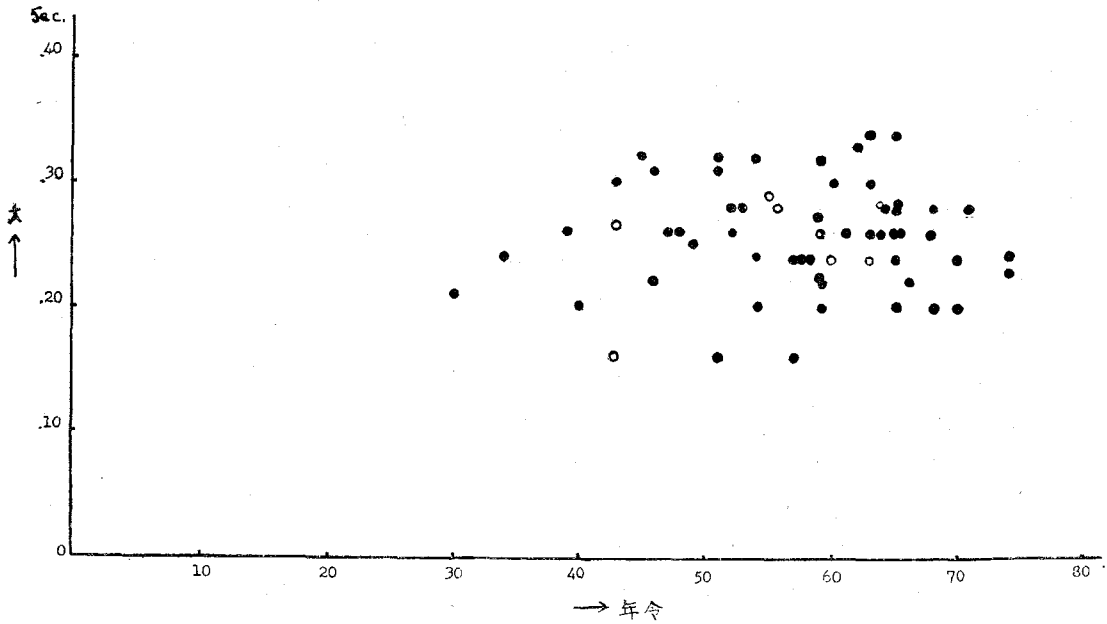
症患者について著者の得た成績は次の如くである。即ち第3図は第2表から抽出した波頂時間を縦軸に、年齢を横軸にとり、黒丸を高血圧症患者、白丸を非高血圧高年齢者としてプロットし両者の関係を示したものである。第3図において一見明らかな如く非高血圧症患者の波頂時間は $0.16'' \sim 0.29''$ の間にあり、高血圧症患者では $0.16'' \sim 0.34''$ の間にあり、高年齢者の高血圧者とそうでない被検者の波頂時間は混在していて明らかに分れていない。その平均経過は前者が $0.25''$ で後者が $0.26''$ で両者の間には明らかに特徴づけられた傾向は示されない。従つて、このことから高年齢者においては、波頂時間の表わすものは加齢によつて

第 2 表 加 圧 前 及 び 加 圧 に

番号	性別	年齢	血 圧		0			20			40			60			80		
			Ps	Pd	t	t/d	d	t	t/d	d	t	t/d	d	t	t/d	d	t	t/d	d
1	F	70	208	108	.20	.21	.94	.20	.22	.94	.24	.26	.92	.22	.24	.92	.20	.21	.94
2	F	62	230	92	.33	.31	1.08	.32	.29	1.12	.28	.25	1.12	.28	.29	1.12	.26	.23	1.12
3	F	59	208	114	.28	.39	.72	.21	.27	.76	.22	.29	.74	.12	.17	.72	.12	.18	.74
4	M	45	180	110	.32	.33	.96	.26	.28	.92	.26	.29	.90	.24	.27	.90	.26	.27	.94
5	M	58	200	98	.24	.23	1.04	.24	.24	1.00	.24	.24	1.00	.24	.24	1.00	.24	.22	1.06
6	M	65	200	98	.34	.30	1.14	.34	.28	1.12	.34	.29	1.18	.28	.25	1.14	.28	.24	1.16
7	F	59	188	106	.32	.26	1.22	.28	.23	1.24	.20	.17	1.16	.21	.17	1.20	.18	.17	1.08
8	M	57	212	114	.16	.22	.72	.16	.23	.68	.16	.24	.66	.14	.21	.68	.12	.18	.68
9	F	59	162	84	.22	.23	.98	.20	.20	.98	.20	.20	.98	.16	.16	1.00	.12	.12	.98
10	M	48	168	98	.26	.24	1.10	.26	.24	1.10	.26	.24	1.10	.24	.22	1.08	.22	.20	1.10
11	F	30	200	110	.21	.21	1.00	.20	.19	1.02	.20	.20	1.00	.22	.22	1.00	.10	.10	.98
12	M	68	168	96	.26	.22	1.16	.26	.23	1.12	.24	.21	1.12	.22	.20	1.08	.22	.20	1.08
13	F	54	160	96	.24	.30	.72	.23	.28	.82	.16	.20	.80	.12	.15	.80	.12	.15	.80
14	M	61	184	102	.26	.27	1.10	.24	.21	1.16	.26	.24	1.08	.24	.20	1.20	.28	.24	1.18
15	F	46	220	120	.22	.23	.94	.22	.23	.96	.23	.25	1.00	.28	.25	1.02	.28	.27	.96
16	F	70	180	80	.24	.26	.92	.24	.25	.96	.29	.31	.94	.28	.30	.92	.21	.23	.90
17	M	63	198	110	.26	.25	1.04	.24	.22	1.08	.28	.26	1.08	.28	.26	1.08	.28	.25	1.06
18	M	65	170	92	.26	.22	1.20	.26	.22	1.18	.20	.17	1.20	.24	.20	1.20	.20	.17	1.20
19	M	51	184	104	.31	.27	1.16	.32	.28	1.14	.30	.27	1.12	.28	.25	1.12	.16	.14	1.12
20	F	43	190	120	.30	.32	.94	.32	.35	.92	.30	.30	1.00	.30	.32	.94	.26	.27	.96
21	F	46	188	100	.31	.33	.94	.32	.34	.94	.30	.31	.95	.29	.31	.95	.27	.30	.91
22	F	71	174	98	.28	.30	.94	.28	.31	.90	.26	.29	.88	.27	.31	.88	.20	.23	.88
23	M	68	170	96	.28	.26	1.08	.28	.25	1.12	.24	.22	1.10	.24	.21	1.12	.20	.18	1.10
24	M	60	194	98	.30	.26	1.14	.28	.24	1.16	.32	.28	1.14	.34	.29	1.14	.30	.26	1.14
25	F	64	150	92	.28	.30	.92	.26	.30	.86	.26	.31	.84	.26	.30	.88	.20	.23	.86
26	F	60	154	80	.32	.30	1.08	.30	.21	1.06	.26	.23	1.12	.26	.24	1.11	.20	.19	1.04
27	M	65	176	98	.24	.26	.92	.24	.26	.92	.20	.21	.96	.14	.14	.98	.12	.12	1.00
28	M	59	243	140	.20	.23	.88	.20	.23	.88	.18	.20	.92	.26	.30	.88	.16	.19	.85
29	M	65	220	120	.28	.26	1.10	.22	.21	1.06	.24	.22	1.08	.25	.22	1.12	.23	.22	1.04
30	M	63	198	90	.34	.30	1.16	.30	.26	1.18	.28	.23	1.20	.28	.23	1.20	.24	.22	1.12
31	F	64	150	88	.26	.28	.94	.24	.27	.88	.30	.35	.86	.26	.29	.88	.22	.25	.90
32	F	63	210	100	.30	.30	.96	.32	.33	.96	.28	.28	.98	.28	.29	.96	.28	.28	.98
33	M	66	170	110	.22	.25	.88	.21	.24	.88	.20	.22	.92	.22	.25	.88	.24	.27	.88
34	F	52	200	112	.28	.24	1.16	.32	.28	1.16	.32	.28	1.16	.24	.21	1.16	.24	.19	1.24
35	M	40	182	116	.20	.20	1.00	.20	.19	1.10	.20	.20	1.00	.20	.19	1.04	.20	.20	1.00
36	F	51	184	114	.16	.25	.64	.16	.23	.70	.12	.17	.70	.12	.17	.70	.12	.17	.70
37	M	49	159	90	.25	.30	.82	.31	.38	.78	.28	.34	.82	.19	.24	.80	.18	.22	.80
38	F	65	210	110	.26	.29	.90	.23	.27	.84	.22	.25	.88	.24	.22	.92	.22	.26	.86
39	F	54	218	116	.20	.37	.54	.14	.25	.56	.14	.26	.54	.14	.26	.54	.18	.32	.56
40	M	65	228	136	.20	.19	1.06	.20	.19	1.06	.20	.20	1.02	.20	.20	1.02	.26	.24	1.06
41	F	37	150	98	.24	.26	1.04	.23	.25	.94	.23	.25	.94	.22	.23	.96	.22	.23	.94
42	M	39	150	98	.26	.24	1.08	.24	.23	1.06	.24	.24	1.04	.26	.27	.96	.24	.25	.96
43	F	47	218	140	.26	.27	.96	.26	.24	.92	.18	.20	.92	.16	.17	.96	.16	.17	.96
44	F	52	218	112	.26	.27	.92	.24	.26	.92	.14	.16	.86	.12	.14	.86	.12	.14	.88
45	M	65	200	120	.28	.32	.88	.24	.27	.88	.12	.14	.86	.11	.13	.84	.16	.19	.84
46	F	68	208	106	.20	.26	.76	.20	.24	.82	.18	.23	.80	.16	.18	.90	.16	.20	.84
47	F	51	160	94	.32	.26	1.24	.26	.23	1.12	.27	.23	1.16	.27	.24	1.12	.24	.19	1.23
48	M	53	150	84	.28	.23	1.20	.24	.22	1.08	.24	.23	1.02	.24	.22	1.10	.16	.15	1.10
49	M	58	160	88	.24	.21	1.16	.24	.21	1.14	.24	.21	1.16	.24	.21	1.16	.20	.17	1.16
50	M	54	142	98	.32	.28	1.12	.32	.29	1.08	.32	.30	1.06	.28	.27	1.06	.14	.13	1.08
51	F	59	178	108	.22	.27	.80	.23	.28	.82	.20	.26	.78	.24	.32	.76	.14	.17	.80
52	F	57	150	80	.24	.33	.72	.20	.28	.72	.15	.21	.72	.14	.18	.74	.14	.18	.76

よる t, t/d 及び d の 値 の 変 動

100	120	140	160	180	200	220
t t/d d	t t/d d	t t/d d	t t/d d	t t/d d	t t/d d	t t/d d
.20 .21 .94	.20 .22 .94	.12 .13 .92	.12 .13 .94			
.26 .24 1.10	.10 .12 1.16	.12 .13 1.20				
.12 .18 .74	.12 .16 .76	.11 .15 .76	.12 .15 .78	.12 .16 .76		
.20 .28 .92	.14 .15 .92	.12 .13 .92	.12 .14 .88			
.22 .21 1.04	.20 .20 1.02	.16 .15 1.02	.12 .12 1.02	.08 .08 1.00		
.24 .20 1.20	.22 .19 1.16	.20 .14 1.14				
.20 .18 1.14	.18 .16 1.12	.18 .16 1.14				
.10 .14 .70	.08 .12 .68	.08 .12 .68	.08 .11 .70			
.12 .12 1.00	.16 .16 1.00					
.12 .11 1.12	.12 .10 1.16	.12 .10 1.16				
.12 .12 1.02	.10 .10 1.00	.11 .11 .97	.12 .12 .96	.08 .08 1.02		
.16 .14 1.12	.16 .14 1.12	.12 .11 1.12				
.14 .17 .80	.12 .15 .80	.16 .19 .82				
.28 .24 1.18	.26 .22 1.20	.28 .24 1.16	.10 .08 1.20			
.28 .27 .96	.24 .24 1.00	.17 .16 1.04	.16 .17 1.04			
.24 .27 .88	.16 .20 .80					
.28 .26 1.04	.20 .20 1.02	.20 .19 .98	.10 .10 1.00			
.16 .13 1.20	.12 .10 1.20	.12 .10 1.16				
.14 .12 1.14	.12 .11 1.12	.14 .12 1.12				
.22 .24 .92	.14 .15 .92	.16 .17 .94	.12 .13 .92			
.26 .25 .94	.16 .16 1.00	.18 .17 1.08	.14 .14 1.02			
.22 .20 .90	.12 .13 .92	.12 .13 .92				
.22 .15 1.10	.16 .14 1.14	.14 .12 1.10				
.26 .23 1.16	.16 .14 1.16	.16 .14 1.16				
.16 .18 .88	.14 .16 .86					
.20 .18 1.08	.12 .11 1.08					
.12 .13 .96	.12 .12 1.04					
.14 .15 .92	.13 .14 .92	.12 .14 .86	.14 .16 .86	.14 .16 .88	.12 .13 .90	.08 .09 .88
.18 .17 1.04	.10 .08 1.08	.08 .07 1.08				
.22 .19 1.16	.18 .16 1.16	.14 .12 1.18				
.14 .16 .88	.14 .16 .90					
.24 .25 .94	.20 .21 .96					
.20 .23 .86						
.22 .20 1.14	.16 .14 1.14	.20 .18 1.08				
.16 .16 1.00	.14 .13 1.06					
.10 .11 .70	.08 .11 .74	.12 .16 .74				
.18 .21 .84	.16 .19 .84	.20 .22 .90				
.15 .18 .84	.12 .14 .86	.12 .14 .88	.16 .18 .86	.12 .15 .82		
.14 .26 .54	.12 .21 .56	.12 .23 .52	.10 .19 .52			
.14 .13 1.06	.08 .08 1.02	.11 .11 1.04				
.10 .11 .92	.10 .10 1.00	.12 .13 .94				
.16 .16 1.00	.12 .13 .90					
.16 .17 .92	.14 .14 .96	.12 .13 .92	.12 .13 .92			
.12 .14 .86	.10 .16 .88	.08 .09 .86	.08 .01 .88	.12 .14 .86		
.16 .18 .86	.09 .11 .84	.10 .12 .84	.09 .11 .82	.08 .10 .78		
.14 .17 .84	.10 .11 .86	.10 .11 .88				
.20 .18 1.14	.12 .11 .94					
.16 .15 1.16	.18 .17 1.08	.16 .15 1.11				
.16 .14 1.16	.14 .12 1.16					
.16 .14 1.10	.20 .18 1.12					
.18 .24 .76	.14 .18 .76	.16 .19 .82	.10 .13 .78			
.13 .17 .74	.12 .17 .70					



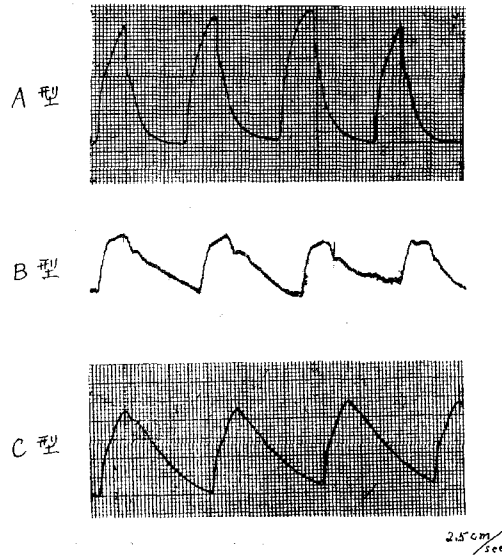
第3図 波頂時間と年齢

起る心血管系の変化の、ある状態を表わすものであつて、血圧によつて一律に決められるものということはできない。

年齢と t/d (後述) についても同様なことがいえる。

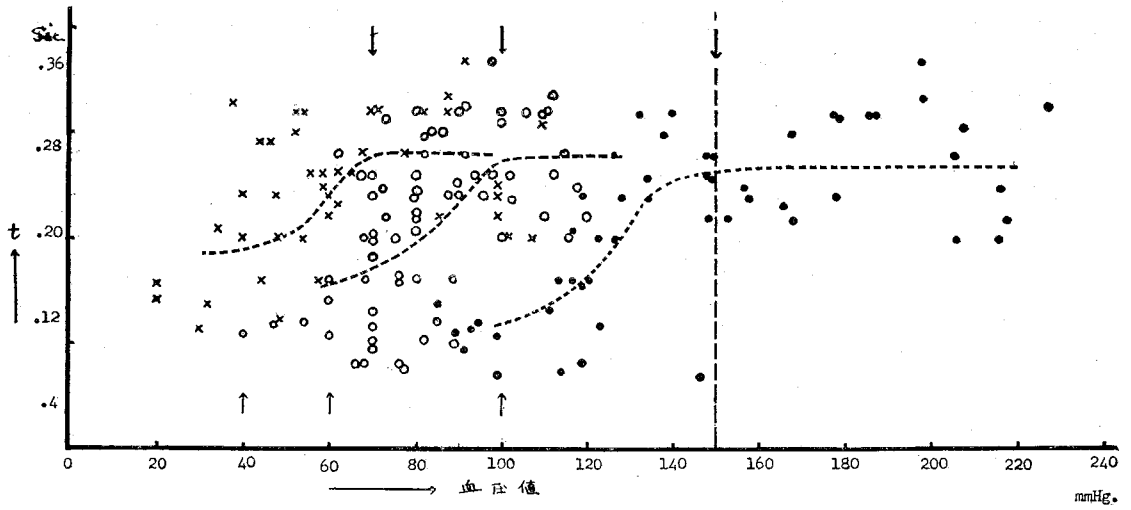
3. 波頂時間 (t) と血圧 (Ps, Pd 及び Pp) の関係

第2表に示された諸値の中から、血圧値 (Ps, Pd 及び Pp) と波頂時間を抽出し、相互の関係について、縦軸に波頂時間を、横軸に血圧値をとつて図表にプロットしたものが第4図である。黒丸は Ps, 白丸は Pd を、そして×印は Pp を表わす。鎖線で結んだものは夫々の平均値をつらねた平均経過である。個々の点についてみることは錯綜するので、平均経過について観察すると、まず、波頂時間の最大は $0.28''$ でこの値に達する Ps は 150 mmHg , Pd は 100 mmHg そして Pp では 70 mmHg であることが知れる。(下向き矢印参照) 平均値からみた波頂時間の最小は、Ps が 100 mmHg で t が $0.12''$, Pd が 60 mmHg で $0.16''$ Pp が 40 mmHg で $0.19''$ である。(上向き矢印参照), そして t は Ps, Pd 及び Pp が増加するにつれて段々延長している。しかし Ps が 150 mmHg , Pd が 100 mmHg , Pp が 70 mmHg , 以上では延

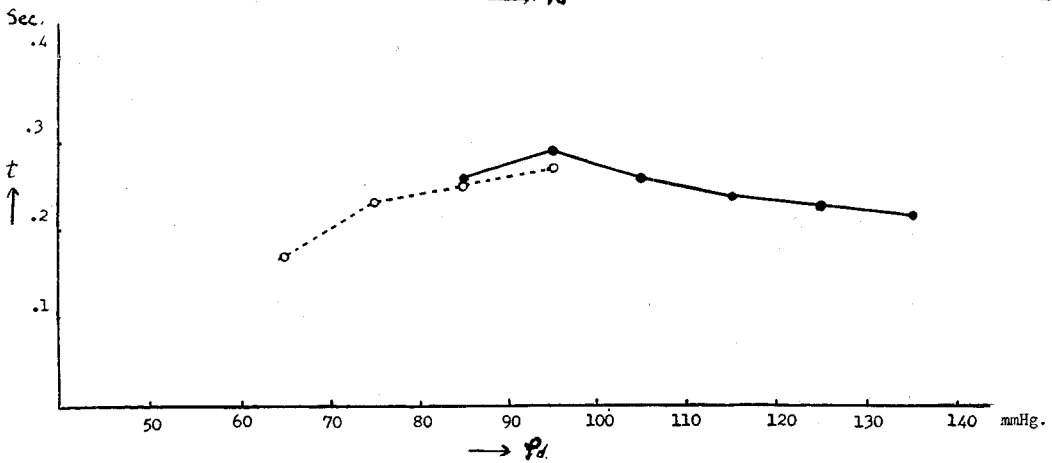
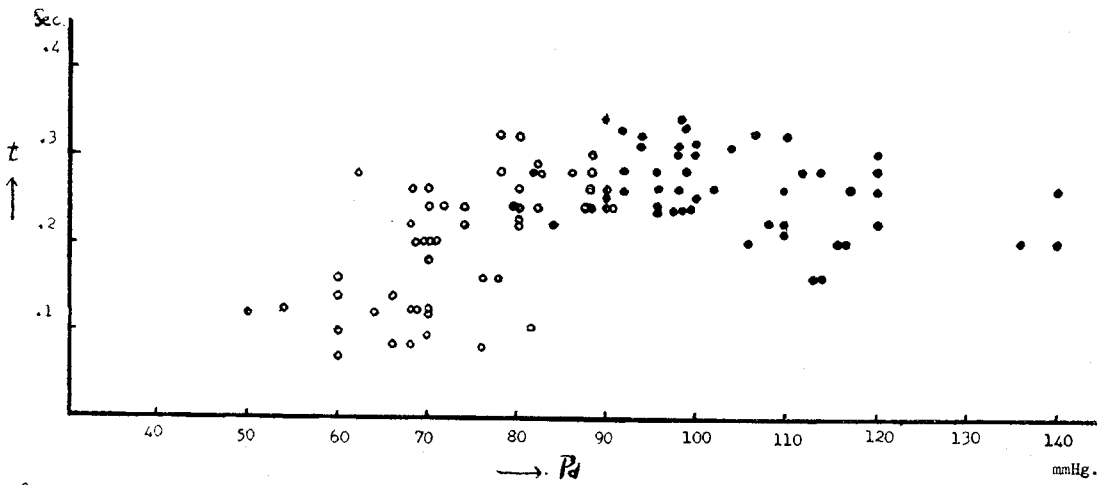


第2図 高血圧症患者の指節脈波 (特徴のある型を示す)

長していない。t が血圧上昇に伴つて延長するのは、Ps で $100 \sim 150 \text{ mmHg}$ の間、Pd では $60 \sim 100 \text{ mmHg}$ までの間、Pp でみると $40 \sim 70 \text{ mmHg}$ であることになる。そして t は Ps, Pd 及び Pp の上昇に伴つてほぼ同じ勾配で上昇している。このことは、ある血圧値に達すると、波頂時間は大きい値をとつたまま固定していることを示している。



第4図 血圧諸値 (Ps, Pd 及び Pp) と波頂時間との関係
 鎖線は平均経過を示す。↓印は波頂時間の最大に達する血圧値を示す。
 ↑印は波頂時間最小の血圧値を示す。



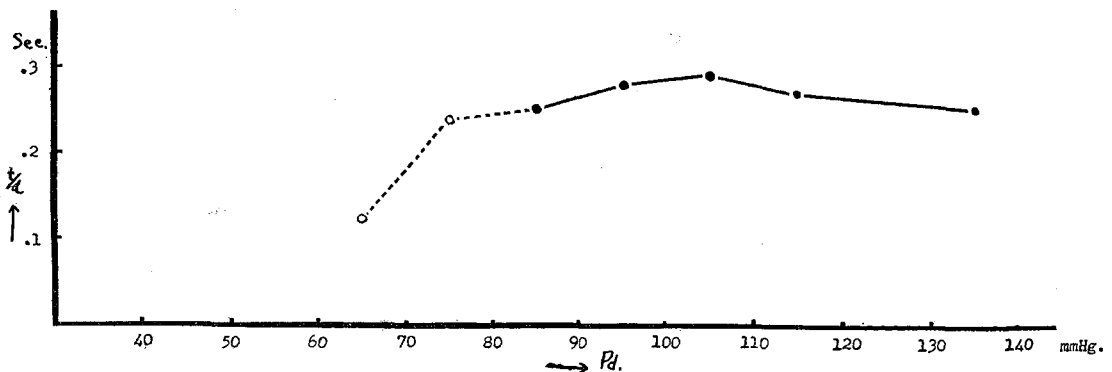
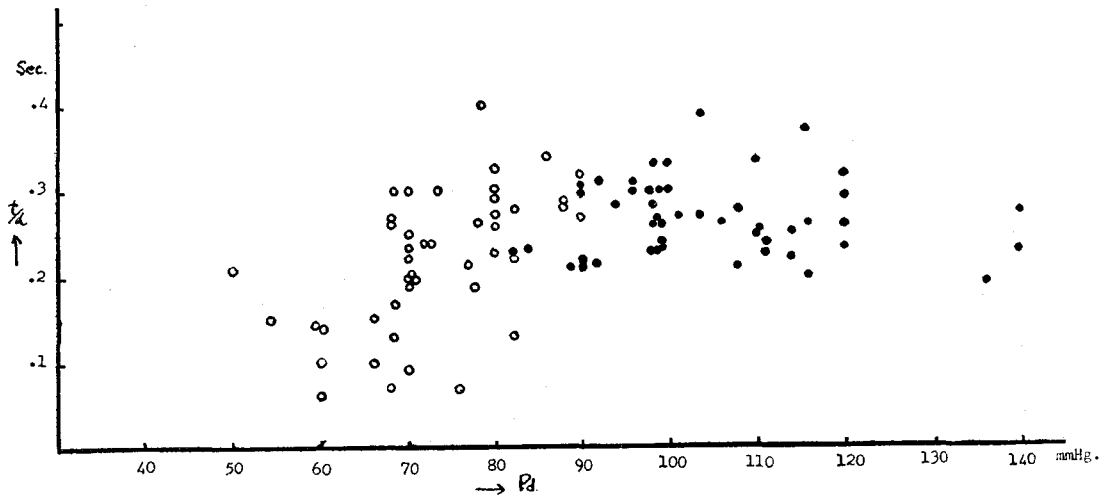
第5図 波頂時間 (縦軸) と拡張期血圧との関係
 白丸は非高血圧者, 黒丸は高血圧症患者

次に、波頂時間と拡張期血圧とは血行力学的に密接な関係があるので、 t と Pd の関係について、高血圧症患者と非高血圧症被検者とを比較した。即ち、第2表から t と Pd の数値をとりだして、縦軸に t をとり、横軸に Pd をとつて両者の関係を図表にプロットしてみると、第5図に示す様になる。対照例では Pd は 50~90 mmHg に亘り、それらの t は 0.07"~0.32" の広さに亘つていて、 Pd が増すにつれて波頂時間は段々延長して行く傾向にある。しかし、高血圧症では t は 0.16"~0.34" に亘り、 Pd が 90 mmHg 位るとき、 t は最も長く、その後は Pd の上昇につれても波頂時間はそれより延長しない。むしろ 100 mmHg をこえる頃から短縮して行く傾向さえ認められる。このことは、第3表及びそれから図示される第5図下に平均経過を以て表された図から一層明らかになる。即ち、対照例では Pd の増加につれて

波頂時間は段々延長して行くが、 Pd が 90 mmHg (これ以上は高血圧症と呼ばれる)の辺りで最も長く、それ以上の値、即ち高血圧症と呼ばれる範囲に入ると、これより延長していない。従つて高血

第3表 拡張期血圧 (10 mmHg 間隔) に
対する波頂時間の平均値

Pd	波 頂 時 間	
	対 照	高 血 圧 症
50 — 60 mmHg	0.12 Sec.	— Sec.
60 — 70 "	0.17 "	— "
70 — 80 "	0.23 "	— "
80 — 90 "	0.25 "	0.26 "
90 — 100 "	0.27 "	0.29 "
100 — 110 "	—	0.26 "
110 — 120 "	—	0.24 "
120 — 130 "	—	—
130 — 140 "	—	0.22 "



第6図 拡張期血圧 (横軸) と t/d (縦軸) との関係
白丸は非高血圧者, 黒丸は高血圧症患者を示す
鎖線 " , 実線 "

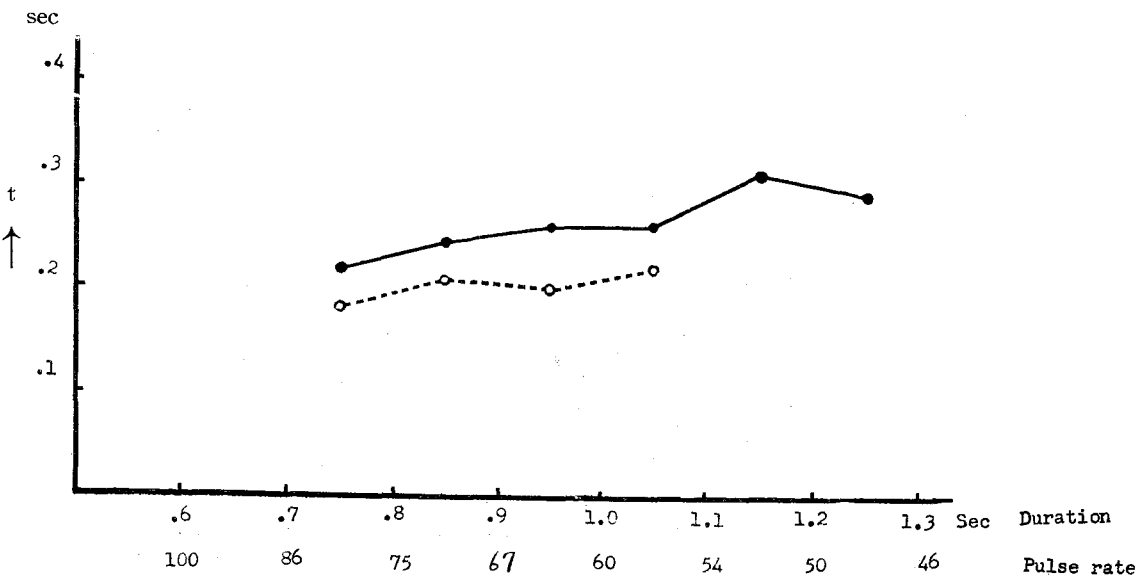
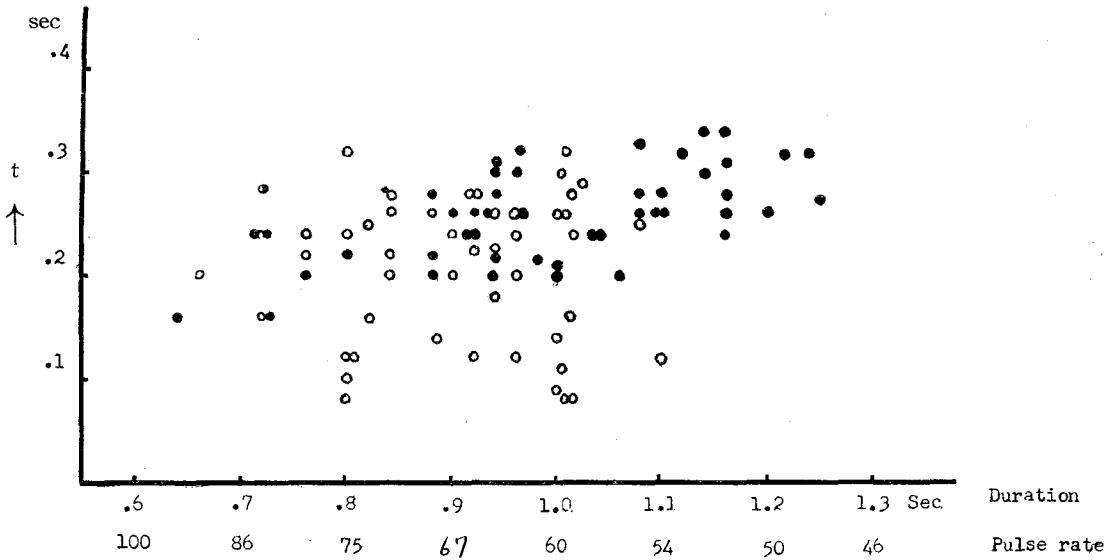
圧症では Pd の増加につれて波頂時間は増大していくとはいえない。これらの平均は第3表の如くである。

4. 波頂時間と脈波持続時間との比 (t/d) と Pd との関係

一つの脈波パタンの波頂時間と脈波持続時間との比、即ち t/d を求め、これと Pd との関係をみると、心搏動の一周期のどの時期に波頂があるかを知ることができる。第2表及び第6図に示す様に対照では t/d の値は 0.06~0.40 に亘り、しかも Pd の上昇につれて増加して行く傾向を示すが、高血圧症では 0.19 ~ 0.39 に亘つていて、そ

第4表 拡張期血圧 (10 mmHg 間隔) に對する t/d の平均値

Pd	t/d	
	対 照	高血圧症
50 — 60 mmHg	0.12 Sec.	— Sec.
60 — 70 "	0.20	—
70 — 80 "	0.25	—
80 — 90 "	0.27	0.24
90 — 100 "	—	0.31
100 — 110 "	—	0.28
110 — 120 "	—	0.26
120 — 130 "	—	—
130 — 140 "	—	0.23



第7図 脈波持続時間 (Pulse Duration) 脈波数 (Pulse Rate) と波頂時間 (t) との関係, 下図は上図の P.D. 0.1" 間隔の平均値相互を結んだ平均経過を示す。白丸は対照例, 黒丸は高血圧症患者の点を表す。

の分布の中も対照より狭い。次に平均経過を表示すると第4表と第6図下の如くである。

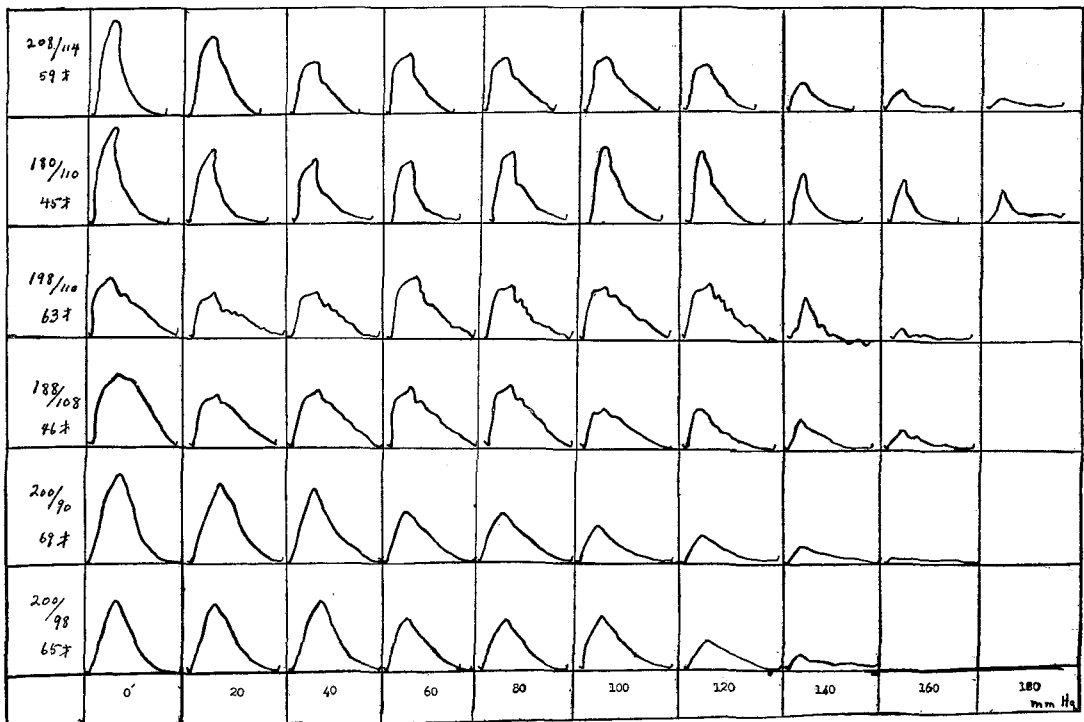
対照では Pd が 90 mmHg まで、t/d は増加するが 90 mmHg をこえて所謂高血圧といわれる範囲に入ると変動の中も小さくなり、平均値だけが対照よりも僅かに大きく、90 mmHg 以上でも 0.25~0.23 の間にあつて目立つた変動は示さない。即ち対照例のように Pd 増加に伴つて t/d は増加しないことを知る。

脈波持続時間 (d) と波頂時間 (t) との関係：高血圧症ではその成因により Tachycardia 又は Bradycardia を呈することがあるが、Bradycardia を呈することの方が多い。そこで d と t がどんな関係にあるかを対照例と高血圧症患者と比較してみたのが第5表で、これを図示したのが第7図である。即ち縦軸に波頂時間、横軸に波頂は高血圧及び脈波数を取り、白丸は対照例、黒丸は持続時圧症患者を表した。第7図下は 0.1" 間隔の t の平均値を求め (第5表) 平均値の示す点の間を結んで、夫々の平均経過を示したものである。対照例は 0.075"~0.32" の広い分布を示し、又脈波持続時間は 0.66"~1.10" に亘つている。それに比して黒丸はすべて 0.16"~0.34" の間に分布し

ていて、白丸よりも分布の範囲は狭く、又脈波持続時間も長い方、即ち徐脈の方に分布の点が多いことがみられる。このことは対照例と高血圧症例との夫々の平均経過から更に明らかにされる。即ち、概して高血圧症例の方が対照例よりも波頂時間は長く、又脈波持続時間の長い方にまで点がのびている。この図から高血圧症患者の方が対照に比して同じ脈波持続時間であつても波頂時間が長いことがわかる。

第5表 脈波持続時間に対する波頂時間の平均値

	波 頂 時 間	
	対 照	高 血 圧 症
0.5 — 0.6 Sec.	0.12 Sec.	0.20 Sec.
0.6 — 0.7	0.20	0.16
0.7 — 0.8	0.18	0.22
0.8 — 0.9	0.21	0.24
0.9 — 1.0	0.20	0.25
1.0 — 1.1	0.20	0.26
1.1 — 1.2	—	0.29
1.2 — 1.3	—	0.30
1.3 — 1.4	—	—



第8図 加圧による指節脈波のvari方

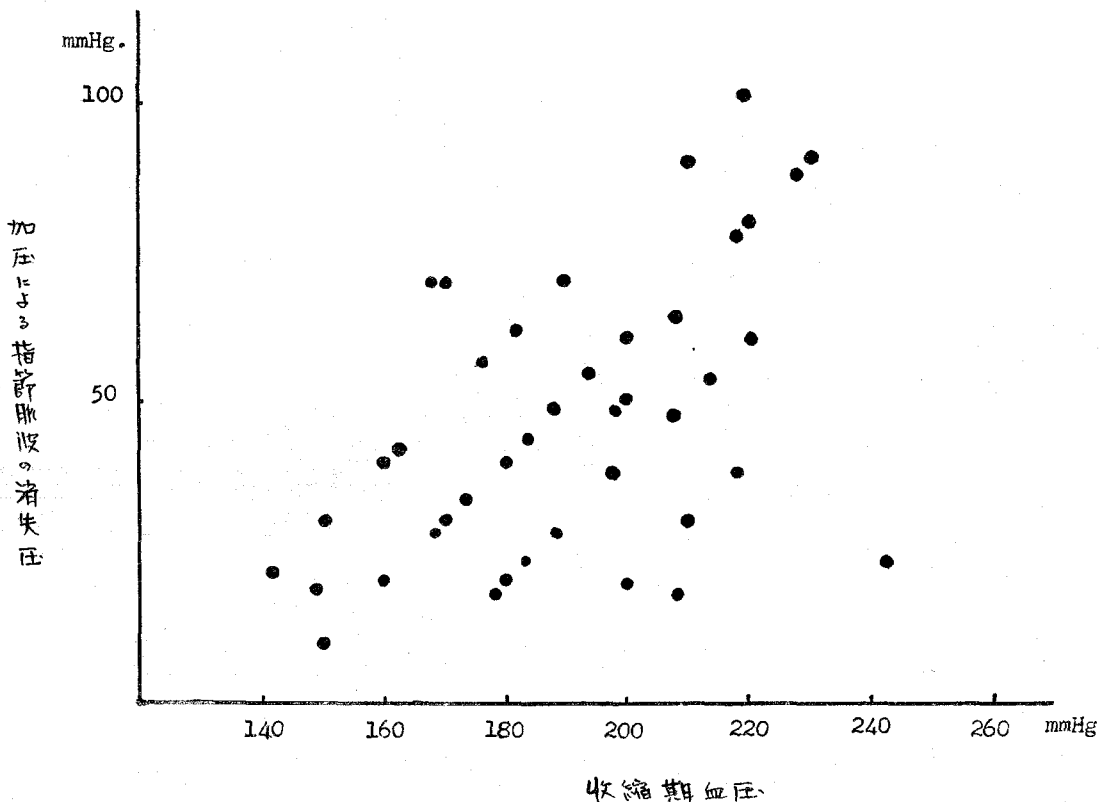
上腕加圧の指節脈波の変動

正常人（高血圧でない被検者）について上腕加圧時の指節脈波の変動の様相については、当教室の佐々木²¹⁾が述べているが、高血圧についてこの様な取扱いをした報告は未だみられない。著者は高血圧症患者について佐々木と同様な取扱いをして、正常人の対照例と比較し次の如き成績を得た。

Riva-Rocci 型マンシエットを上腕に巻き、上腕を 20 mmHg 間隔で加圧してゆくとき、夫々の加圧の安定した段階において同側の指節脈波を記録するときには、高血圧症患者の指節脈波パターンも変化する。即ち第 8 図にその 2~3 の例を示す。すでに述べた A 型のものは加圧が増すにつれて段々波頂も低くなり、波頂の形も加圧をより増加するにつれ円味をおびるとか平坦化し、又上方凹の型を示したりしながら変化し、加圧につれて切痕もまた著明になつたり、不明瞭になつたりして変化する。そして 120 mmHg~140 mmHg 以上より加圧を増加すると脈波全体が小さくなり、搏動による成分も著明に縮少し、下降脚の勾配が著しく緩やかとなり、遂には脈波は P_s よりやや低い加

圧で消失する。B 型もまた全体としては A 型とほぼ同じ傾向を示すが P_s と加圧の差は A 型の場合より大きい場合がある。C 型は波頂が段々鈍くなりつつ低下し、40~60 mmHg 加圧のときに切痕が著明に出現するものもあるが、その後、加圧が増すにつれて再び切痕は消失し脈波が全体として小さく、B 型に比べて加圧が P_s より更に低いところで既に脈波は出現しなくなる。このことを脈波の消失したときの加圧とその被検者の P_s との関係からみると（第 2 表の加圧時の数値の記入していない値を一応消失圧と見做した）第 9 図を得る。即ち縦軸に脈波が出現しなくなった加圧と P_s との差を mmHg 単位でとり、横軸にその被検者の P_s をとつた。するとこの図から全体の傾向として、 P_s が高い方が、脈波の消失するときの加圧と P_s の差が大きいように見られる。

このように波形自身の変化はとりもなおさず波形構成の諸因子、即ち波頂時間、振巾などが変化していることを意味している。それで波頂時間、波頂時間と脈波持続時間との比、振巾などについて加圧による変動の様相を加圧前の数値と比較す



第 9 図 収縮期血圧（横軸）と指節脈波の消失する加圧値（縦軸）との関係

るとすでに示した第2表の如くなる。それを各項別に百分比で表わすと第10図、第11図、第12図の如くなる。以下各項目別の変動の様態について述べる。

1) 波頂時間の変動

加圧検査を行つた52例についての成績は第10図に示すように、上腕加圧の程度が増すにつれて波頂時間も変動し、その模様は加圧増加につれて徐々に波頂時間が短縮してゆくものが多い。しかし中には加圧増加の途中で一過性に波頂時間がのびる例も稀にみられ、また加圧の程度を増していても波頂時間は殆んど変動せず、その被検者の収縮期血圧に近くなつて急激に波頂時間が短縮して消失に至る例も数例みられた(第10図に個々の例を示す)。これらの被検例の加圧による波頂時

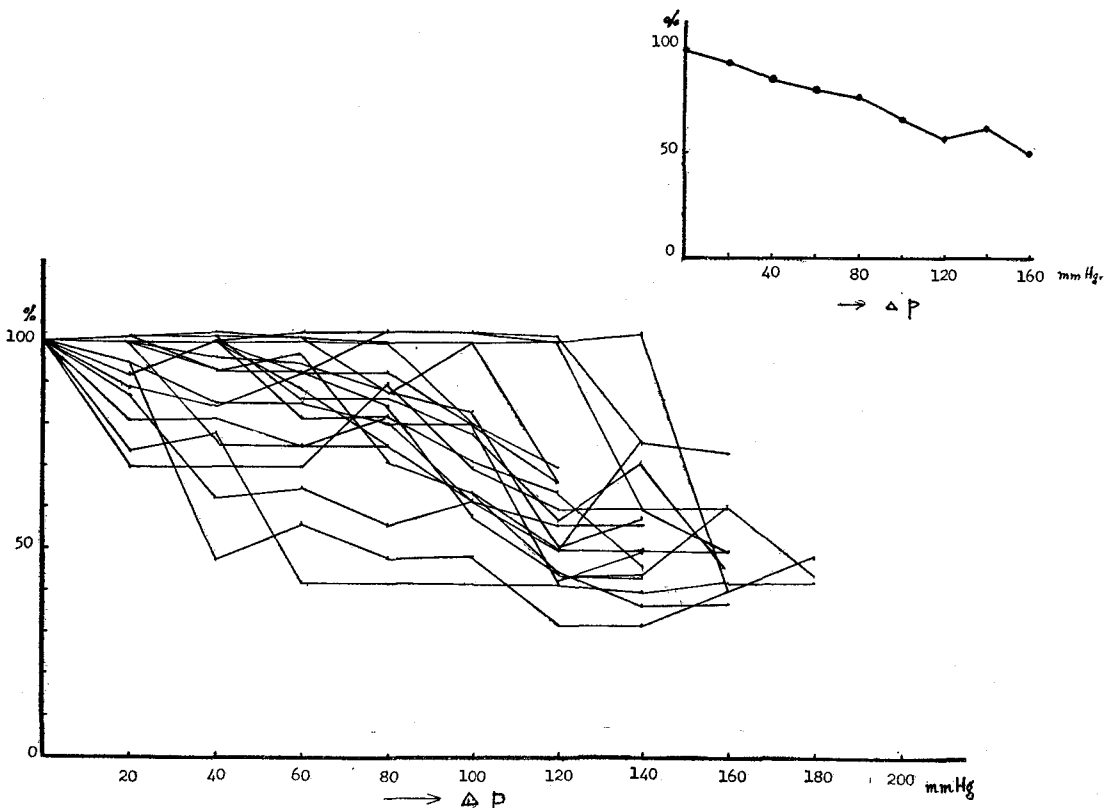
間の平均経過を求めてみると更にこの傾向は明らかになる。下記の第6表はその加圧程度と加圧前の値に対する百分比を表す。

即ち加圧0のときの波頂時間を100%として縦軸にその百分比を、横軸に加圧程度を水銀目盛でとつたものが第10図である。加圧が段々増加するにつれて波頂時間は段々短くなる。いいかえれば心搏動によつて血管壁がおしひろげられるのに要する時間は、測定する指節より中枢端で圧迫されると、圧迫の程度が増すにつれて短くなることを示している。それは上腕加圧によつて指節部の動脈が何らかの制限を受けていることを示しているとみられよう。

2) 加圧による波頂時間と脈波持続時間の比：波頂時間を脈波持続時間で除した値(t/d)は、

第6表

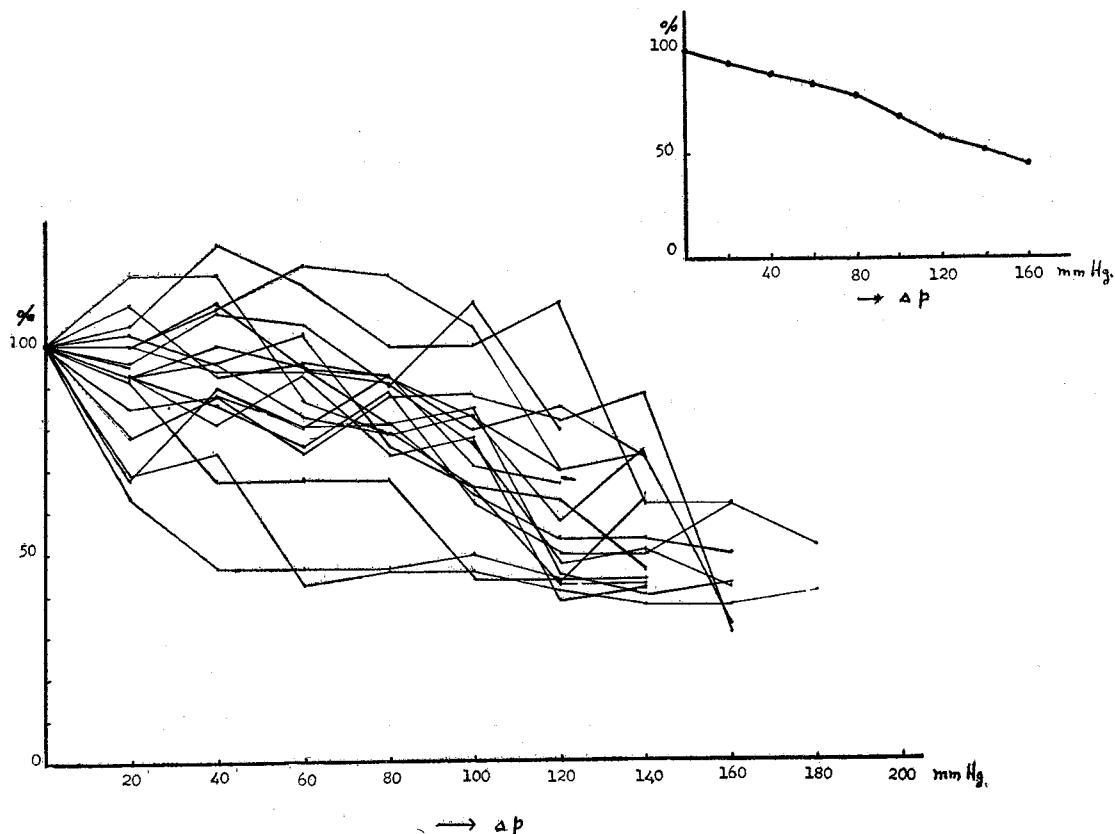
加 圧	0	20	40	60	80	100	120	140	160 mmHg
比	100%	94.1	87.1	81.3	78.3	68.0	58.2	63.9	50.0



第10図 加圧による t の変動の様態

第 7 表

加 圧	0	20	40	60	80	100	120	140	160 mmHg
比	100%	94.3	89.6	84.8	79.3	69.8	58.5	52.6	46

第 11 図 加圧による t/d 値の変動の様相

一つの脈波周期の中で波頂がどの時相にあるかを示してくれることは既に述べたが、加圧によつても心搏数は変らないから、波頂時間が変れば当然この t/d 値も変動する。その模様は波頂時間の項で述べたように、殆んど大多数の例では、加圧が増加するにつれて縮小する傾向を辿るが、中には加圧増加の途中で脈波持続時間の値が部分的に増加し、その後減少の傾向をとるものも少数例にみられた。個々の例を第 11 図に示す。高血圧における特徴ある傾向は、やはり多数例の平均経過を観察することによつて端的に表現されよう。即ち第 7 表はその平均を示す。

即ち加圧増加につれて (t/d) は段々と減少してくる。

3) 加圧による脈波振巾の変動:

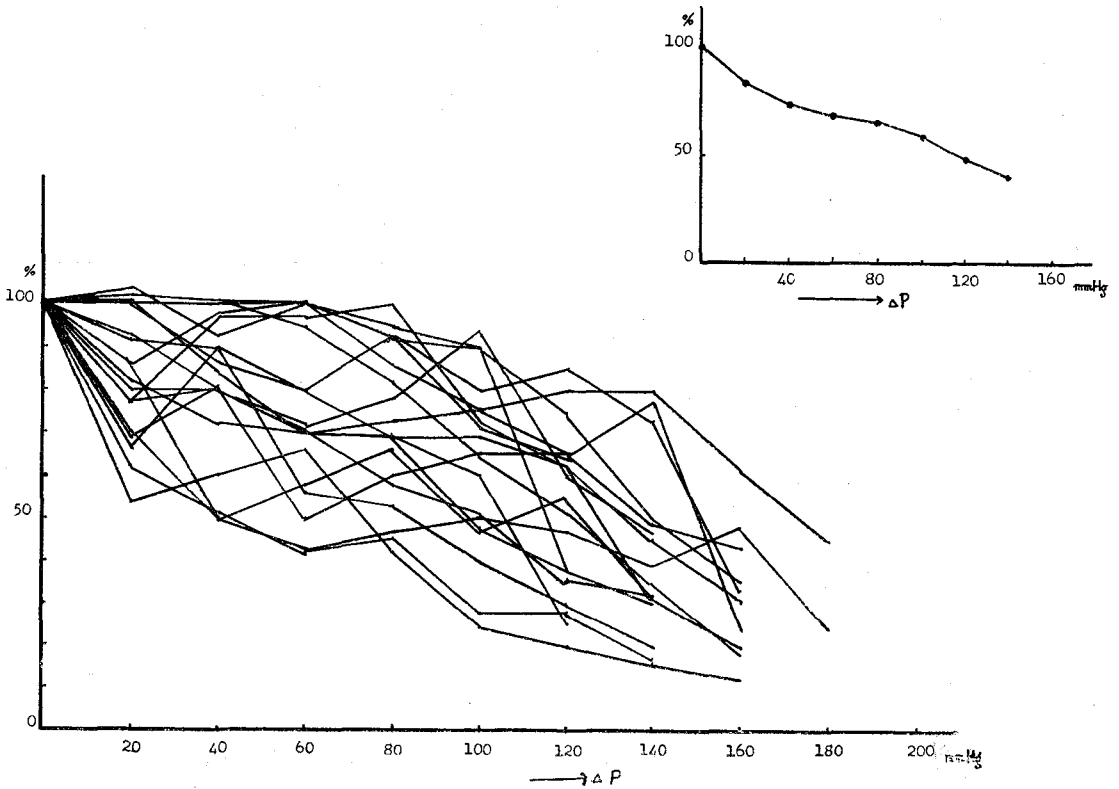
上腕加圧によつてその末梢端である指節で記録される脈波パタンの波頂振巾も変動する。その模様は大多数の例では加圧増加につれて徐々に振巾が減少してゆくが、中にはある加圧程度の時に一時振巾が増大し、その後徐々に減少してゆく少数の例もみられた。個々の例を第 12 図に示す。前 2 項で述べたと同様に高血圧症の特徴は、多数例の平均経過によつて明瞭に示される。第 8 表はこの模様を示している。

即ち加圧増加につれて振巾は徐々に減少する傾向があることを知る。

波頂時間、波頂時間と脈波持続時間との比及び振巾は、加圧を増すにつれて徐々に減少してゆく傾向を示したが、この減少してゆく割合を比較してみると、この 3 者の平均経過は加圧 120 mmHg

第 8 表

加 圧	0	20	40	60	80	100	120	140	160 mmHg
比	100%	83.0	74.7	69.1	66.0	59.6	48.7	40.0	—



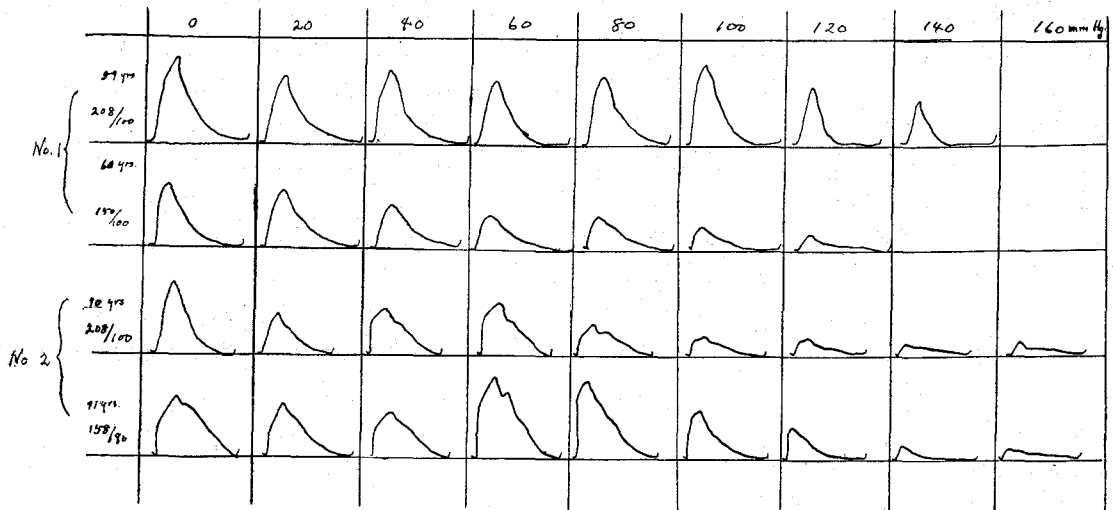
第 12 図 加圧による振巾 (h) の変動の様様

まではほぼ同じ勾配で減少してゆく。このことは同一被検者についての指節脈波が加圧の増加につれても、殆んど立上りの勾配が変らず、加圧によつて変わるのは波頂部分、いかえれば、より搏動性の部分即ち脈波の尖端の様様が変わつてくることを示している。同一被検者の加圧による波形の変化を重ねたもので第13図に示す様に同一被検者で約10カ月の間隔をもつて血圧の下降したときの脈波パターンについてみるとそれは10カ月後のパタンの加圧0の時の加圧40 mmHgの時の波形に類似し、しかも10カ月後の血圧はPsで約50 mmHg下降している。これが加圧40 mmHgの時のパターンと類似し、しかも振巾の変動が加圧増加につれて一過性に増大する様式を示すことから同一被検者で血圧が降下する時は、加圧検査によつてあらかじめ知られた脈波の変動がみられ、しかも薬剤投与、安静などの治療効果の及

ばず影響が、実際脈波の立上りには殆んど変りなく、振巾や波頂時間の変動としてのみ表現されることは興味深いことであり、なお多くの検討が望まれる。

IV 考 按

以上高血圧症患者を対象として、その指節脈波の取扱いからえられた成績について述べた。しかし、血圧の正常範囲を構成するものは何か、すべての人が年齢と共に血圧が上昇するかという問題は、加齢による脈波の変化を取扱う際に、又血圧測定を一つの指標として脈波を考察する際に、当面することである。それで上腕血圧測定によつて高血圧症患者と分類されている被検者について、まず、血圧、年齢などを一応吟味したわけである。そして拡張期血圧は、年令的には殆んど変つていないという最近の10万人に及ぶ統計結果²²⁾からみて、著者の対象とした被検者は、高血圧症



第 13 図 10 ケ月間隔をおいた同一被検者の脈波パターン (加圧時), 横軸は加えた圧 (ΔP) を示す。

患者の対象として適当であるとみとめたので、これらの被検者からえられた指節脈波についての実験成績について考按しようと思う。

高血圧症について

一般に高血圧症は arterial hypertension (これを essential, renal, hormonal, neurogenic, vascular とに分ける) と systolic hypertension (之を cardiac output の増加によるものと、大動脈の弾力性の減少によるものとに分ける) の如く分類されている。実験的にも Goldblatt 法の如き高血圧を惹起する種々の機序について多数の研究がなされて今日に至っている。

高血圧の生理学的因子について、Wiggers⁽⁶⁾⁷⁾⁸⁾ は血管の弾力性的変化と小血管の内径や末梢抵抗の変化とを2つの大きな要素として挙げ、これに続く二次的な変化としての心機能と血行力学的な要因が、この高血圧の取扱いを複雑にしていると述べている。心臓血管系の構造が一つの閉鎖系であつて、ポンプとそれに連る管の系と見做すことができ、電気的模型として或る程度電圧と流路抵抗と、そこを流れる電流として考えることができる点からしても、血圧を規定する因子は単純な、しかも個々に独立したものでないことは明らかである。それ故に血圧は当然、心機能と血液性状及び血管の諸性状、機能の相関の上に成立する複雑な様相を示しているから、上腕血圧測定値のみをもつて成因機序を覗い、又、その分類をすることは困難である。そして血圧上昇の機軸につい

ては、心搏出量、心搏数などの心臓側の因子、血液側の因子、即ち循環血液量、血液の性状、そして血管側因子、なかんずく、血管の口径、厚さ、弾力性など、それらから形成される末梢抵抗の増加などが問題とされている。

心血管系における圧変動の模様をねらう手段として、聴診法による血圧測定のみでは充分ではない。近年発達した心カテーテル法による圧脈波の記録も操作の煩雑さ、観血的であることなどから日常の routine method として用いることは出来ないし、心電図から知れることは心筋の電気的性質であつて、何れもこれらの諸手段が促えるところは循環動態の夫々の一面である。これに比して脈波法は全動脈系において適用の範囲が広く、体表において搏動のふれるところどこでも記録することができ、操作が簡易で非観血的に血行動態を観察でき拡大率も大きいという利点があるので、19世紀の終りから20世紀の初めにかけて主にドイツで研究が発展してきた。そして指節脈波の如き末梢脈波を取扱つてこれから高血圧を論ずる際には、主として細小血管における血管搏動の様式が問題となる。筋肉型といわれる末梢血管では神経性血管収縮が抵抗血管のパターンを修飾すると Wiggers は述べているが生体の指節で脈波を記録する際に、著者は可及的安静を保ち、精神感動などの影響がいらぬように注意した。

このようにしてえられた高血圧症患者の指節脈波パターンの特徴は、全体として高令者にみられる

ように単純な型を呈しており、波頂に至る時間が長く、波頂は円味をおび、反撞隆起や切痕があまり著明でなく、切痕は比較的波頂に近い高いところにある。この様相について Dillon & Hertzman¹⁰⁾ は矢張り高血圧症患者の指節脈波は反撞隆起がなくなり、三角形状を呈していることを指摘している。また悪性高血圧症の例を引用して、反撞隆起がみられない場合に指血管を弛緩させるような薬剤を与えると反撞隆起が出現してくるが根本的な型は変らぬと述べている。しかも著者の示した10カ月の間隔をおいてみた症例(第13図)では血圧下降に伴って型も変り、加圧法による変動の様式も変ってくることを示した。症例の撰択や薬剤投与の差異、観察経過の長短によるのかも知れない。Grevén & Federschmidt は高血圧症では波頂(primary wave)と切痕の間に出現する小波をZwischenschlagと呼び、これは正常人の脈波ではみられぬと述べているが、著者の示したA型のパタンの波頂に近いところにみられる小波がこれに当るものと思われる。そして波らは末梢抵抗が増加するこの小波が著明になること、この小波が認められることは器質的な変化が関与するのかも知れないと推定している。著者は多数例の高血圧症患者の指節脈波について、脈波パタンの類似したものを集め、他の所見と考え合せて、一応3型に分類したが、これらの分類別成因機序についてはなお今後の検討に俟つところが大きい。

波頂時間(t)及び脈波持続時間(d)で波頂時間を除した値(t/d)は、正常人では加齢につれ、又Pdの増加につれ、延長してきて、年齢ではほぼ40才代、Pdでは約90 mmHgで最大値を示すことは佐々木の所見²¹⁾と一致し、著者は更に高血圧症患者を対象として同年代の高令者についてしらべた結果高令者においては年齢、血圧値にかかわりなく、波頂時は一般に長く、別に高血圧症患者であるから波頂時間が長くなるとはいえないと述べた。しかしHertzman¹⁰⁾や永井、石谷の報告¹⁹⁾は高血圧症患者では対照に比してtは長いと述べていることと異なる。永井、石谷が述べているのによると高血圧症患者の脈波は立上りが2段階になるので波頂時間は長くないというが、波頂を第1段の波頂でとるときにはそれ程長くない。このことは立上りが2段階を示して波頂

に至る波形(B型)でも加圧法によつて第1段の波の波頂の方が第2段の波頂より高くなることから波頂時間の測定には第1段の波頂をとることが適当であるといえよう。従つて永井、石谷のつた波頂時間が長い理由はこの辺の差異によるものであらうと思われる。又、著者は高血圧にみられる長い波頂時間は加齢による老化の一現象と考えている。

上腕加圧による指節脈波パタンの変動の様相について正常人と高血圧症患者で異なる点をあげてみよう。第一に正常人ではPsから10~30 mmHgの低いところの加圧程度で脈波が消失するが、高血圧症患者では20~60 mmHgの時に消失する。その第二は高血圧症患者では加圧しない時に切痕がみられなかつた場合にも、加圧が40~60 mmHgの程度の時に明らかに切痕や反撞隆起がみられるようになることである。第三は加圧による波頂時間、波頂振幅、波頂時間と脈波持続時間の比が、何れも加圧増加につれて徐々に減少してゆく型を示すことである。正常者の場合に3型に分けられた中でも、高血圧症患者はその中の1型の変動様式しかとらないことが特徴である。第8図で示すようにA型のパタンが加圧20~40 mmHgでB型のパタンに類似した有様を示すことは、加圧によつて波頂に近い部分、即ちより搏動性の大きい部分が加圧によつて削りとられていると見做せよう。このとき加圧が増加しても波頂振幅や波頂の型は変るが立上りの勾配は殆んど変らない。従つて波頂振幅を規定する要因はむしろ脈圧にあり、立上りの勾配規定するものは、血管の弾力性が関係するものと見做されよう。又、加圧をしないときの指節脈波はパタンがどの型を示そうと、波頂時間や波頂時間と脈波持続時間との比は殆んど変らない。これはDillon & Hertzman¹⁰⁾の成績とも一致する。従つて波頂振幅の大きいものは立上り勾配が急になつている。

斯様に、高血圧になる初期は何らか不明の因子が血管壁に作用して、末梢抵抗を高めることから始まると考えてみよう。これによつて組織の必要を充すために心機能は亢進し、Psは一時高まる。すると血管壁はこれによつて厚さを増す。厚さを増すと末梢抵抗は一過性の様相からむしろ持続的な様相を加えてくる。すると更にPsは高まらなければ充分組織に血液を供給することができな

い。従つて血管壁は厚さを増しつつ内径も狭められるが必要な血流を通過させるために直径は増大する方向に向う。又、一方は活動性肥大を示し、かくすることによつて年月を要し経過してゆくうちに心臓側も又、血管側も、夫々血圧上昇を維持するに充分な変化をして段々その状態は膠着してゆく如くに考えられる。従つて脈波パターンからみた有様は、まず *labil* な血圧変動に伴う如きパターンを示し、Pd は僅かに増加し、従つて Ps も増加するが、この有様は変動しやすい状態を示す。段々に Pd の上昇につれて Ps はより増加して脈圧は著しく大となる。このとき指節脈波は A 型パターンを示そう。そして血管壁の弾力性が、内径、厚さなどの変化により低下してゆくと、B 型の如きパターンを示す。更に硬化の像を呈してくると C 型を示して固定した如き様相を呈すると考えられよう。実際に A 型に加圧して B 型パタンの出現することは、指節より上方で血流が減少した状態、即ち血流抵抗が増した状態と考えることができる。C 型パターンは全身に動脈硬化症を呈する症例に多くみられる。即ち圧変動が一伸展性の減退した— *rigid* な血管を通して末梢に伝えられる有様であり、このパターンを示すときには、眼底硬化像も K.W. 分類で II~III 度を示している。

この脈波計がとらえるところは、脈動による血管壁の動きであるから、高血圧症を脈波パターンから研究する上に、前に述べ来たつた事実を基礎として、今後多くの検討によつて更に発展せしめられ、実際臨床応用の開拓が期待されるところである。

V 結 論

1) 著者は電気容量脈波計を用い、高年者の高血圧症患者 100 名を対象にして、指節脈波を記録した。

2) 高血圧症患者の指節脈波パターンは凡そ 3 型に分類することができる。

3) 波頂時間は平均値が 0.26" で同年代の非高血圧症患者 (平均値が 0.25") より高いとはいえない。

4) 波頂時間との血圧の関係をみると、平均値でみると波頂時間は 0.28" で Ps が 150 mmHg, Pd は 100 mmHg, Pp は 70 mmHg で最大をとり、その後、血圧が上昇しても、その値は増加しない。又は t が最小値をとるのは Ps が 100 mmHg

で t が 0.12", Pd が 60 mmHg で 0.16", Pp が 40 mmHg で 0.19" である。t の最小値から最大値に向つては Ps, Pd, Pp 共にほぼ同じ勾配で上昇する。

5) 高血圧症の脈波パターンが変つても、波頂時間の値は変りがない。

6) 上腕加圧により指節脈波の変動を見るとどの型でも加圧により型が変る。

7) 40~60 mmHg, 加圧によつて切痕や反撞隆起が著明に出現する。

8) t, t/d, h は何れも加圧増加につれて減少する。

9) 高血圧症患者の脈波は Ps より 20~60 mmHg 低い加圧で脈波が消失する。収縮期血圧が高い方が、収縮期血圧と脈波の消失する加圧度との差が大きい。

10) 加圧によつて変る主な脈波の成分は、脈波の先端部、即ちより搏動性の大きい部分である。

稿を終るに臨み、終始御指導御教授を賜りました 齋島 高教授、直接御指導をいただきました清原迪夫講師に厚く御礼申し上げます。

VI 文 献

- 1) Müller, O. and Weiss, E. : Deut. Arch. Klin. Med. 105 321 (1911)
- 2) Bonsdorff, B. : Ztchr. ges. exp. Med. 86 74 (1933)
- 3) Greven, K. and Federschmidt, H. : Plüger's Arch. ges. Physiol., 242 617 (1939)
- 4) Mathes, K., Gross, F. and Gopfert, H. : Plüger's Arch. ges. Physiol., 242, 437 (1939)
- 5) Goetz, R.H. : Brit. J. Surg., 27, 506 (1940)
- 6) Wiggers, C.J. : The Dynamics of Hypertension. Am. Heart J., 16 515-543 (1938)
- 7) Wiggers, C.J. : Circulatory Dynamics. Grune and Stratton New York (1952) 1-33 68-70
- 8) Wiggers, C.J. : Physical and Physiological Aspects of Arteriosclerosis and Hypertension. Ann. Int. M., 6 12-29 (1932)
- 9) Wiggers, C.J. and Wegria, R. : Active Changes in Size and Distensibility of the Aorta during Acute Hypertension. Am. J. Physiol., 124 603 (1938)
- 10) Dillon, J.B. and Hertzman, A.B. : The Form of the Volume Pulse in the Finger Pad in Health, Arteriosclerosis and Hyder-tension.

- Am. Heart J., **21** 172—189 (1941)
- 11) **Uehata, T.** : Nippon Clinical Angio-cardiology, **4** 193 (1938) 10) より引用
 - 12) **Matoba, K.** : Acta scholae med. univ. Kioto, **16** 275 (1934) **16** 283 (1934) **16** 301 (1934) 10) より引用
 - 13) **Yamaguchi, T.** : Acta scholae med. univ. Kioto., **12** 21 (1929) 10) より引用
 - 14) **古林光一** : 日循病 **3** (11) 490—493 (昭13)
 - 15) **松尾 昇** : 日循病 **3** (1) 8—10 (昭12)
 - 16) **栗本 定** : 日循病 **7** (1) 1—5 82—85 (昭16)
 - 17) **永井精吾** : 応用電気研究所彙報 **5** 192 (1953)
 - 18) **箕島 高** : 医学エレクトロニクス **173—182** 南山堂 (昭31)
 - 19) **永井精吾・石谷邦介** : 応用電気研究所彙報 **6** 88—90 (1954)
 - 20) **藤田とく** : 電気容量脈波計による人体動脈波の基礎的研究東女医大誌 **29** (12) 41—56 (昭34)
 - 21) **佐々木ハナ** : 電気容量脈波計による脈波の研究東女医大誌 **29** (11) 121—137 (昭34)
 - 22) **Lasser, R. and Master, A.** : Observation of Frequency Distribution Curves of Blood Pressure in Persons aged 20—106 yrs. Geriatrics, **14** (6) : 345—360 (1959)
 - 23) **Maltby, A.B. and Wiggers, C.J.** : The effects of Partial and Complete Occlusion on Pressure in Compressed Arteries. Am. J. Physiol., **100** 604 (1937)
 - 24) **Wiggers, C.J.** : Physiology in Health and Disease. Fifth Edition. Lea and Febiger Philadelphia. (1951) 681
 - 25) **Fulton, J.** : Textbook of Physiology. 17th Edition W.B. Saunders Co. Philadelphia & London. (1955) 720—754
 - 26) **Fishberg, A.M.** : Hypertension and Nephritis. Fifth Edition. Lea and Febiger. Philadelphia. (1954)
 - 27) **Burch, G.E., Ray, C.J., Berensen, G.S.** : A Study of the Volume-time Course of the Pulse Wave of the Finger-tip. Am. Heart J., **43** 844 (1952)
 - 28) **Bramwell, C. and Camb, M.A.** : The Arterial Pulse in Health and Disease. Lancet., **31** 238—247 (1937)