

〔特別掲載〕

(東京女医大誌 第29巻 第12号)
頁1109—1124昭和34年12月電気容量脈波計による人体動脈波の
基礎的研究

第1報 末梢及び中枢脈波の波形とその分析

東京女子医科大学第一生理学教室 (主任 養島高教授)

藤 田 ト ク
フジ タ

(受付 昭和34年11月2日)

I 緒 言

左心室の収縮と弛緩によつて大動脈に生じた血管壁の圧変動は、血管の伸展性又は弾性によつて末梢に伝わり、末梢血管の内径の変化又は血管容積の変動として現われる。これが動脈波（以下、脈波と略す）である。

脈波を描記する脈波計は Marey (1860) によつて初めて考案され、これによつて脈波の研究は相継いで発表された。即ち Landois (1872), Moens (1878), V. Kreis (1892) 等の研究が表われた。

当初は器械的方法が用いられたが、Frank²⁾ (1899) が脈波の理論と圧力計の理論を発表してから光学的方法が採用され、更に方法の改良が行われ、Wiggers 等¹⁵⁾ (1924) 及び Hamilton 等⁶⁾ (1934) の器械が使用され、更に進展して Lilly J.C.⁸⁾ (1942), Nyboer 等¹³⁾ (1943) の考案した装置が発表された。

我国では真下等⁹⁾ (1935) により Atzler 及び Lehmann¹⁾ (1932) の DieLektrographie を応用した方法が次々に発表され、これによる実験結果も多数発表されているが、余り注目されずに今日に到っている。

我国における脈波の研究は斯様に微々たるものであつたが、養島等¹⁰⁾ によつて電気容量脈波計が考案され、日本人について集団的研究計測がな

されたことは、今日心臓及び血管の疾患が文明病であり、老人病であると考えられ、これに対する対策が各方面から考慮されている際、有意義のことと云うべきである。そこで著者はこれを用いて健康人の末梢脈波（指動脈、橈骨動脈、上腕動脈、大腿動脈、足背動脈）並びに中枢脈波（鎖骨下動脈、総頸動脈）について基礎的観察を行った。

II 実験方法

1. 装置

本装置（青木電子研究所製作）は養島¹⁰⁾ 等の考案した装置を改良したもので、その原理は絶縁固定極板と脈波によつて生ずる皮膚電極の微動に起因する蓄電器極板の距離の変化即ち電気容量の変化を高周波の変化分として検出記録することにある。この原理に従つて装置の改良を行つた本装置は高周波発振器、高周波増幅器、周波数弁別器、低周波増幅器、記録器及び電源部から成つており、その外形並びに回路図は第1、2図の如くである。

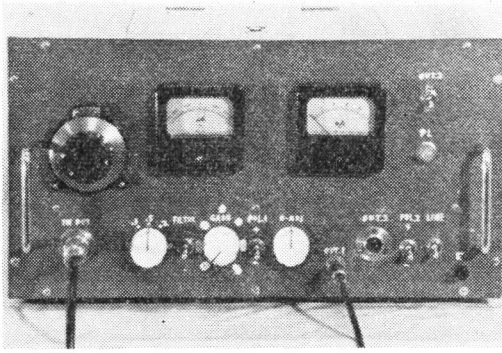
また記録はインク書きオツシログラフ（日本光電工業株式会社製作心電計利用）を用いた。

2. 実施法

1) 指動脈の場合

血圧を測定し、正常値を有するものを被検者とし、15°~20°Cの室内で坐位で約15分間安静を保たせる。誘導部位の手指の高さは心臓と同高にあるようにする。誘導電極のうち有関電極（第3図の1）はグリッ

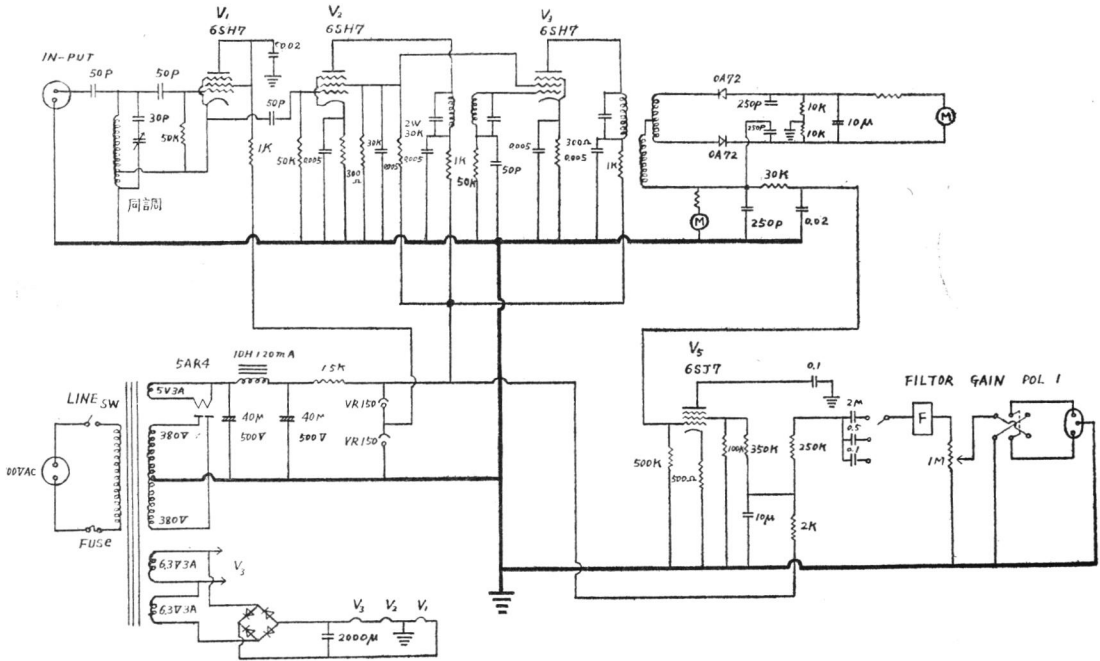
Toku FUJITA (1st Department of Physiology, Tokyo Women's Medical College) : The fundamental research for the human arterial pressure waves with the capacitospymograph. 1st Report, On the patterns of central and peripheral pulse waves and their analysis.



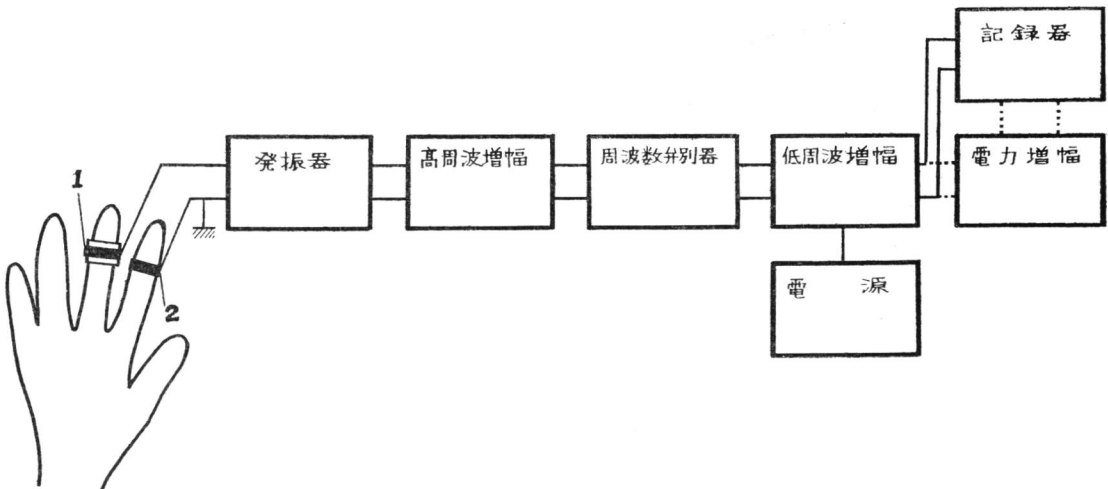
第 1 図 改良脈波計の外観

ト側として、外側に幅 1.0 cm の円筒の銅環をつけた幅 1.5 cm の薄い硝子管を用い、これを手指に嵌め、一方アース側電極（同図の 2）として他指に幅 1.0 cm の銅環のみを嵌める。この際、電極を手指に緊密に適合させることが肝要である。

次いで以上 2 つの誘導電極を脈波計の Input に結合し、Output を記録計につなぎ、第 1 図左側のダイヤルを静かに回転しながら同図右側 mA の針の先端が 6 と 8 の間に位し、また中央の μA の針の先端が 0 位にとどまるように調整し記録をとる。この際、体の動きが曲線に大きく影響するので充分注意を払わな



第 2 図



第 3 図

ければならない。尙第1図の電圧増幅部は記録器附着のものを使用したので、この場合は使用しなかつた。

なお誘導の記載方法はグリッド側を先に、アース側を後にし、ローマ数字を以て表わす。例えばグリッドをIII指に、アースをII指にとつた場合はIII-IIの如く記す。

2) 橈骨動脈の場合

指動脈を除いてはすべて被検者を仰臥位に静臥させ、脈波誘導部を心臓と同じ高さにあるようにする。また誘導電極としては指動脈以外はどれも同様のものを用いる。即ちグリッド側としては、肘関節部で搏動を著明に触れる部位にビニールテープで巻いて絶縁した1.0cm×1.0cmの薄い銅板を密着し、動かないようにテープで固定する。他方アース側としては、飽和食塩水を浸したガーゼで包んだ1.0cm×1.0cmの薄い銅板をその近くに密着固定する。

3) 上腕動脈の場合

肘窩で搏動を著明に触れる部位にグリッドを設け、その近くにアースをおく。

4) 鎖骨下動脈の場合

鎖骨下で搏動を著明に触れる部位にグリッド側を密着固定し、アース側は胸骨上におく。

5) 総頸動脈の場合

胸鎖関節上で搏動を著明に触れる部位にグリッド側を設け、アース側は鎖骨上に固定する。この際、電極の密着は胸骨舌骨筋と胸鎖乳突筋に阻まれて中々困難であるから注意を要する。また呼吸による動揺が認められるので、短時間呼吸を止めさせて記録をとる。

6) 大腿動脈の場合

鼠径部中央の搏動を著明に触れる部位にグリッド側を設け、アース側はその近くにおく。

7) 足背動脈の場合

足関節近くの足背で搏動を著明に触れる部位にグリッド側を密着固定し、その近くにアース側を求める。

以上何れの場合も、誘導電極を密着固定したならばその後の器械操作は指動脈の場合と全く同様である。

3. 波形の分析

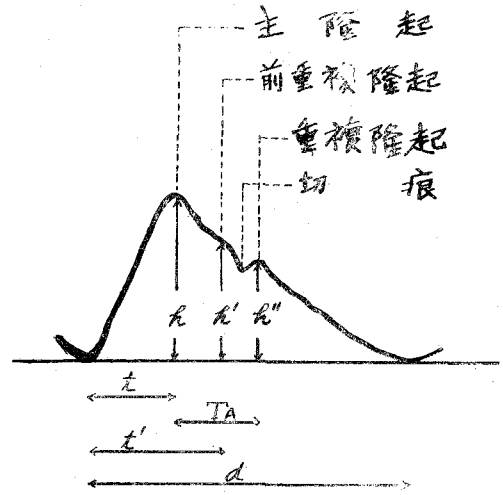
脈波は上昇脚と下降脚より成つている。上昇脚は中枢脈波では一般に大動脈波と同様な急な立上りを示すが、末梢脈波では稍緩やかである。上昇脚が下降脚に移行するところに血液が動脈内に急激に流入するための血管壁の振動即ち主隆起が明瞭に表われる。下降脚は一般に上昇脚に比べて緩やかで、この部分は種々の振動を示すが、時間的に早いものから述べると、前重複隆起、切痕及び重複隆起が主なものである。

左心室の収縮期は波の立上りから前重複隆起の頂点まで続き、その以降、下降脚の終りまでが左心室の弛

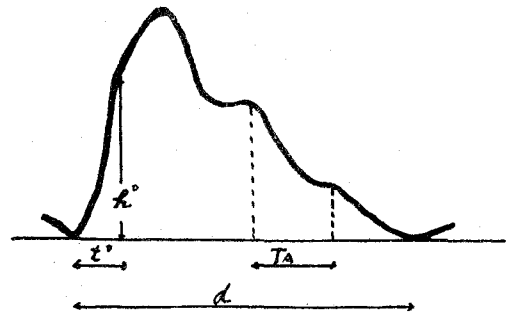
緩期となる。

その大要は第4図に示す。

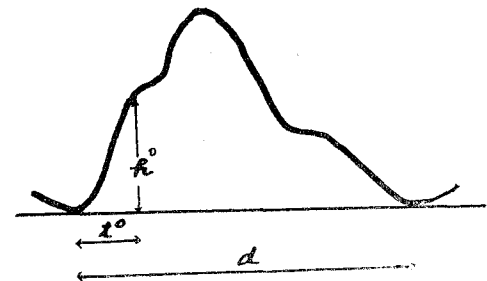
分析は t は立上り時間で、立上りより主隆起の頂点までを、 t' は収縮期時間で、立ち上りより前重複隆起までを云う。 TA は脈波全体を定常波と考えた場合の基礎振動の振動周期である。 d は搏動時間で、一脈搏の時間である。 h は主隆起の波頂と基線を結ぶ高さであり、 h' は前重複隆起の波頂の基線からの高さ即



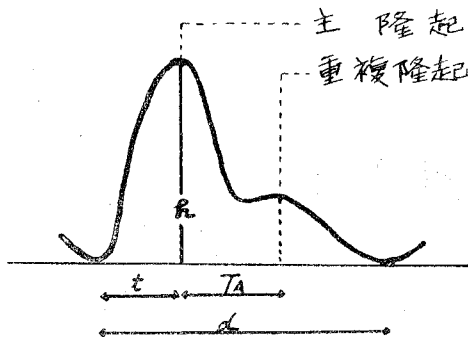
(1) 指動脈波



(2) 鎖骨下動脈波



(3) 総頸動脈波



(4) 大腿脈波
第4図 波形の分析

ち収縮期末の相対的な圧の大きさを示す。

時間は秒で、0.01' 以下は4捨5入し、高さはmm単位で0.1mm以下は4捨5入した。また之等の数値は連続してとつた脈波10個内外を計測し、その算術平均値を以て表わした。

III 実験成績

各脈波の定型的な曲線は第5, 6, 7, 8, 9, 10,

11, 12, 13, 14図の如くである。大体何れも大きい主隆起と重複隆起とから成るが、詳細な点では夫々動脈固有の特徴を示すことは図から明らかである。

1. 指脈波 (第5図)

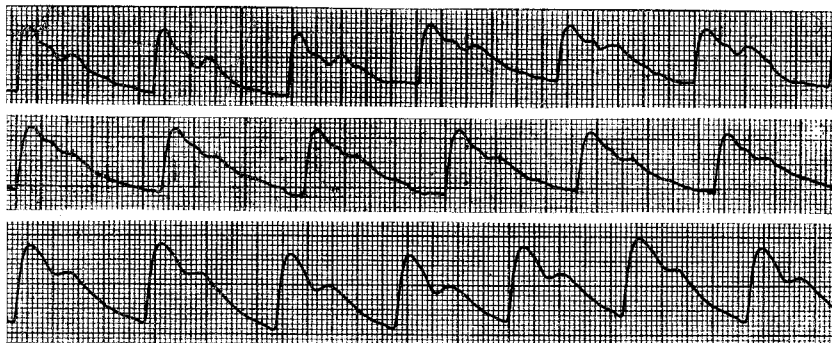
指動脈の脈波が左右の手指で差があるか、また誘導電極をどのように組合せた場合が最も定型的な波形を得られるかを検討すべく、次の実験を試みた。

a) 左右指の比較

同一の誘導条件(例, III-II)で、左右別々にとつた5例の脈波は第6図の如くである。之を左右指について夫々計測値を求めると、第1表の如くなる。即ち波形も時間的経過も殆ど差異を認めない。

b) 誘導電極を組合せ交換した場合の比較

誘導電極を夫々各指について組合せ交換して記

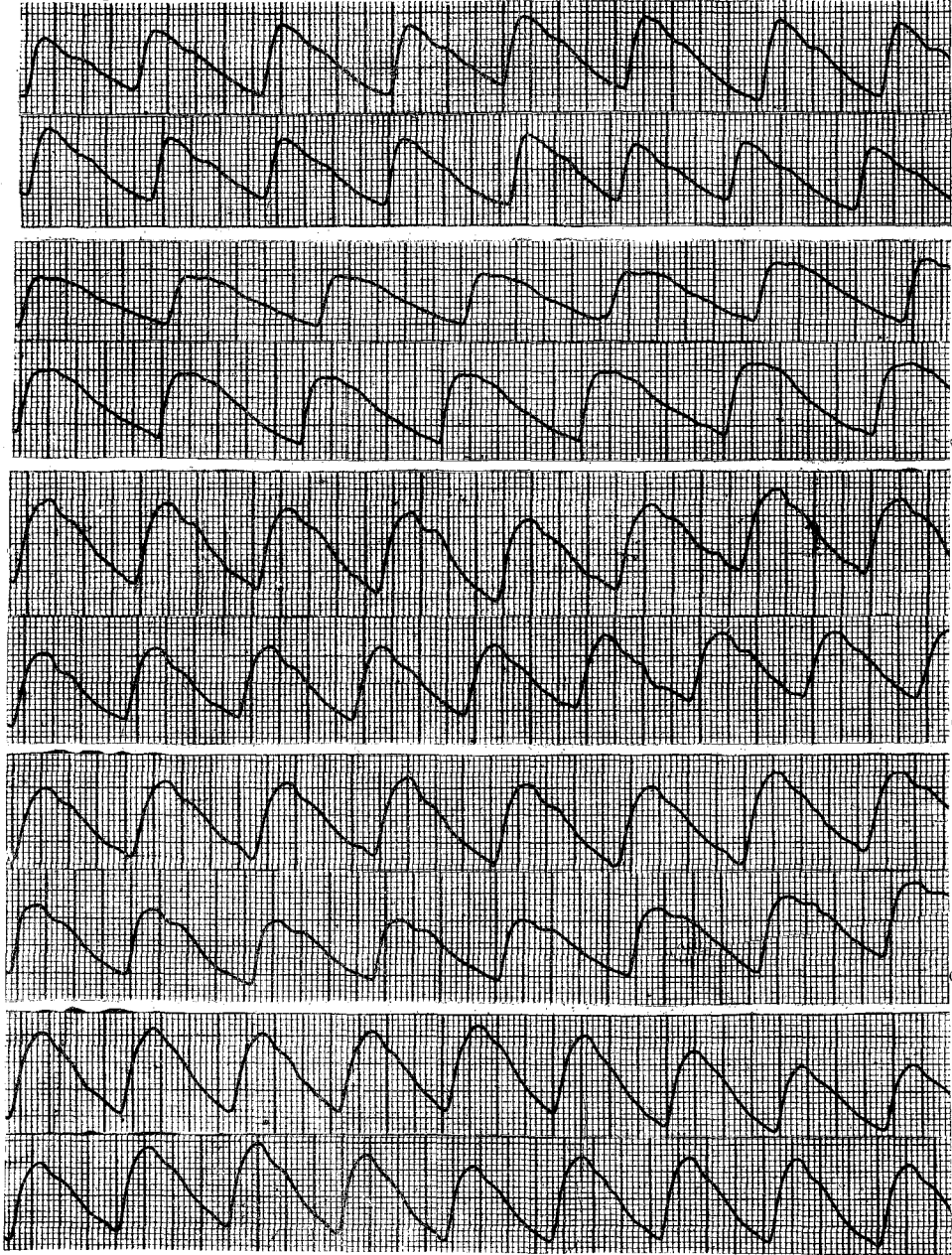


第5図 指脈波例

第1表 左右指の比較

被検者No. 年令 性 血圧	1		2		3		4		5	
	18		23		44		20		55	
	♀		♀		♀		♀		♀	
	110 / 60		110 / 45		120 / 75		110 / 65		135 / 85	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
t (秒)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.12	0.10	0.10	0.12	0.12
t'	0.32	0.32	0.32	0.32	0.30	0.30	0.32	0.32	0.28	0.28
d	0.88	0.88	1.00	1.00	0.88	0.88	0.80	0.80	0.76	0.76
h	11.03	11.05	11.45	11.65	12.00	11.05	12.00	11.05	10.05	10.05
t/d (%)	11.36	11.36	10.00	10.00	13.64	13.64	12.50	12.50	15.79	15.79

(0.01 以下 4 捨 5 入)



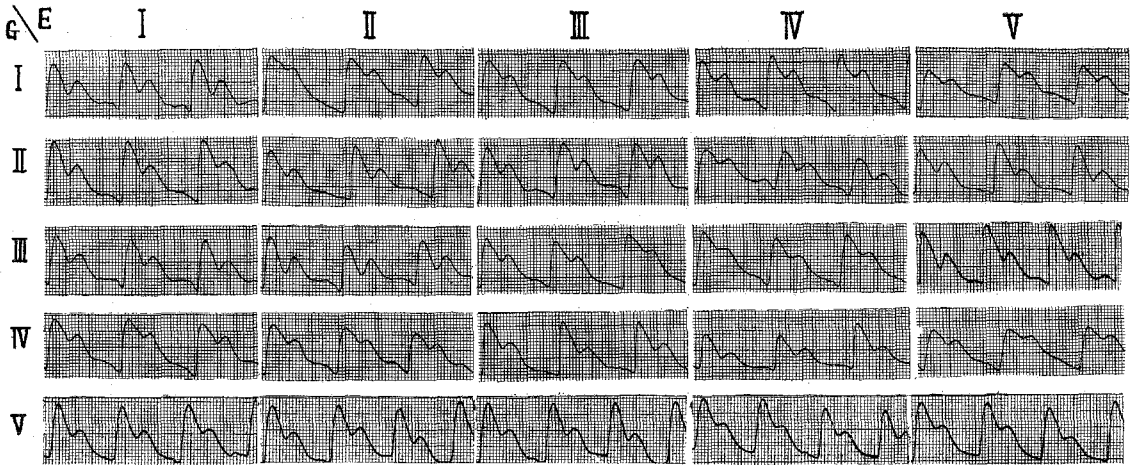
第6図 左右指の比較 (Ⅲ-Ⅱ)

録したのが第7図である。この場合、電極を固定した位置によって波形に或る程度の変化が認められるが、グリッドとアースが接近しているほど定型的な波形が得られることが分った。即ちⅠ-Ⅰ、Ⅱ-Ⅱ、Ⅲ-Ⅲ等の如く、グリッドとアースが同一指にあつた場合、或いはⅡ-Ⅲ、Ⅲ-Ⅱ、Ⅲ-Ⅳの如く近接した場合には極めて定型的な波形が得られる一方、Ⅰ-Ⅴ、Ⅳ-Ⅰの如く両者の離れ

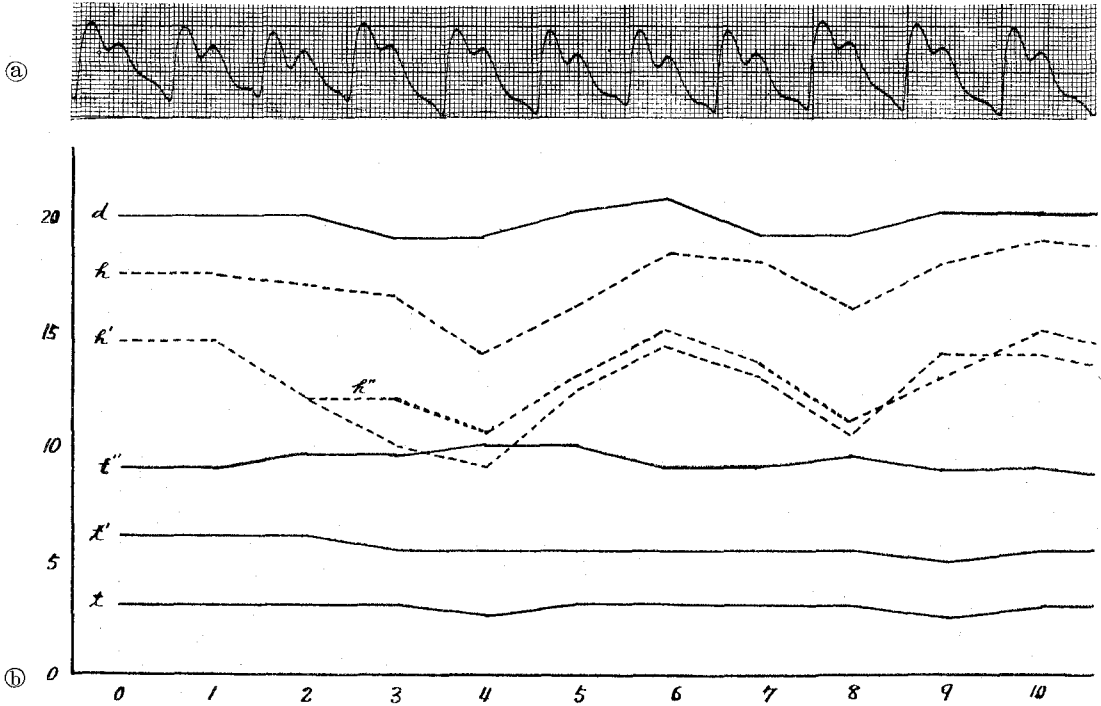
た場合の波形には少しく変形をみる如くである。

c) 呼吸による影響

平静な呼吸を営み乍ら脈波をやや長時間、連続的に記録したのが、第8図a)で、一連の脈波について振幅 h , h' , h'' , 時間的経過 t , t' , t'' , d をとり観察すると、第8図b)の如く特に d , h , h' , h'' は呼吸性変動を示すがその間に可成り規則的な変化が認められる。例えばこの



第 7 図



第 8 図 呼吸による影響

人の例では吸息時に脈搏数は多くなる。動脈圧は減少する。従つて吸息時に d の短縮, 振幅 h , h' , h'' の縮小, パターンの基線よりのズレをみる。呼息時には稍これと反対の現象が見られる。呼吸の脈波曲線に及ぼす影響については劃一的に論ずることはできないので, 本論文では脈波のパターンの呼吸性変動が存在するので, 記録の場合には少くとも数呼吸を含めた時間採ることが必要であることを強調したい。

d) 指脈波の計測値

指脈波の計測値は第 2 表の如くである。

即ち 18 才~49 才までの t の平均値は $0.10''$, t'' $0.28''$, d $0.98''$, t/d 10.02% , h 12.90 mm である。永井等¹²⁾ の報告によれば 20 才~80 才までの t の平均値は 0.117 , t/d 13.6% と述べている。

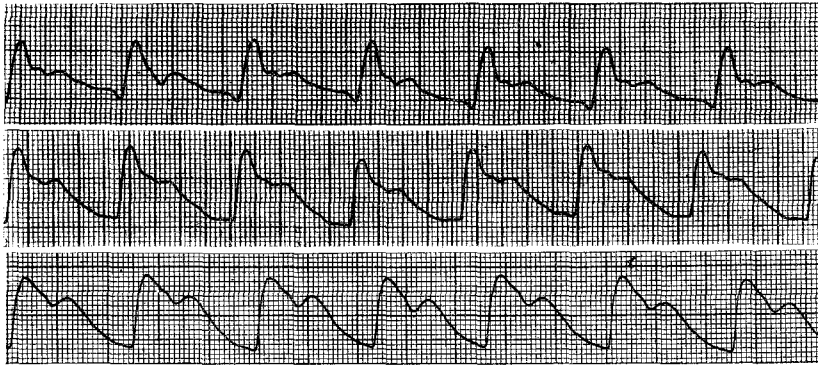
2. 橈骨脈波 (第 9 図)

この波形は図のような輪廓を示し, 主隆起, 前

第2表 指 脈 波 の 計 測 値

被検者	性	年令	身長	血 圧	t	t'	d	t / d %	h
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.12	0.28	1.00	12.00	13.00
K Y	♂	21	172.0	110 / 60	0.12	0.30	1.18	10.16	14.00
Y H	♂	23	169.0	100 / 60	0.12	0.28	1.04	11.54	15.00
Y A	♂	23	174.0	120 / 80	0.12	0.28	1.00	12.00	13.00
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.10	0.28	0.92	10.87	14.00
S M	♂	49	162.0	130 / 70	0.14	0.28	1.03	13.59	12.10
Y K	♀	18	159.0	110 / 64	0.08	0.28	0.88	9.09	12.50
S M	♀	20	158.0	100 / 55	0.10	0.28	0.96	10.41	13.00
M U	♀	20	157.0	110 / 68	0.08	0.28	0.96	8.33	12.00
T T	♀	20	156.9	115 / 68	0.10	0.28	0.96	10.41	14.00
A K	♀	22	162.0	118 / 70	0.08	0.28	1.04	7.68	8.00
B I	♀	22	153.5	115 / 65	0.08	0.28	1.00	8.00	10.50
T T	♀	22	156.3	120 / 65	0.08	0.28	1.00	8.00	11.00
T E	♀	23	156.0	120 / 70	0.08	0.28	0.90	8.88	15.00
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.10	0.28	1.00	10.00	15.00
A F	♀	25	156.2	120 / 70	0.10	0.28	0.88	11.36	15.00
E A	♀	27	143.5	102 / 56	0.08	0.28	1.00	8.00	13.00
T M	♀	32	150.0	110 / 58	0.08	0.28	0.80	10.00	12.00
(平均)					0.10	0.28	0.98	10.02	12.90

(0.01以下4捨5入)



第9図 橈骨脈波例

重複隆起、切痕、重複隆起等を示す。上昇脚の振動や鋭い上昇脚肩を欠き、上昇脚は尖鋭であるが、下降に際しては以上の他に小さな山を伴い緩やかである。その計測値は第3表の如くである。

即ち18才~26才までのtの平均値は0.10", t' 0.28", d0.99", t/d9.88%, h12.50mmである。

3. 上腕脈波 (第10図)

波形は前者と相似している。その計測値は第4表の如くである。

即ち18才~49才までのtの平均値は0.11", t' 0.28", d0.99, t/d10.76%, h13.48mmであ

る。

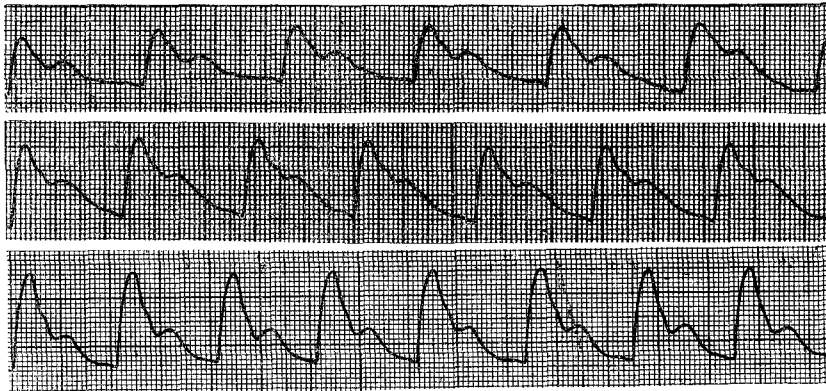
4. 鎖骨下脈波 (第11図)

外側頸三角と鎖骨部との境に電極を接するため、接着の粗か密か、又はその適否が脈波曲線に影響する。更に附近に平行に走行する鎖骨下静脈波の波及もあり、記録は容易でない。この脈波は次の総頸動脈と共に大動脈波に近い型を示し、上昇脚は大動脈に生じた急激な血液駆出による振動波の痕跡を示す。第11図はその数例のパターンを示した。実測した18例についての数値は第5表の如くでこの場合及び次の総頸脈波の場合のtは大動脈への血液駆出による振動波の波頂まで

第 3 表 橈 骨 脈 波 の 計 測 値

被検者	性	年齢	身長	血 圧	t	t'	d	t/d %	h
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.12	0.28	1.00	12.00	13.00
K Y	♂	21	172.0	110 / 60	0.12	0.32	1.19	10.08	13.00
Y H	♂	23	169.0	100 / 60	0.10	0.28	1.04	9.62	15.00
Y A	♂	23	174.0	120 / 80	0.12	0.28	1.00	12.00	12.00
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.08	0.28	0.92	8.70	14.00
Y K	♀	18	159.0	110 / 60	0.08	0.28	0.88	10.00	13.00
S M	♀	18	158.0	100 / 55	0.10	0.28	0.96	10.42	12.00
A K	♀	22	162.0	94 / 40	0.08	0.28	1.04	7.69	8.00
S E	♀	23	156.0	120 / 70	0.08	0.28	0.92	8.70	14.00
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.10	0.28	1.00	10.00	13.50
A F	♀	25	156.2	120 / 70	0.10	0.28	0.88	11.36	10.00
M K	♀	26	153.3	132 / 66	0.08	0.28	1.00	8.00	11.00
(平均)					0.10	0.28	0.99	9.88	12.50

(0.01 以下 4 捨 5 入)

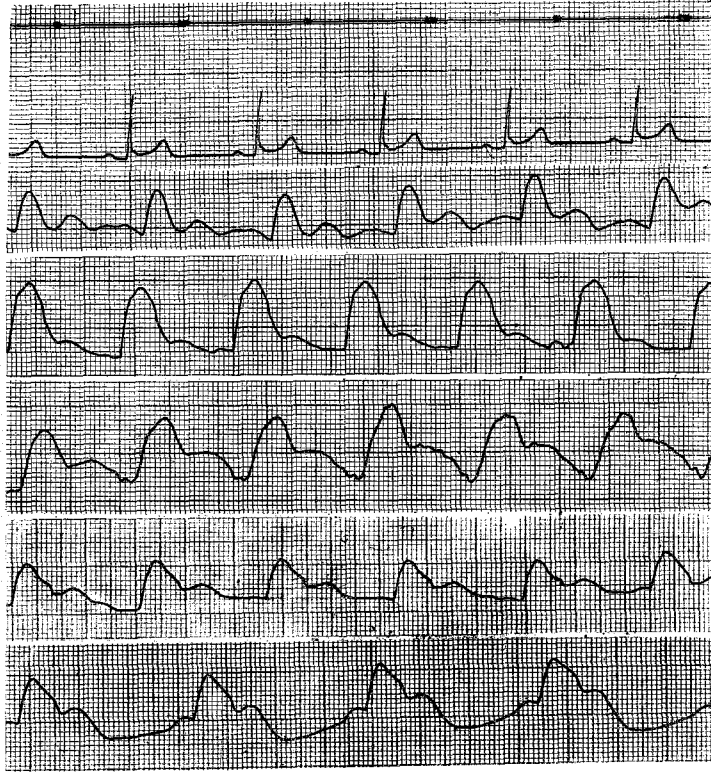


第10図 上腕脈波例

第 4 表 上 腕 脈 波 の 計 測 値

被検者	性	年齢	身長	血 圧	t	t'	d	t/d %	h
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.10	0.28	1.00	10.00	13.00
K Y	♂	21	172.0	110 / 60	0.12	0.30	1.19	10.08	12.60
Y H	♂	23	169.0	100 / 60	0.10	0.28	1.04	9.62	15.00
Y A	♂	23	174.0	120 / 80	0.12	0.28	1.00	12.00	11.00
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.10	0.28	0.92	10.87	15.60
S M	♂	49	162.0	130 / 70	0.13	0.28	1.03	12.62	14.50
Y K	♀	18	159.0	110 / 60	0.08	0.28	0.88	9.09	11.20
S M	♀	18	158.0	100 / 55	0.10	0.28	0.96	10.42	14.00
T T	♀	20	156.9	115 / 68	0.10	0.28	0.96	10.42	13.70
S E	♀	23	156.0	120 / 70	0.12	0.24	0.94	12.77	14.00
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.10	0.28	0.96	10.42	13.70
(平均)					0.11	0.28	0.99	10.76	13.48

(0.01 以下 4 捨 5 入)

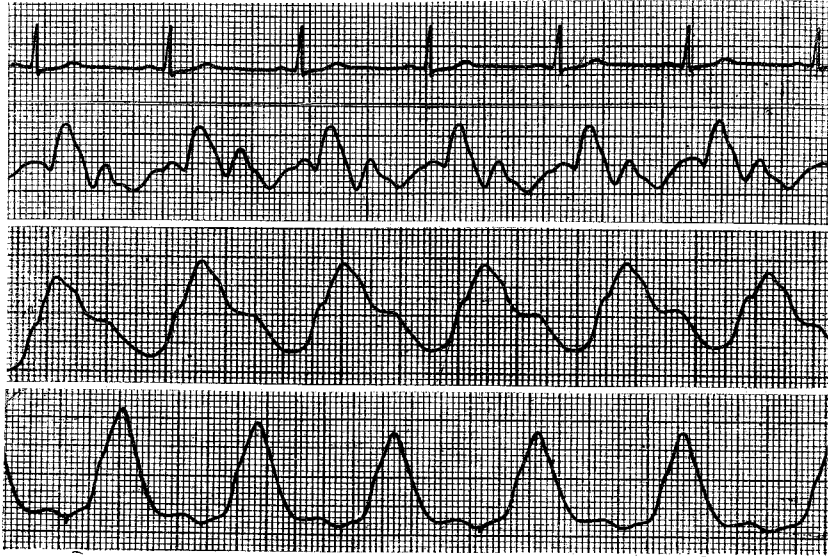


第11図 鎖骨下脈波例

第5表 鎖骨下脈波の計測値

被検者	性	年齢	身長	血圧	t°	d	$t^\circ/d \%$	TA	h°
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.08	1.00	8.00	0.32	15.00
M S	♂	18	162.0	110 / 65	0.08	0.84	9.52	0.32	6.50
K Y	♂	21	172.0	110 / 60	0.06	1.16	5.17	0.34	13.20
Y H	♂	23	169.0	100 / 60	0.08	1.04	7.69	0.36	8.00
Y A	♂	23	174.0	120 / 80	0.06	0.96	6.25	0.31	15.00
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.08	0.88	9.09	0.28	13.00
Y K	♀	18	159.0	110 / 60	0.08	0.84	9.52	0.34	6.50
S M	♀	18	158.0	100 / 55	0.08	0.96	8.33	0.32	7.00
T T	♀	20	156.9	115 / 68	0.10	1.00	10.00	0.36	10.00
M U	♀	20	157.2	110 / 68	0.08	0.96	8.33	0.28	12.00
S E	♀	23	156.0	120 / 70	0.12	0.96	12.50	0.32	12.00
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.06	1.08	5.56	0.32	9.00
E A	♀	27	143.0	102 / 56	0.10	0.80	12.50	0.32	7.00
A S	♀	42	160.0	120 / 75	0.08	1.00	8.00	0.32	10.00
K Y	♀	44	151.5	103 / 55	0.06	0.88	6.82	0.32	5.00
H S	♀	45	153.0	124 / 70	0.06	0.92	6.52	0.28	10.00
T F	♀	45	147.0	118 / 76	0.08	0.92	8.70	0.28	10.00
Y U	♀	45	163.5	118 / 75	0.06	0.80	7.50	0.28	10.20
(平均)					0.08	0.94	8.33	0.32	9.97

(0.01 以下 4 捨 5 入)



第12図 総頸脈波例

第6表 総頸脈波の計測値

被検者	性	年齢	長身	血 圧	t°	d	$t/d \%$	h°
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.06	1.00	6.00	9.00
K Y	♂	21	172.0	110 / 60	0.08	1.16	6.90	11.00
Y H	♂	23	169.0	100 / 60	0.08	1.04	7.69	8.50
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.08	0.92	8.70	7.20
S M	♂	49	162.0	130 / 70	0.06	1.03	5.83	10.00
Y K	♀	18	159.0	110 / 60	0.10	0.84	11.90	12.10
S M	♀	18	158.0	100 / 55	0.08	0.96	8.33	8.20
M U	♀	20	157.0	110 / 68	0.10	0.96	10.42	8.00
A K	♀	22	162.0	96 / 40	0.06	1.03	5.83	6.80
S ㊦	♀	23	156.0	120 / 70	0.08	0.86	9.30	5.00
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.06	1.20	5.00	7.00
K K	♀	43	154.0	110 / 68	0.06	0.96	6.25	8.00
K M	♀	58	160.2	130 / 80	0.10	1.00	10.00	11.80
(平均)					0.08	1.00	7.86	8.70

(0.01 以下 4 捨 5 入)

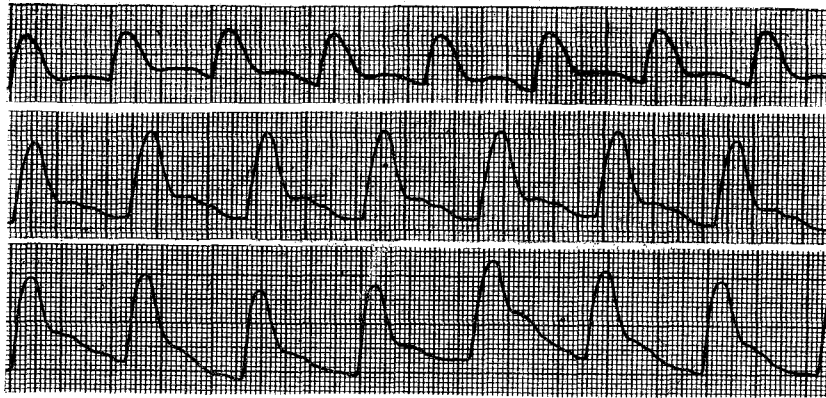
の時間を表わすのでこの他の脈波の t 即ち波頂時間とは異なる意味を持つ。従つて t° とす。18才～45才までの平均計測値は $t^\circ 0.08''$, $d 0.94''$, $t/d 8.33\%$, $TA 0.32$, $h^\circ 9.97\text{mm}$ である。 t° , d , TA では非常な変動を示さないが、 h° の変動は大きく、この原因は接着の適否と静脈波の影響によるものと考えられるが、数量的考察は電気容量脈波計の較正を俟つて行いたい。

5. 総頸脈波 (第12図)

この場合も鎖骨下動脈について述べた複雑さと

波形の型が当て嵌まる。この際に波形に影響する静脈は外頸静脈であり、且つ呼吸の動揺が関係するので一時呼吸を停止して行うことにした。その計測値は第6表に示した。即ち18才より58才までの t° の平均値は $0.08''$, $d 1.00''$, $t/d 7.86\%$, $h^\circ 8.70\text{mm}$ である。大体において5で述べた現象即ち時間的關係は年令的の異同を別にすれば余り変動を示さず、波高 (h) が著しい変動を示す如くである。

6. 大腿脈波 (第13図)



第13図 大腿脈波例

第7表 大腿脈波の計測値

被検者	性	年齢	身長	血圧	t	d	t/d %	TA	h
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.12	1.00	12.00	0.32	15.00
Y H	♂	23	169.0	100 / 60	0.12	1.04	11.53	0.36	13.00
Y A	♂	23	174.0	120 / 80	0.10	1.00	10.00	0.34	13.00
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.08	0.88	9.09	0.28	11.50
K Y	♂	21	172.0	110 / 60	0.12	1.16	10.34	0.34	12.40
S A	♂	25	167.4	140 / 70	0.12	0.88	13.64	0.32	15.00
Y K	♀	18	169.0	110 / 60	0.10	0.84	11.19	0.34	10.00
S M	♀	18	158.0	100 / 55	0.10	0.96	10.42	0.32	15.00
T T	♀	20	156.9	115 / 68	0.08	1.00	8.00	0.36	14.00
S E	♀	23	156.0	120 / 70	0.12	0.96	12.50	0.32	11.50
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.08	1.00	8.00	0.28	13.00
E A	♀	27	143.0	102 / 56	0.08	0.80	10.00	0.32	12.00
K K	♀	43	159.0	110 / 68	0.08	0.88	10.00	0.32	7.00
K M	♀	58	160.2	110 / 70	0.08	1.00	8.00	0.32	10.00
(平均)					0.10	0.96	10.34	0.32	12.30

(0.01 以下 4 捨 5 入)

これは大きな振幅をもつて比較的急な立ち上りを示し、円い波頂を作る。主隆起と重複隆起の2つの波を示すものが多く、波形としては概して単純である。その計測値は第7表の如くである。

即ち18才~58才までの平均値は t 0.10", d 0.96", t/d 10.34%, TA 0.32, h 12.30 mm である。大腿脈波は中樞脈波と末梢脈波の移行部の脈波で、脈波の数量的取扱に際して屢々利用される。

7. 足背脈波 (第14図)

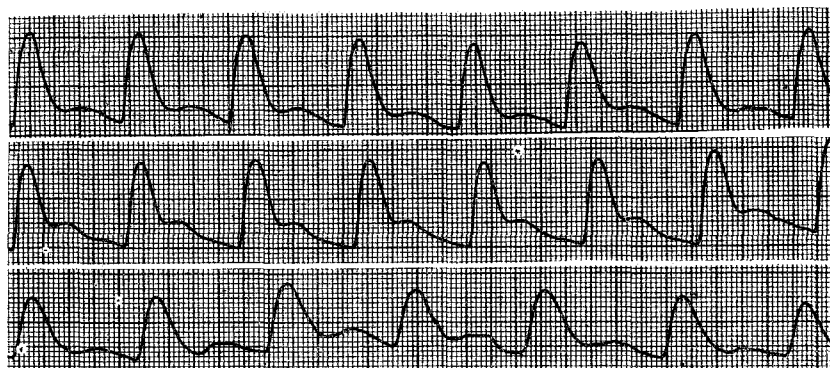
前者に大体似ているが、主隆起の波頂の円味が少い。その計測値は第8表の如くである。即ち18才~58才までの平均値は t 0.10", d 0.96", t/d 10.79%, h 13.30 mm である。

8. 各脈波形の概観

以上の波形を各動脈別に概観すれば、鎖骨下、総頸動脈は複雑な輪廓を示し、之に反して上腕、橈骨、指、足背動脈は比較的単純である。

更に上肢、下肢に分けてみると、上肢の脈波は下降の途中に小さい山が続くが、下肢の場合は下降は緩やかな勾配を示す。波頂時間は前者と殆ど同一である。

なお同一人についての各脈波を記録したものが第15図で、その波形を分析計測したのが第9表である。前述したように総頸動脈と鎖骨下動脈とでは上昇脚の初期に大動脈に生じた血柱の衝突により変動波を示すから、この波までの時間は両者では短いことになる。



第14図 足背脈波例

第8表 足背脈波の計測値

被検者	性	年齢	身長	血圧	t	d	t/d %	h
I T	♂	18	165.0	130 / 80	0.12	1.00	12.00	13.00
Y H	♂	23	166.0	100 / 60	0.12	0.96	12.50	14.00
Y A	♂	23	174.0	120 / 80	0.10	1.00	10.00	14.00
K U	♂	23	154.0	100 / 50	0.08	0.88	9.09	11.50
S M	♂	49	162.0	130 / 70	0.08	0.96	8.33	15.00
Y K	♀	18	159.0	110 / 60	0.10	0.88	11.36	14.00
S M	♀	18	158.0	82 / 40	0.12	0.96	12.50	15.00
T T	♀	20	159.0	115 / 68	0.10	1.00	10.00	11.00
S E	♀	23	156.0	120 / 70	0.08	0.90	8.89	12.70
T K	♀	23	156.0	100 / 40	0.12	1.00	12.00	11.00
K M	♀	58	160.0	130 / 80	0.12	1.00	12.00	15.00
(平均)					0.10	0.96	10.79	13.30

(.001 以下 4 捨 5 入)

Ta は個人的な差を示すが、同一人に関しては鎖骨下動脈と大腿動脈では夫々の平均は同じである。但し Ta の基準としては後述する理由により、大腿動脈のそれを採るのが至当と考える。第9表は18~23才の青年男女を対象とした計測値であるが、その t/d は指動脈、橈骨動脈、上腕動脈で10.00—10.62%を示し、鎖骨下動脈、総頸動脈、大腿動脈、足背動脈では一般にこの変動の幅が相当大きく7.84~10.93%を示す。

IV 考 按

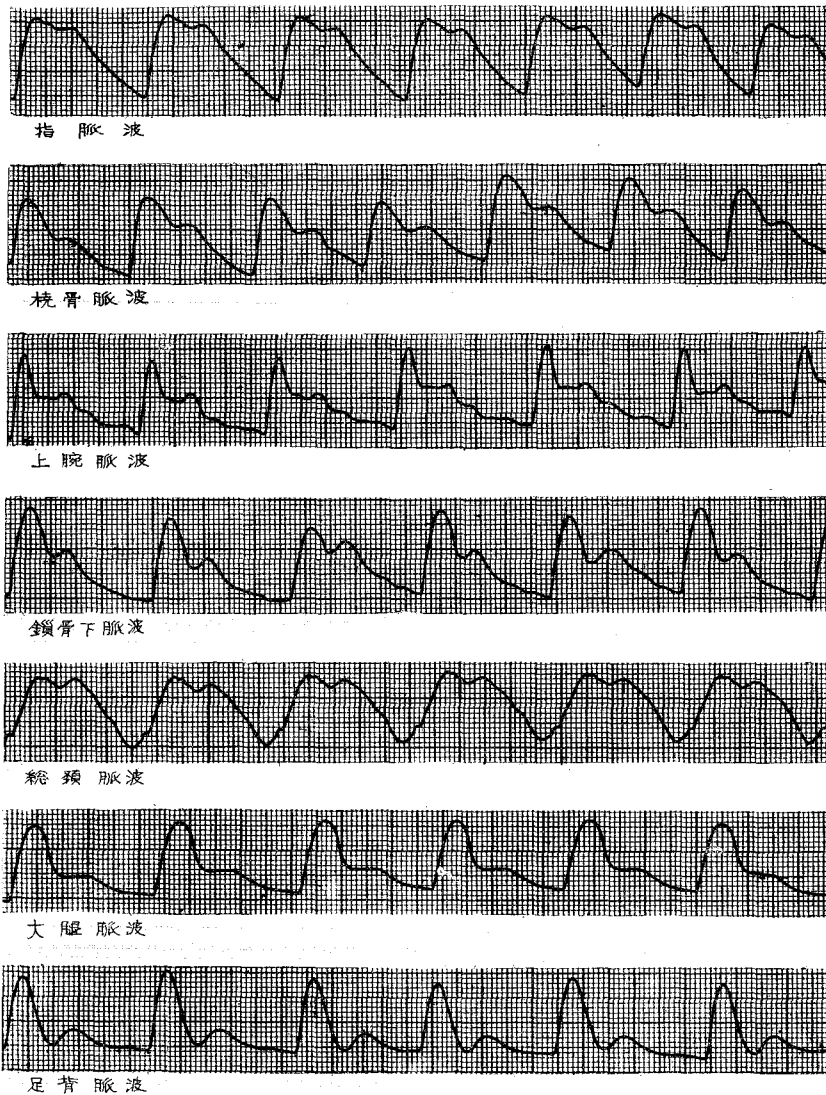
脈波を記録するには器械的、光学的及び電気的方法があり、何れも諸氏の考案による記録装置がある。そのうち電気的な方法は末梢、中枢を問わず、色々な部位で操作上の複雑さを伴わず、簡易で拡大率も大きく記録出来る点などで優れている。

峯島等¹⁰⁾ は従来 Impedance 法又は Dielektrographie 法にも入らない装置、即ち電気的

容量の変化を周波数変化に置換え、これを増幅した電気容量脈波計を考案した。然し本計は考案されて未だ日浅く、これによる脈波の基礎的知見に乏しい憾みがある。そこで著者は本計を用い、健康人の脈波について基礎的研究を行った。

永井¹¹⁾ は指脈波の場合の誘導電極について、グリッド側として、硝子管は薄いほど感度がよく、金属の幅は1.0 cm程度が感度及び波形からみて最も適当であると述べている。著者も種々試みたが、之に準拠したのが最もよかつた。即ち指脈波の場合には、グリッドに幅1.0 cmの円筒の銅環をつけた幅1.5 cmの薄い硝子管を用い、またアースとして幅1.0 cmの銅環のみのものを用いた。

また末梢循環系の容積変化は、心臓の位置より高く手指のあるときには大きく、逆に心臓より低く手指のあるときは小さくなる。これについての論議は後報にゆづるが上肢の位置による血圧及び



第15図 同一人における各部位の脈波形

反射波の変動が影響すると考える(Von Kreis⁷⁾)。手指の高さは心臓と同じ高さにあることが至当であることを再確認した。

更に指脈波以外の場合には、グリッドはビニールテープで巻いて絶縁した1.0cm × 1.0cmの薄い銅板を、一方アースは1.0cm × 1.0cmの銅板を用いた。これを用いることによつて脈搏を触れる場所では簡易に記録できた。即ち橈骨、上腕、鎖骨下、総頸、大腿、足背脈波の場合、上記のグリッド側を目的とする動脈の搏動を著明に触れる部位に密着し、之をテープで固定した。一方何れの場合でもアース側は出来るだけグリッドの近く

に設けた。このようにして本計は身体を表の搏動を触れ得る部位では、どこでも適用することができる。

記録は身体の動揺による影響を避けるため約15分間安静を保たしめ、また寒冷による反射性血管収縮の影響を避けるため、15°~20°Cの室温下で行つた。

血圧値¹⁴⁾は左右の腕で、健康人でも若干の差があることが知られている。著者は左右指について同一条件で脈波を記録し検討したが、第6図及び第1表の示す如く殆んど両者間に差異を認めなかつた。

第 9 表

被検者	性	年齢	身長	血圧	指 脈 波					橈 骨 脈 波					上 腕 脈 波				
					t	t'	d	t/d	h	t	t'	d	t/d	h	t	t'	d	t/d	h
IT	♂	18	165.0	130/80	0.120	0.281	0.0012	0.0013	0.00	0.120	0.281	0.0012	0.0013	0.00	0.100	0.281	0.0010	0.0013	0.00
KY	♂	21	172.0	110/60	0.120	0.301	0.1810	0.1614	0.60	0.120	0.321	0.1910	0.0813	0.0	0.120	0.301	0.1910	0.0812	0.6
YA	♂	23	174.0	120/80	0.120	0.281	0.0012	0.0013	0.00	0.120	0.281	0.0010	0.0012	0.0	0.120	0.281	0.0012	0.0011	0.0
YH	♂	23	169.0	110/60	0.120	0.281	0.0411	0.5415	0.00	0.100	0.281	0.04	0.9615	0.0	0.100	0.281	0.04	0.9615	0.0
KU	♂	23	154.0	100/50	0.100	0.280	0.9210	0.8714	0.00	0.080	0.280	0.92	0.8614	0.0	0.100	0.280	0.9210	0.8715	0.6
YK	♀	18	159.0	110/60	0.080	0.280	0.88	0.0912	0.50	0.080	0.280	0.8811	0.0013	0.0	0.080	0.280	0.88	0.0911	0.2
SM	♀	18	158.0	100/55	0.100	0.280	0.9610	0.4113	0.00	0.100	0.280	0.9610	0.4212	0.0	0.100	0.280	0.9610	0.4114	0.0
TT	♀	20	156.9	115/68	0.100	0.280	0.9610	0.4114	0.00	0.100	0.240	0.99	0.95310	0.6	0.100	0.280	0.9610	0.4113	0.7
SE	♀	23	156.0	120/70	0.080	0.280	0.90	0.8815	0.00	0.080	0.280	0.92	0.86814	0.0	0.120	0.240	0.9412	0.8514	0.0
TK	♀	23	156.0	100/40	0.100	0.281	0.0010	0.0015	0.00	0.100	0.281	0.0010	0.0013	0.5	0.100	0.280	0.9610	0.8713	0.7
(平均)					0.100	0.280	0.9810	0.5413	0.91	0.100	0.280	0.9910	0.0013	0.1	0.100	0.280	0.9910	0.6213	0.38

また誘導部位を夫々組合せ交換し、どの手指で誘導した場合によく描記されるかを検討した。その結果は第7図にみるようにグリッド側とアース側の距離が近いほど波形が定型的で、之に反し距離が遠ざかるにつれ波形はやや複雑となることが分つた。これは両電極間の距離の変化によつて、皮膚の電気抵抗が変ることが、またアース側電極下の変動が影響することが主な原因であると思われる。

脈波曲線をやや長時間に亘つて描記すれば振幅の大小、基線よりのズレ、脈波の遅速等がみられる。その原因の一部はグリッド電極の接着の変動より起る電気容量の変動にあることは勿論であるが、更に血圧は吸息及び呼息に伴つて複雑な動揺を示すので、これら血圧の上昇、下降によつて圧変動に変化を来すことが主な原因であると解される。

人体における脈波曲線の描記の詳細な研究はO. Frank⁴⁾(1904)の弦膜の考案に端を発し、Frank⁵⁾(1925)、K. Wezler¹⁷⁾(1939)、C.J. Wiggers¹⁵⁾(1924)、Hamilton W.F. 及び共同研究者⁶⁾(1934) 諸氏の研究を経て今日に至つている。

Frank 及び Wezler は橈骨動脈、上腕動脈等の動脈壁の運動を光学的に描記しており、又 Wiggers 及び Hamilton は動脈管内にカニューレ

を挿入して内圧変化を光学的に描記している。従つて脈波のパターンは夫々異なるが、原理的には同一であると見られる。

斯様な脈波曲線の分析により脈搏の諸性質、即ち頻度、振幅、経過、律動、血管壁の状態等、換言すれば血液循環系的情勢をよく知ることが出来る²⁾。前記したように脈波形は末梢、中枢を問わず、3つの基本形即ち上昇脚、波頂、下降脚とから成つている。この基本形は血管の大小、弾性状態、血液の粘性、血流の多寡、心臓からの距離、末梢抵抗等、動脈系の力学的諸因子の影響を受けて減衰し、変形して夫々動脈固有の波形を示すようになる。

大動脈に近い総頸、鎖骨下動脈等、解剖学上、弾性型と見られる動脈においては、大動脈波の基本形が忠実に伝達される。即ち等尺性収縮時から等張性収縮に移行した場合の血流の衝撃に起因する急峻な上昇脚がみられる。従つて脈波は上昇の途中に上昇脚頂を示すことがある。之に続いて緩やかに上り波頂に達する。その後緩やかな下降脚となり、鋭いV字形の切痕をつくり、続いて重複隆起をつくる。重複隆起は心室の弛緩する際、閉鎖した大動脈弁が心室の方に引き寄せられ、ために動脈口の辺の圧が急に下り、血液がその方に勢よく逆流し、大動脈弁に衝突したとき起つた圧変

鎖骨下脈波					総頸脈波				大腿脈波				足背脈波				
t°	d	t°/d	TA	h°	t°	d	t°/d	h°	t	d	t/d	TA	h	t	d	t/d	h
0.08	1.00	8.00	0.32	15.0	0.06	1.00	6.00	9.0	0.12	1.00	12.00	0.32	15.0	0.12	1.00	12.00	13.0
0.06	1.16	5.18	0.34	13.2	0.08	1.16	6.89	11.0	0.12	1.16	10.34	0.34	12.4	0.10	0.92	10.97	12.8
0.06	0.96	6.25	0.34	15.0	0.06	0.96	6.25	8.5	0.10	1.00	10.00	0.34	13.0	0.10	1.00	10.00	14.0
0.08	1.04	7.69	0.36	8.0	0.08	1.04	7.69	8.5	0.12	1.04	11.54	0.36	13.0	0.12	0.96	12.50	14.0
0.08	0.88	9.09	0.28	13.0	0.08	0.92	8.68	7.2	0.08	0.88	9.09	0.28	11.5	0.08	0.88	9.09	11.5
0.08	0.84	9.52	0.34	6.5	0.10	0.84	11.90	12.1	0.10	0.84	11.90	0.34	10.0	0.10	0.88	11.36	14.0
0.08	0.96	8.33	0.32	7.0	0.08	0.96	8.33	8.2	0.10	0.96	10.42	0.32	15.0	0.12	0.96	12.50	15.0
0.10	1.00	10.00	0.36	10.0	0.12	1.06	8.63	8.5	0.10	0.96	11.62	0.30	12.6	0.10	1.00	10.00	11.0
0.12	0.96	15.00	0.32	12.0	0.08	0.86	9.03	5.0	0.12	0.96	12.29	0.32	11.5	0.08	0.90	8.88	12.7
1.06	1.08	5.55	0.32	9.0	0.06	1.20	5.00	7.0	0.08	1.00	8.00	0.28	13.0	0.12	1.00	12.00	11.0
0.08	9.88	8.46	0.32	10.9	0.08	1.00	7.84	8.5	0.10	0.98	10.72	0.32	12.7	0.10	0.95	10.93	12.9

(0.01 以下 4 捨 5 入)

動が末梢で反射されて出来た定常波と本来の大動脈よりの脈波との合成の結果、生じたものであると言われる。更に前記両脈波の記録部の位置が心臓より高い位置に在ることが末梢脈波との型の違いの一つの原因であろう。

以上のように大動脈に近い動脈においては多くの起伏を有する複雑な脈波曲線を呈するのが特徴である。

之に反して上腕、橈骨動脈は解剖学上、筋肉型に入る。これらの波形は単純で、急峻な上昇脚、尖鋭な波頂を示す。前記したように鎖骨下脈波及び総頸脈波の立ち上り時間とこの場合の立ち上り時間の比較は妥当でないが、試みに比較してみるとやや長いのが特徴である。下降は緩やかで2, 3の小隆起を伴う。これが後振動である。指脈波も略々同様の輪廓を示す。一般に波形は中枢より末梢に行くに従って小さい振動がなくなり単純化される。

大腿動脈も筋肉型であるが、この波形は中枢脈波と末梢脈波の移行型即ち中間型を示す。この特徴は一般に波形が滑かで、波頂の円味が大きいこと、立ち上り時間の長いことである。足背動脈の波形は大腿動脈に似ているが波頂の円味が少ない。

第15図及び第9表について上肢と下肢の動脈を比較したとき、何れも末梢動脈ではあるが、その

波形は著しく異なる。即ち前者は突兀の傾向を示し、後者は円滑性を帯びる。之は動脈管の自律神経緊張度、動脈管の大小、血圧の大小、分岐部の反射、心臓よりの距離が与つているものと思われるが、之等の事実及び吟味については後に譲る。

V 結 論

著者は釜島等の電気容量脈波計の改良型を用い、健康人の脈波について実験し、次のような知見を得た。

1) 誘導電極を考案することによつて、末梢、中枢を問わず、簡易に脈波を描記することができる。

2) 指脈波において、誘導電極を各指について組合せ交換し描記した場合、グリッドとアースの距離が近いほど定型的な脈波をとり得る。また両距離の如何に拘わらず、時間的経過は一定と看做される。

3) 連続的に脈波を描記する場合、呼吸に伴う振幅の変化及び基線のズレが可成り規則的に認められる。

4) 総頸、鎖骨下脈波は、多くの隆起を有する複雑な波形を示し、所謂立ち上り時間が短く、之に反して上腕、橈骨、指、大腿、足背脈波は単純で、立ち上り時間は一般に長い。

5) 上肢と下肢との脈波波形は主隆起、重複隆

起の形などについて異っている。その原因については今後の研究を要する。

謝 辞

稿を終るに臨み、終始懇篤なる御指導を賜り、且つ校閲の労を執られた箕島教授に深甚なる感謝の意を表し併せて御助力と助言を戴いた清原、藤田両講師に謝意を表します。

文 献

- 1) **Atzler, E. und Lehmann G.** : *Arbeitsphysiologie* **5** 636 (1932)
- 2) **Frank, O.** : *Zeitz. f. Biologie* **37** 483 (1899)
Tigerstedt's physiologische Methodik II₁ 1913より引用
- 3) **Frank, O.** : *Zeitz. f. Biologie* **82** 49 (1925)
- 4) **Frank, O.** : *Münch. med. Wochenschrift* **42** (1904)
Bethe's Handbuch der normalen u. pathol. Physiologie VI₁ 1927より引用
- 5) 福田邦三・長島長節・畠山一平 : 血液循環, 生理学講座 8 II₁ 3~5, 昭29, 中山書店
- 6) **Hamilton, F.W., G. Brewer and I. Brot-**
man : *Am. J. Physiology* **107** 427 1934
- 7) **J.v. Kreis** : *Studien zur Pulslehre* 1892
- 8) **Lilly, J.C.** : *Rev. Sci. Instr.* **13** 34 1942
- 9) 真下俊一 : *日循環学* **1** 141 (昭10)
- 10) 箕島 高 : 電気容量脈波計
操, 若林, 阪本 *医学エレクトロニクス* **173**
昭32 南山堂
- 11) 永井精吾 : *応用電気研究所彙報* **5** 192 (昭28)
- 12) 永井精吾・石谷邦介 : *応用電気研究所彙報* **6**
88 (昭27)
- 13) **Nyboer, J., Bagno, S. and Nims J.F.** :
National Research Council Committee on
Aviation Medicine Rep. No. 149 1943
Nyboer J. Plethysmograph : Impedance O.
Glasser *Medical Physies* **2** 1950 より引用
- 14) 斎藤十六 : *日医事新報* 1489 3828 (昭27)
- 15) **Wiggers, C.J. and W.R. Baker** : *J. Lab. and
clin. Med.* **10** 54 (1924)
- 16) **Wezler, K. und Boger A.** : *Erg. Physiol.* **41**
292 (1939)
- 17) **Wezler, K.** : 16) より引用