運動による心電図の変化に関する研究

第1報　正常心電図について

長島長節・広田公一・浅見俊雄

I　まえがき

心臓機能を推定するにはいくつかの方法があるが，心電図はその有力な手段である。われわれは身体活動が心臓機能に与える影響を心電図によって追究することを研究のテーマとしてとりあげた。

心電図の正常像については，レプシュキン[1]コスマン等[2]の業績があるが，日本人についての研究は戸山等[3]の発表がある程度で，正常像そのものがいまだ明らかでない。われわれが意図している運動負荷による心電図の変化，運動選手の心電図等を研究するにあたって，まずコントロールとなるべき正常心電図がいかなるものであるかを知る必要がある。そこでわれわれは研究の第一段階として，大学生男子について心電図を記録し，その正常像をあきらかにしようとした。

II　研究方法

被検者は東京大学教養学部1学年よりえらんだ。その際，心臓機能に一般学生とは異なった変化を起こしていると考えられるもの，すなわち，運動部員（過去の経験者を含めて），運動能力の特に劣るもの，心臓に障害を与えると思われるような既往症（ジフテリア，リューマチ，腸チフス等の熱性疾患その他）のあるもの，当日病気中のものは研究の対象から除外した。これらの学生について身長，体重，胸囲，肺活量，血圧を測定し，聴診をおこなって，一般正常人と考えられる76名について安静時臥位の心電図を記録した。心電計は福田エレクトロLA-12を使用し，標準肢誘導（I，II，III），単極肢誘導（aVR, aVL, aVF），胸部誘導（V_1～V_6）の12誘導をオッシロペーパーに記録した。

実験期日は昭和34年10月28日より11月8日まで，食事による影響がないよう食後3時間以上たってから充分に安静にさせて記録した。この際被検者には心電図についての知識を与え，精神的動揺のないようにした。こうして記録した中から，現像その他の後処理の結果全12誘導が計測可能である62例を本研究の対象とした。この62名の年令および体力は第1,2表のようであるが，これは東大生のそれとほとんど同じである。この62例について種々の計測をおこない，その数値を統計的に処理した。計測の方法は本橋[4]によった。

第1表　被検者の年令

満年令	18	19	20	21	22	23	計
n	12	20	17	9	3	1	62

第2表　被検者の体力

	m	σ
身長 (cm)	167.6	4.68
体重 (kg)	57.2	4.51
胸囲 (cm)	83.9	3.16
肺活量 (cc)	4481.2	590.85
最高血圧 (mmHg)	114.2	11.50

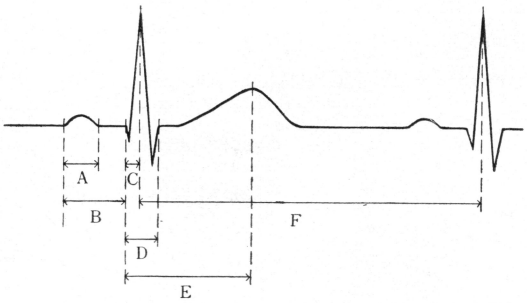
III　結　果

1.　各誘導のP, Q, R, S, T, U波の棘高を計測し，平均値および最小値，最大値を求めた。その結果を第3表に示す。各項の上の数字は平均値を，下は最小値～最大値をあらわしている。P, TはIIではともにすべて陽性で，aVRではすべて陰性であった。V_1においてTが陰性を示したも

* CHOSETSU NAGASHIMA, KOICHI HIROTA and TOSHIO ASAMI: Normal Electrocardiogram of Healthy University Students

第 3 表　各誘導の棘高　(単位 0.1 mV)

	P	Q	R	S	T	U
I	0.25 −0.5～1.1	0.96 0.0～3.0	4.09 0.2～15.9	2.08 0.0～14.5	1.69 −1.7～4.6	0.00 0.0～0.0
II	0.74 0.0～2.0	0.56 0.0～3.3	10.90 3.0～25.0	1.69 0.0～6.0	3.39 0.0～6.8	0.01 0.0～0.3
III	0.55 −1.1～1.9	0.90 0.0～4.4	10.80 3.2～21.5	1.34 0.0～4.1	1.81 −2.4～4.6	0.01 0.0～0.4
aVR	−0.42 −1.4～0.0	3.03 0.0～10.0	1.62 0.0～4.6	3.44 0.0～18.9	−2.52 −5.2～−0.5	0.00 0.0～0.0
aVL	0.07 −1.3～0.9	2.41 0.0～8.6	2.07 0.0～9.8	3.83 0.0～13.3	0.25 −2.0～3.5	0.00 0.0～0.0
aVF	0.63 −0.3～1.9	0.72 0.0～3.5	12.43 4.5～20.7	1.60 0.0～4.3	2.70 −1.4～5.6	0.01 0.0～0.2
V_1	0.56 0.1～1.3	0.00 0.0～0.0	5.85 0.1～16.7	13.84 2.4～27.3	0.34 −3.6～8.4	0.10 0.0～0.4
V_2	0.45 0.0～1.4	0.00 0.0～0.0	13.43 1.9～28.9	25.36 10.3～41.3	10.24 1.0～18.9	1.17 0.0～1.8
V_3	0.36 0.0～1.1	0.00 0.0～0.0	16.82 5.3～32.6	16.58 4.7～33.8	9.76 3.2～21.0	1.02 0.0～2.1
V_4	0.24 −0.6～0.8	0.56 0.0～2.6	30.81 12.0～54.5	7.46 0.0～16.7	9.89 4.3～18.3	0.45 0.0～1.1
V_5	0.27 −0.5～1.1	1.08 0.0～3.9	23.39 8.4～48.3	3.39 0.0～9.6	7.61 3.1～22.0	0.12 0.0～1.0
V_6	0.21 −0.3～0.6	1.03 0.0～3.3	14.86 5.6～25.1	1.44 0.0～6.6	4.89 2.2～9.8	0.29 0.0～0.6



第 1 図　時間計測の方法
A : P,　B : PQ,　C : VAT,
D : QRS,　E : QTp,　F : RR

第 4 表　II 誘導の時間的計測値
(単位 0.1 sec)

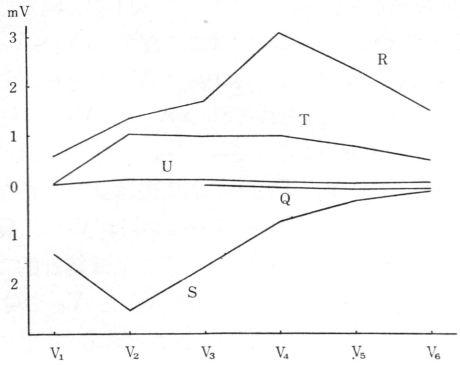
	平　均	最　小	最　大
P	0.89	0.7	1.0
PQ	1.54	1.2	3.4
QRS	0.83	0.6	1.0
RR	9.04	6.2	11.7

のは 33 例 (53.2 %) みとめられた。このために V_1 の T の平均値は小さくなっている。Q, R の正常範囲は各誘導ともかなり広いものと考えられる。

2.　各波形の時間的関係をIIで測定した。第1図のようにして RR, P, PQ, QRS について測定した。第4表はその結果である。RRを1分間脈搏数に換算すれば，平均66.4，最大 96.8，最小 51.3 となる。

3.　aVL, aVF の QRS の形より心臓の位置型を判定したが，水平位，半水平位はみとめられず，中間位8例 (12.9%)，半垂直位26例 (42.0%)，垂直位28例 (45.1%) で，中間位がもっとも多いとしている戸山等[3] の結果とはかなり違っている。

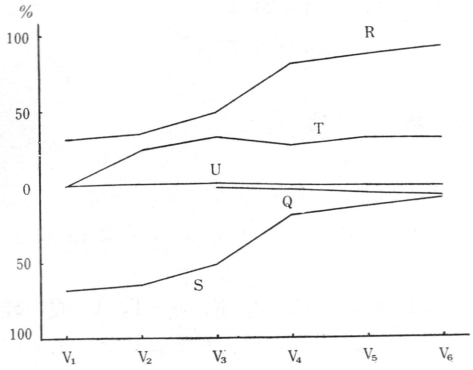
4.　心電図の波形を一つ一つとりあげて論ずるだけでなく，各誘導を関連づけて考えるために，胸部誘導の各棘高と誘導部位の関係をグラフにしたのが第2図である。これらの関係を一層はっき



第 2 図　胸部誘導の棘高

第 5 表　胸部誘導の棘高比 (R+S=100)

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
Q	0	0	0	1.46	4.45	6.76
R	31.37	35.06	49.13	80.47	86.87	92.08
S	68.63	64.94	50.87	19.53	13.13	7.92
T	0.53	24.34	33.21	27.48	31.71	31.41
U	0.73	2.07	2.46	0.87	0.53	0.17



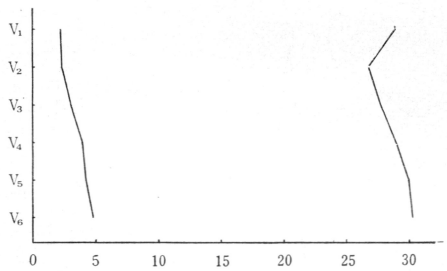
第 3 図　胸部誘導の R+S に対する棘高比

りさせるために各誘導の R+S を 100 として，それに対する各棘高の比を求めた。(第5表，第3図) これによれば R は誘導部位が左にいくにつれてほぼ直線的に大となり，Sは反対に小さくなっている。V_3 より少し V_4 によったところにR=Sとなる点が存在することが認められる。Tは V_1 では小さい値を示すが (陰性Tが半数あるために)，V_2～V_6 では 30 前後でほぼ一定している。U は V_2, V_3 で最も大きくあらわれ V_5, V_6 ではほとんど認められない。Q は V_4 から左の誘導で認められ V_6 で最も大きい。

5.　胸部誘導について第 1 図のごとく VAT (QRSの始めよりRの尖頂まで) と QT_p (QRS の始めよりT の尖頂まで) を測定した。QT は上田等[5]もいうようにU波と重なりあって精密な測定は困難であり，また今後の研究の対象となる運動負荷後の心電図では，Pとの重畳によって計測不能となるので，計測の容易な QT_p を採用した。第5表および第4図はその結果である。VAT の V_1～V_6 の平均値を比較すると V_1 から V_6 にいくに従い，

第 6 表　胸部誘導の VAT と QT_p
(単位 0.01 sec)

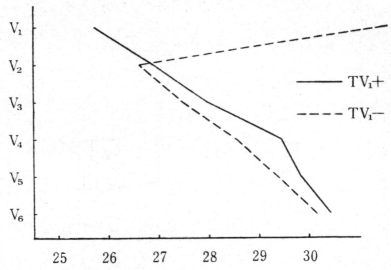
	VAT	QT_p
V_1	2.21	28.84
V_2	2.31	26.74
V_3	3.02	27.71
V_4	3.92	28.97
V_5	4.19	29.58
V_6	4.73	30.27



第 4 図　胸部誘導の VAT と QT_p
(0.01 sec)

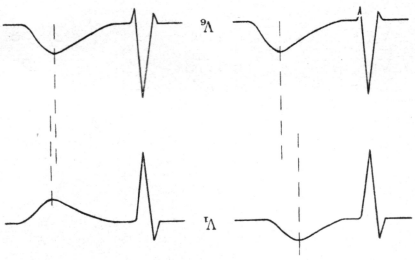
第 7 表　Tv_1 陽性，陰性群別の QT_p
(単位 0.01 sec)

	Tv_1 陽性	Tv_1 陰性
V_1	25.72	31.58
V_2	26.90	26.61
V_3	27.97	27.48
V_4	29.45	28.55
V_5	29.83	29.36
V_6	30.41	30.15

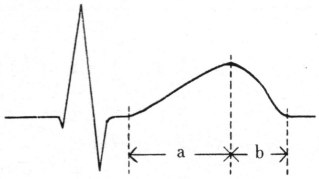


第 5 図　胸部誘導の QT_p (0.01 sec)

つまり誘導部位が左に移るほど VAT が長くなっていることが認められた。QT_p も V_2〜V_6 の間では VAT と同様な関係が得られるが，V_1 の QT_p のみはこの関係がみられなかった。そこで V_1 の T が陽性のもの（以後 Tv_1+ と書く）と陰性のもの（Tv_1-）の2群に分けて QT_p の平均値を求めてみると，第7表の数値がえられた。これをグラフにしたのが第5図であるが，これによれば，Tv_1+ のものでは，VAT と同じく V_1 から誘導部位が左にいくに従って QT_p が延長しているが，Tv_1- のものではこの関係は V_2〜V_6 の間で認められ，V_1 の QT_p は V_6 のそれよりも長い。これら2群それぞれの V_1 と V_6 の QT_p の差の有意性を検定してみると，Tv_1+ では 1% で有意であるが，Tv_1- では差は認められなかった。すなわち，Tv_1+ のものでは V_6 の QT_p は V_1 のそれよりも長いということは統計的にもいえるが，Tv_1- のものでは V_1 と V_6 の QT_p は同じであるということになる。第 6 図はこの QT_p の関係をあらわしたものである。この関係は単に統計的な数値の上でのみいえるだけでなく，Tv_1+ の 29 例のすべてで V_1 の $QT_p < V_6$ の QT_p の関係がなりたっており，Tv_1- の 33 例も V_1 の $QT_p \geqq V_6$ の QT_p の関係がみとめられた。



第 6 図　V_1 と V_6 の Tの尖頂



第 7 図　T の尖頂のかたより

第 8 表　Tの尖頂のずれ

	a	b
aVR	100	42.01
V_5	100	48.50
V_6	100	45.24

6.　T波は左右対称でないといわれているがその山のかたよりぐあいを，U波がなくて計測容易である V_5, V_6, および aVR について第7図のように計測した。第8表がその結果であるが，T の山は3誘導とも約 2: 1 の割合で右にかたよっていることがみとめられた。

IV　総　　括

健康な大学生男子(年令 18〜23 才) 62 例について，安静時臥位心電図を 12 誘導にわたって記録し，種々の計測を行ない以下のような結果を得た。

1.　12 誘導の P, Q, R, S, T, U 波の棘高を計測したが，これらの正常値はかなり広い巾をもっている。

2.　第Ⅱ誘導の RP, P, PQ, QRS 時間を計測した。

3.　位置型は垂直位，半垂直位のものがそれぞれ 40% 以上をしめ，水平位，半水平位はみられなかった。

4.　胸部誘導では，R/R+S は左の誘導ほど大となり，V_3 の辺に R=S の点が存在する。U は V_2, V_3 で，Q は V_4〜V_6 でみられ，T は V_1 を除けばほぼ一定の値をとる。

5. 胸部誘導の VAT は左にいくほど延長する。Q Tp も同様の傾向を示すが，Tv_1-の Q Tp は V_6 のそれと同じ値を示す。

6. V_5, V_6, aVR の T の山は 2: 1 の割合で右にかたよっている。

今回の研究で以上のようなことがあきらかとなったが，今後さらに被検者の年令層をひろげ，日本人男女の各年令における正常心電図像を明らかにし，それらに運動を負荷した際の心電図の変化について研究を進めていきたいと考えている。

最後に，本研究について種々御指導いただいた本橋均博士に深甚の謝意を表するとともに，御協力いただいた東大教養学部体育科の重田定正教授，加藤橘夫教授，和泉貞男教官，山本隆久教官，佐藤良子教官はじめ諸先生方に感謝する次第である。

文　献

1) *Lepeschkin E.*: Das Elektrokardiogramm. Theodor Steinkopff. 1957.

2) *Kossmann* C.E.and *Johnston*: F.D.Precordial electrocardiogram. American Heart Journal. 10. 925. 1935.

3) 戸山靖一，中村徳二郎，柏村　茂，大平　達：健康者（青年）の心電図について，日本循環器学誌，16. 3, 4· 91. 昭 27.

4) 本橋均：心電図のとり方からよみ方まで，医事日報社。昭 33.

5) 上田英雄，樫田良精，木村栄一：臨床心電図学，南山堂，昭 33.