

簡易循環機能検査における脈拍、および、 動脈血圧の意義にかんする研究

千葉大学医学部第二内科学教室（指導 齋藤十六教授）

飯 島 常 喜

TSUNEKI IIJIMA

（昭和 34 年 11 月 24 日受付）

第 1 部、脈拍、および、動脈血圧の体位変動、 ならびに、運動負荷による変動

目 次

I. は し が き	各項目との相関
II. 実験材料、および、実験方法	2. その他の項目間の相関
A. 実 験 材 料	IV. 考 案
B. 実 験 方 法	A. 徐拍と機械的心効率について
III. 実 験 成 績	B. 体位変換による脈拍、および、血圧の 変動について
A. 検査項目別統計について	V. ま と め
B. 項目間の相関について	
1. 心肺係数 (Schneider's Index) と	

I. は し が き

循環の適応能力を調べる方法としては、すでに、Crampton's Test⁽¹¹⁾, Schneider's Test⁽⁶¹⁾, Tuttle's Pulse-Ratio Test.⁽⁷⁰⁾, Harvard's Step Test⁽²⁷⁾, Turner's prolonged Standing Test⁽⁶⁹⁾, および、これらの変法がある。また、やや、この目的に相違するところはあるが、福田の疲労判定法⁽¹⁸⁾, Schellong's Test⁽⁶³⁾, および、これらの変法なども循環器の適応能力の優劣を判別するために使われている。

これらの方法を利用して、集団的に、体力劣弱者の“ふるいわけ”をしようとするには、信頼度が高いこと以外に、方法が簡易であること、なるべく特別の複雑な装置・操作を必要としないことなども、附帯条件となる。

この意味で、Schneider (1920 年)⁽⁶¹⁾ の古典的な Step Test と、Postural Test を組み合わせた方法は、比較的良く前記の諸条件を満足させる。それゆえ、世界各国の軍隊でも広く採用され、わが国でも旧陸軍は Point Test とよび、その Index を心肺係数と名づけて利用した。本テストには、すでに、

多くの批判があり、信頼度にたいする評価についても、観察者によつて、かなりの相違がある⁽⁶⁷⁾。わたくしは、Index だけでなく、本テストに含まれる、それぞれの検査項目と、項目間の相関々係を統計的に調べ、さらに、本テストの基礎的資料である Schneider の成績⁽⁶²⁾, および、富田教授らの追試成績⁽⁶⁸⁾と比較し、この方面から本テストの信頼限界を明らかにし、同時に、健康人の脈拍、および、血圧にかんする生理的変動についても、補遺しようとした。

II. 実験材料、および、実験方法

A. 実験材料：被検者として陸上自衛官、やく、500 名を A・B 2 群にわけた。

1. A 群；400 名（18～30 才，平均年令 22.1 才）。この群は、下志津部隊 1800 名のうちから無作為に抽出したもので、32 年 6 月から 33 年 3 月にわたつて検査した。

2. B 群；114 名（18～29 才，平均年令 21.9 才）。この群は、駐屯地駅伝競走にえらばれた隊員からなり、33 年 4 月から 6 月にわたつて検査した。

B. 実験方法；両群ともに、Schneider の原法を

忠実に実施した。ただし、回復時間の決定は、立位脈拍数と、運動後脈拍数の算出法がちがうため、分時脈拍数の不一致がおこるので、両者の差が±2拍をもつて脈拍回復時間とした。

III. 実験成績

A. 検査項目別統計について (表 1, 2)

A群の人員構成は、Schneider が2000例の飛行士について行つたものと同じような構成と考えられるので、統計値については、できるだけ、両者を比較しながら検討した。

1. 臥位時の脈拍数 (表 1. 3. 図 1)

- A群 (Aと略); 変域 42~90, 範囲 48, 最頻値 66, 平均値 65.66 ± 0.44 , 標準偏差 8.82
- B群 (Bと略); 変域 42~84, 範囲 42, 最頻値 63, 平均値 63.30 ± 0.67 , 標準偏差 6.76

第1表 心肺係数と脈拍の項目別統計 (A, B群)

項目	A 群 (400名)			B 群 (114名)		
	M	σ	ν	M	σ	ν
心肺係数	11.96 ± 0.12	2.57	21.5	12.89 ± 0.21	2.21	17.2
臥位脈拍	65.66 ± 0.44	8.82	134	63.30 ± 0.63	6.76	10.7
立位脈拍	74.87 ± 0.52	10.47	140	72.45 ± 0.77	8.22	11.3
立位増加	8.94 ± 0.33	6.67	—	8.68 ± 0.49	5.25	—
負荷後脈拍	91.99 ± 0.53	10.62	115	86.75 ± 1.00	10.65	12.3
負荷後増加	15.98 ± 0.37	7.30	—	14.63 ± 0.55	5.90	—
回復時間	56.25 ± 1.10	21.93	42.8	55.53 ± 2.14	22.81	41.2

M = 算術平均 σ = 標準偏差, ν = 変異係数

第2表 血圧の項目別統計 (A, B群)

項目	A 群 (400名)			B 群 (114名)		
	M	σ	ν	M	σ	ν
縮期位	121.19 ± 0.60	11.95	9.8	122.41 ± 0.81	8.65	7.1
縮期立	111.87 ± 0.62	12.45	11.1	111.19 ± 0.94	10.08	14.2
位位変動	-8.69 ± 0.52	10.38	—	-4.35 ± 0.65	6.93	—
弛期位	68.49 ± 0.75	14.90	21.8	71.19 ± 0.94	10.08	14.2
弛期立	64.44 ± 0.79	15.70	24.4	72.28 ± 0.78	10.28	14.2
位位変動	-3.33 ± 0.69	13.70	—	$+1.64 \pm 0.94$	10.06	—
脈位	52.74 ± 0.70	13.97	26.5	51.14 ± 1.11	11.86	23.4
脈立	47.44 ± 0.60	12.02	25.3	46.83 ± 0.97	10.31	22.0
位位変動	-6.29 ± 0.56	11.13	—	-5.40 ± 1.08	11.49	—
平均位	85.91 ± 0.53	10.68	12.5	87.76 ± 1.00	10.67	12.2
平均立	79.96 ± 0.54	10.87	13.6	82.85 ± 1.15	12.27	14.8
位位変動	-5.56 ± 0.62	12.33	—	-5.08 ± 1.21	12.86	—

平均血圧 = 弛期位 + 1/3 脈位, 位位による変動は臥位が基準

検討:

i. A と Schneider の成績 (Sと略) をくらべると, Aが最頻値で6拍, 平均値でやく8.5拍少く, 変域と標準偏差も少いので, その分布曲線は, Sより左へ偏移し, かつ, 急である。この差は, 人種と体格の相違によるばかりでなく, 極端な頻拍例数の

多少にも大きく影響されると考える。すなわち, Sの最頻値と平均値の差は2.11におよぶが, Aでは, わずか0.34に過ぎず, また, 分時90拍以上の例は, Sで8.5%, これにたいして, Aではわずか1.5%である。meylan⁽⁴⁴⁾ は40~80拍を“良い”健康の示標としたが, これを用いると, Aでは94.8%が, Sでは71.5%が該当することとなる。

ii. AとBをくらべると, Bが平均値でやく3拍少く, 変域が徐拍側へ片より, 標準偏差も小さい。

iii. 健康人の臥位尋常脈拍数については, 被検者の人種・年齢・体格, および, 季節などの変動要因がちがうので, そのままで, Sと比較することはできない。たとえば, 小田教授⁽⁴⁶⁾ は, 成人の尋常脈拍数は分時60~70が生理的範囲で, 臥位64, 坐位68, および, 立位72であるという。耐久力を必要とする運動家には, 徐拍が多く, これは循環機能の機

第3表 脈拍の統計 (その1)

脈拍	飯島 (400例)	Schneider 無作爲飛行士 2000例	無作爲飛行士 200例 (精密)
平均年齢	22.1 ± 0.13	24.8 ± 0.05	—
変域	42~90	42~117	48~102
最頻値	48	75 (60)	54
最頻値	66	72	72
平均値	65.66 ± 0.44	74.11 ± 0.15	75.0 ± 0.47
標準偏差	8.82	10.22	—
60以下	31.5%	10.5%	7.5%
70以下	76.3%	35.9%	31.0%
80以下	94.8%	71.5%	67.0%
90以上	1.5%	8.5%	11.0%
100以上	0	1.05%	—
変域	48~108	51~147	63~126
最頻値	60	96 (69)	63
最頻値	72	90	90
平均値	74.87 ± 0.52	91.99 ± 0.19	90.11 ± 0.55
標準偏差	10.47	12.56	—
50~90	94.3%	50.7%	55.5%
80以下	67.8%	15.4%	18.0%
100以上	1.25%	24.6%	16.0%
130以上	0	4例 (0.2%)	0

() 内。数字は極端例と除外した場合

械的效率がすぐれていることを示すといわれてきた⁽⁶⁾。本テストの成績も, また, これらの記述と一致する。

2. 立位時の脈拍数 (表 1. 3. 図 1)

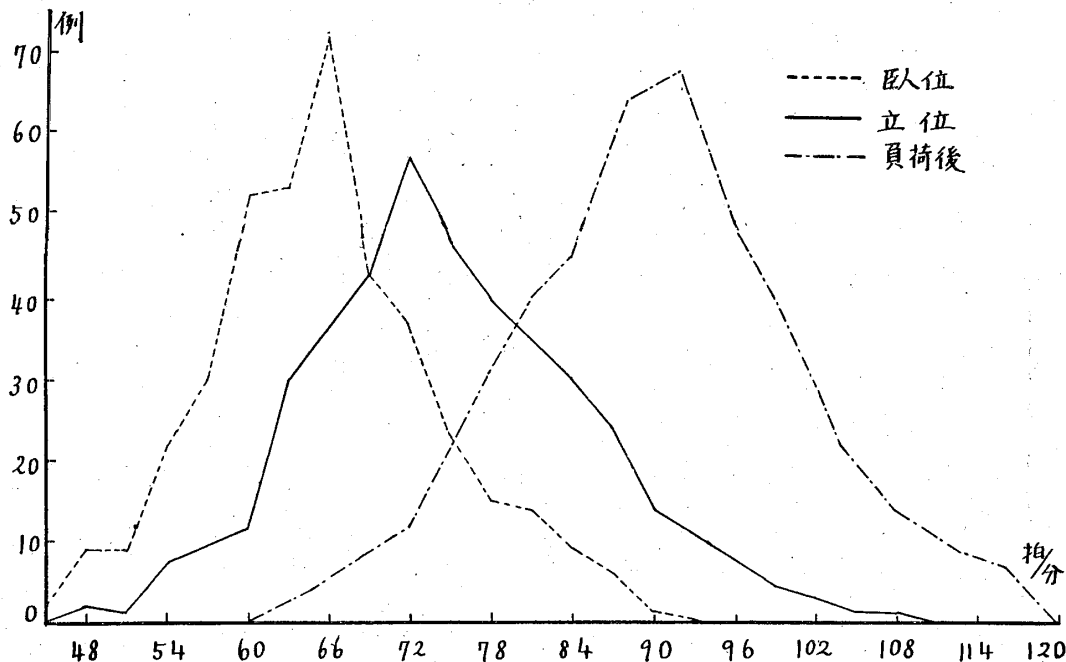
a. A群 (Aと略); 変域 48~108, 範囲 60, 最頻値 72, 平均値 74.87 ± 0.52 , 標準偏差 10.47

b. B群 (Bと略); 変域 54~93, 範囲 49, 最頻値 72, 平均値 72.45 ± 0.52 , 標準偏差 8.22

検討:

i. AとS (Schneider の成績の略) をくらべる

図 1. 臥位・立位・運動負荷後脈拍の分布



と、両者の差は臥位脈拍数よりいじしく、変域・最頻値・平均値、および、標準偏差について、いずれもAがSより少い。しかし、臥位脈拍数とちがい最頻値と平均値の差はAがSより大きく、したがって、Aの分布曲線における頻拍側は、Sのそれにくらべてなだらかである。Meylan⁽⁴⁴⁾は50~90拍を“良い”健康の示標としたが、これにしたがえば、Aでは94.3%が、Sでは50.7%が該当することとなる。

ii. AとBをくらべると、Bが平均値で2拍少く、変域は徐拍側へ片より、標準偏差も小さい。しかし最頻値が等しいのに、平均値はBの方が小さいので、Bでは頻拍例が少いわけである。

3. 立位による脈拍増加(立・臥脈拍差)(表1, 4, 図2 A, 3)

a. A群(Aと略); 変域-3~+33, 平均値8.94±0.33, 標準偏差6.67, 分布曲線の右側がなだらかである。

b. B群(Bと略); 変域0~+21, 平均値8.68±0.52, 標準偏差5.25

検討:

i. AとS(Schneiderの成績の略)をくらべると、Aが変域、および、平均値で、はるかに少ない。充分安静をとらせて、注意深く、臥位脈拍を測ると、立位脈拍が臥位脈拍より少なくなることは、きわめて稀で⁽⁵⁰⁾、Aでわずかに、2例(0.5%)認められただけである。Meylan⁽⁴⁴⁾は+16拍をもつて健常の

限界値とし、小田教授⁽⁴⁶⁾は+20拍を用いたが、これらにしたがうと、Aでは86%, Bでは92%が健常群に該当することとなる。

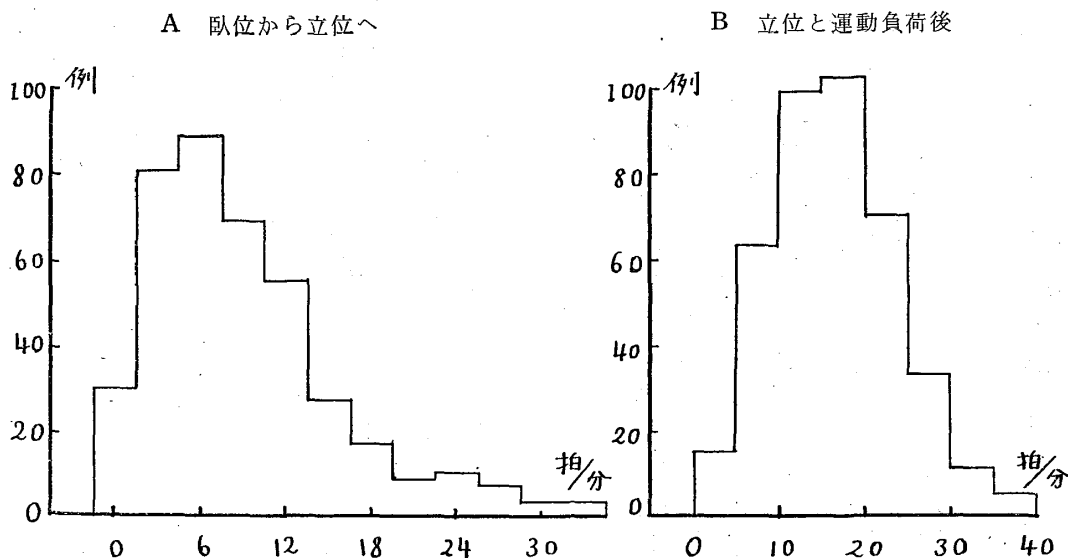
ii. AとBをくらべると、Bの変域はせまいが、平均値には統計的な有意差がない(危険率5%)。それゆえ、これだけでは、AB間に優劣をつけることができない。

iii. Schnoiderは2,000例の相関図から、立位脈拍数を基線にとつた場合の立位脈拍増加の平均値が、前者の大きくなるほど大で、逆に、臥位脈拍数を基線にとつた場合には、前者が大きくなるほど小となること、さらに、この2つの系列のうち、一方が増せば、他方の系列が相対的に、かつ、直線的に

第4表 脈拍の統計(その2)

脈 拍	飯 島 (400例)	Schneiderの無作為抽出群	
		2000例(銀行士)	200例(精査)
立 位			
変 域	-3~+33	-15~+57	-3~+36
平 均 値	8.94±0.33	17.9±2	14.9±0.4
≤ 0	7.5 %	3.3 %	3.0 %
30拍以上	1.5 %	12.6 %	2.1 %
40拍以上	0	1.3 %	0
50拍以上	0	0.3 %	0
負荷後			
平 均 値	11.99±0.53	10.242±0.20	10.20±0.19
脈拍数標準偏差	10.62	12.97	12.10
負荷後			
平 均 値	15.98	10.43	12.1
脈 拍			
≤ 0	1.0 %	10.45%	6.5 %
最大値	39	48	36
25拍以上	12.25%	44 %	5.0
±臥位相関係数	0.747±0.033	0.666±0.008	0.729±0.022
負荷後・立位相関係数	0.705±0.033	0.789±0.006	0.801±0.005

図2. 体位変換, および, 運動負荷による脈拍増加の分布



減る関係にあるといつた。しかし、これは、傾向的にいえるだけであり、ことに、Aでは、かような傾向すら、判然としなかつた。すなわち、臥位脈拍数を基線にとつた立位脈拍の増加にかんする平均値線は、臥位脈拍の変域48~90にわたつて、やく9拍の差で、ほぼ水平に走つており、また、立位脈拍数を基線にとつた立位脈拍増加にかんする平均値線は、上方にむかつてゆるやかな凸を示す緩曲線を描いている。いいかえると、一応、両系列の相対的相関性は認められるが、A群程度の比較的せまい臥位

脈拍の変域内では、Schneider が2,000例群相関図から認めたほどの明らかな規則性を見出しえなかつた。しかし、臥位脈拍の変域が頻拍側へ拡大すればするほど、この傾向がはつきりするだろうとは予想しうる。このことは、臥位脈拍と立位脈拍の増加との相関係数が -0.127 ± 0.05 で、統計的に有意でないことからしても、明らかであろう。

4. 運動負荷後の脈拍数 (表1, 4, 図1)

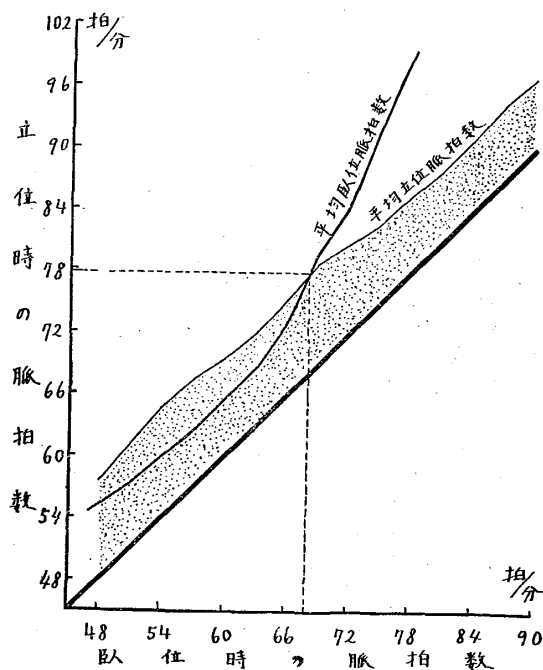
a. A群 (Aと略): 変域64~128, 平均値91.99 ± 0.53 , 標準偏差10.62

b. B群 (Bと略): 変域64~108, 平均値86.95 ± 1.06 , 標準偏差10.65

検討:

i. AとS (Schneiderの成績の略)をくらべると、臥位、および、立位脈拍数より平均値の差が小さくなつてゐるが、これは、つぎに述べる負荷後における脈拍増加の差による。標準偏差は両者ともに臥位<立位<負荷後となつてゐるが、標準偏差が大きいほど、測定誤差が同じならば、異常者の発見が容易となる利点はある。しかし、脈拍に影響をおよぼす因子が増し、これを一定の条件に保つことが困難であればあるほど、測定誤差も増すので、標準偏差の大きさだけが、方法論上の優劣を決めるものとはなり得ない。とくに、運動負荷後の脈拍数は、短時間にいちじるしく変化するので、各例ごとに、正確に、同じ時期に、同じ位置で、同じ程度の休息を与えた状態で測定しなければならない。これは、實際上、かなり大きい困難をとまなう。しかし、臥位および、立位脈拍数をもつてするテストの欠点であ

図3. 立位時の脈拍と臥位時の脈拍の相関



る精神的影響を除去、ないし、軽減しうる意味からすれば、3者とも、独自の特徴と価値をもつと思われる。

ii. AとBをくらべると、立位脈拍数よりも平均値の差が大きい。それゆえ、見かけ上、この点だけで考えれば、負荷後の脈拍に注目する方が、立位脈拍のそれよりも、優劣の判断にまきついているともいえる。

5. 負荷後の脈拍増加 (表1, 4, 図2B, 4)

a. A群 (Aと略): 変域 $0 \sim +39$, 平均値 15.98 ± 0.37 , 標準偏差 7.30

b. B群 (Bと略): 変域 $0 \sim +29$, 平均値 14.36 ± 0.59 , 標準偏差 5.90

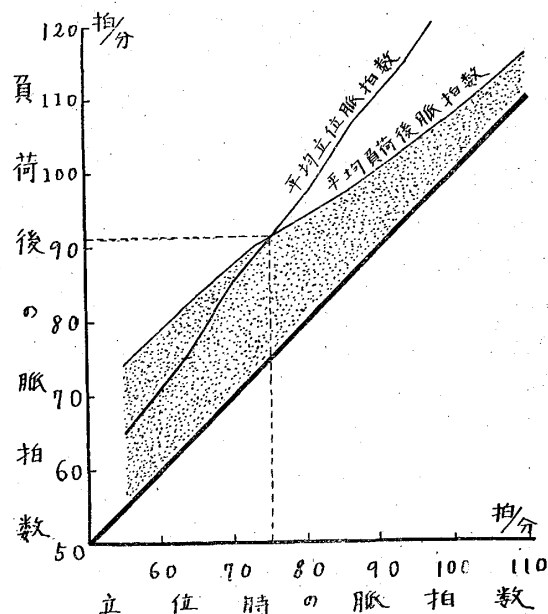
検討:

i. AとS (Schneider の成績の略) をくらべると、Aの方が平均値でやく5.5拍多いのに、変域はむしろ、せまく、とくに、負荷によつて脈拍が変化しないか、かえつて、減る例が、Sの10.5%にたいし、Aではわずかに1.0%にすぎなかつた。しかし、Flack & Boudler⁽¹⁷⁾ が要注意の閾値とした+25拍以上が、Sの4.4%にたいし、Aでは12.3%に達した。このAとSの平均値の大きな相違は、両者間の身体機能の優劣によるものではなく、被検者の体格差を無視して、同一の運動条件を用いたため、労作の強さにいちじるしい差を生じたためではないかと思われる。

また、Schneider は、立位脈拍数と負荷後脈拍数とのあいだにも、臥位脈拍数と立位脈拍数のあいだに存在した相対的相反性を見いだした。すなわち、負荷後の脈拍数を基線にとると、負荷後の脈拍増加の平均は、前者が大きいほど大きくなり、逆に、立位の脈拍数を基線にとると、負荷後の脈拍増加の平均は、前者が大きいほど小さい。したがつて、この2つの系列では、原則的に、一方の系列が増せば、他の系列が相対的に減るといえる。A群の成績も、やはり、この傾向をはつきり現わしており、また、立位脈拍数と負荷後の脈拍増加の相関係数が -0.301 ± 0.05 で、推計的にも有意であることから認められよう。このため、逆に、相関係数では、立位脈拍数と負荷後の脈拍数の $+0.705 \pm 0.05$ にたいし、臥位脈拍数と立位脈拍数は $+0.747 \pm 0.05$ で、かえつて、後者が高い相関を示している。

ii. AとBをくらべると、Aの最大値が+39であるのに、Bはわずかに+29で、平均値と標準偏差がともに、Bの方が少ない。まえに述べたように、立

図4. 立位時の脈拍と負荷後の脈拍の相関



位脈拍数と負荷後の脈拍数は、ある程度まで、相対的である。しかるに、BがAより、立位脈拍数につき、平均値でやく2.4拍少ないのであるから、負荷後の脈拍の増しは、Bの方が多いはずである。ただし、A、B間に優劣はないとする。それゆえ、単なる平均値差よりも、実質的にはより大きい差が存在するといえる。

6. 脈拍の回復時間 (表1)

a. A群 (Aと略): 平均値 56.25 ± 1.10 秒, 標準偏差 21.93 秒

b. B群 (Bと略): 平均値 55.53 ± 2.28 秒, 標準偏差 22.81 秒

検討:

方法は、運動負荷直後から15秒間隔で、15秒間の計測値を4倍して、分時に換算し、これと、20秒間における計測値を3倍した立位の脈拍数とを比較する。それゆえ、回復時間としては、30秒、60秒、90秒……と、30秒ごとの数値しかえられず、測定誤差が大きくなるおそれが充分ある。同じ運動負荷条件を用いながら、Flack & Boudler⁽¹⁷⁾ は30秒を、Schneider⁽⁶²⁾ は120秒を要注意の閾値としているのも、かような点に大きく左右される。しかしAの成績からすれば、要注意の閾値を90秒にすることが妥当であろう。また、A・B間にも、平均値、および、標準偏差はともに有意差を示さず(5%の危険率)、結局、Schneiderの原法では、回復時間が肉体的の優劣を現わす基準にはなりにくいことを思わせる。

7. 臥位時の縮期圧 (表 2. 5. 図 5)

a. A群 (Aと略): 変域 90~153 mmHg, 平均値 121.79 ± 0.60 mmHg, 標準偏差 11.95 mmHg

b. B群 (Bと略): 変域 86~148 mmHg, 平均値 122.41 ± 0.81 mmHg, 標準偏差 8.65 mmHg

検討:

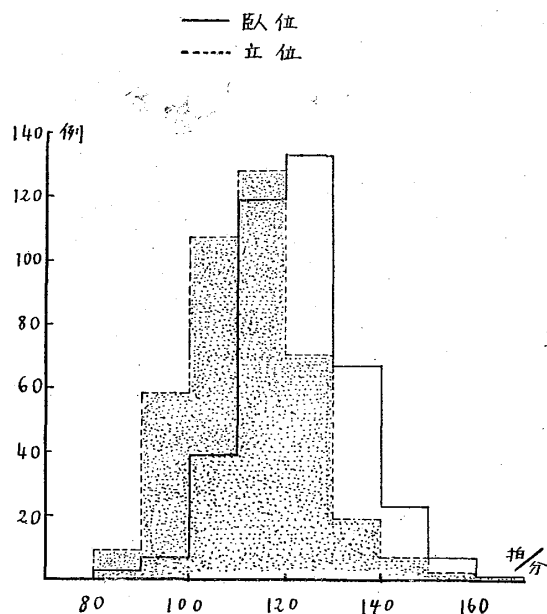
i. AとS (Schneider の成績の略) をくらべると, 変域, および, 標準偏差にほとんど差はないが, 平均値ではAがSよりやや高い。これは, 血圧の低い例 (100 mmHg 以下) がAに多かつたためである。

第5表 縮期圧の統計

縮期圧	飯島 (400例)	Schneider (200例)
変域	90 ~ 153 mmHg	86 ~ 164 mmHg
平均値	121.79 ± 0.60 mmHg	117.98 ± 0.15 mmHg
標準偏差	11.95 mmHg	9.98 mmHg
100 mmHg 以下	2.5 %	6.1 %
140 mmHg 以上	7.5 %	1.4 %
変域	84 ~ 148 mmHg	86 ~ 170 mmHg
平均値	111.87 ± 0.62 mmHg	120.26 ± 0.18 mmHg
標準偏差	12.45 mmHg	11.78 mmHg
100 mmHg 以下	15.2 %	5.0 %
140 mmHg 以上	2.5 %	3.95 %
100 mmHg 以下	1.5 %	2.25 %
140 mmHg 以上	1.25 %	1.0 %
変域	+18 ~ -38 mmHg	+40 ~ -32 mmHg
平均値	-8.69 ± 0.52 mmHg	
標準偏差	10.38 mmHg	
立位 > 臥位	16.5 %	55.55 %
± 1.0 mmHg	80 %	17.95 %
立位 < 臥位	76.5 %	26.50 %

体位による変動は臥位が基準

図5. 縮期圧の分布



ii. AとBをくらべると, 変域, および, 平均値にほとんど差はないが, 標準偏差ではBがAより小さいので, B群の方がA群よりも血圧の高・低例が少なく, 分布曲線が急である。

8. 立位時の縮期圧 (表 2. 5. 図 5)

a. A群 (Aと略): 変域 84~148 mmHg, 平均値 111.87 ± 0.62 mmHg, 標準偏差 12.45 mmHg

b. B群 (Bと略): 変域 88~152 mmHg, 平均値 117.41 ± 1.04 mmHg, 標準偏差 11.10 mmHg

検討:

i. AとS (Schneider の成績の略) をくらべると, 標準偏差にほとんど差はないが, 平均値ではAがSよりもかなり低く, 変域も血圧の低いかわでは一致しているのに, 血圧の高いかわではAがやく 20 mmHg もせまくなっている。これは, 臥位時とは逆に, 血圧の低い例 (100 mmHg 以下) がAに多く, 血圧の高い例 (140 mmHg 以上) がSに多いためである。したがって, 臥位時でも立位時でも, 同じように血圧が低い, または, 高い例は, SとAではほとんど差がなくなっている。

ii. AとBをくらべると, 変域, および, 標準偏差にほとんど差はないが, 平均値ではBがAよりかなり大きい。これは, あとで述べるように, Bの方が, Aよりも, 体位による縮期圧の変動が小さいためである。

9. 体位による縮期圧の変動 (表 2, 5, 図 6)

a. A群 (Aと略): 変域 +18~-38 mmHg, 平均値 -8.69 ± 0.52 mmHg, 標準偏差 10.38 mmHg

b. B群 (Bと略): 変域 +15~-23 mmHg, 平均値 -4.35 ± 0.65 mmHg, 標準偏差 6.93 mmHg

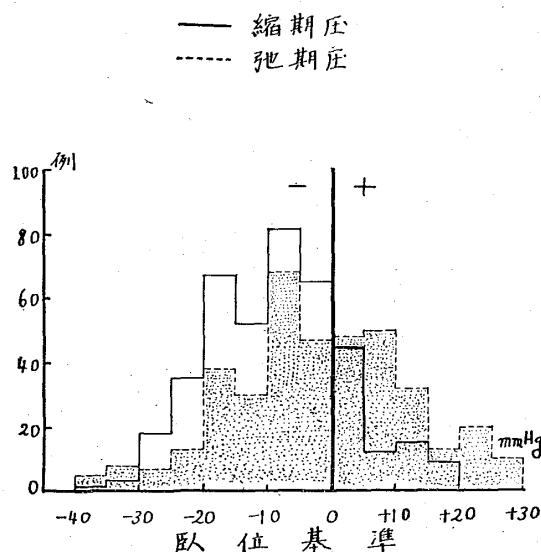
検討:

i. AとS (Schneider の成績の略) をくらべると, 平均値でやく 10 mmHg の差がある。これは, 臥位から立位への自動的な体位変換にともなう縮期圧の変動が, Sではやく $\frac{2}{3}$ 上昇することとなり, やく $\frac{1}{3}$ が下降することとなっているのたいて, Aではこの関係がまったく逆になり, 上昇するものが $\frac{1}{4}$ で, 下降するものが $\frac{3}{4}$ におよぶためである。

ii. AとBをくらべると, Bは低下するがわがいちじるしくせまくなり, 平均値で, 低下度がやく 4 mmHg 減り, 標準偏差が小さく, 分布曲線がAより急で, かつ, (+) のがわへ移っている。しかし, 体位変換にともなう, 縮期圧がさがる一般的傾向には変りがない。

iii. 能動的な体位変換による縮期圧の変動につい

図 6. 体位による血圧変動の分布
(立位—臥位)



ては、Erlanger & Hooker⁽¹⁴⁾ 以来多くの観察が行われてきたが、観察者によつて報告がまちまちである。すなわち、Lee⁽⁴⁵⁾, Sewall⁽⁶⁴⁾, Schellong⁽⁶³⁾ らは (Schneider と同じように)、立位時に上昇する傾向を認めたが、mortensen⁽⁴⁵⁾, Cotton, Rapport and Lewis⁽¹⁰⁾ らは、逆に、立位時にさがる傾向を見た。かようなちがいは、体位による縮期圧変動が、年齢・季節・日差・疲労・環境温度、および検査時の精神因子などに、たやすく左右されるばかりではなく、転位の速さ、および、そのさいの自発運動のありかた (たとえば、“いきばり”による腹圧の変化など) などのような、複雑な影響が加わるためであると思われる。とくに Schneider の原法などは、縮期圧の回復過程の終りごろを、連続的な血圧測定によつてきめないで、脈拍の安定値を間接的な指標とし、起立後 2 分、ないし、3 分での 1 点時測定だけをしている。それゆえ、これを、そのまま安定した立位血圧とみなすことには疑いがある。

10. 臥位時の弛期圧 (表 2, 6, 図 7)

a. A 群 (A と略): 変域 32~112 mmHg, 平均値 68.49 ± 0.75 mmHg, 標準偏差 14.90 mmHg

b. B 群 (B と略): 変域 46~104 mmHg, 平均値 71.19 ± 0.94 mmHg, 標準偏差 10.08 mmHg

検討:

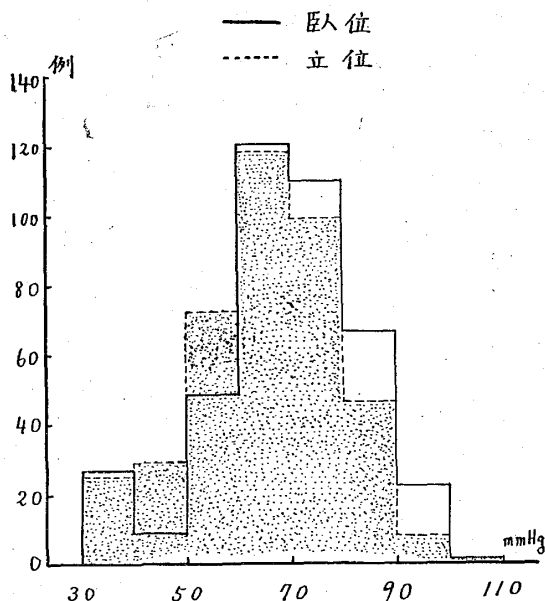
i. Schneider は、弛期圧として Swan の第 4 点を用いたのにたいし、わたくしは、原則として、第 5 点を取り、第 5 点がいちじるしく低いか、または、延長しているときだけに (30 mmHg 以下)、第

第 6 表 弛期圧の統計

弛期圧	飯島 (400例)	Schneider (2000例)
変域	32 ~ 112 mmHg	38 ~ 106 mmHg
平均値	68.49 ± 0.75 mmHg	71.63 ± 0.13 mmHg
標準偏差	14.90 mmHg	8.38 mmHg
50 mmHg 以下	8.0 % (32例)	5例
100 mmHg 以上	0.75 % (3例)	1例
立位	変域 34 ~ 103 mmHg	42 ~ 110 mmHg
平均値	64.44 ± 0.79 mmHg	79.7 ± 0.14 mmHg
標準偏差	15.70 mmHg	9.07 mmHg
50 mmHg 以下	13.5 % (54例)	1例
100 mmHg 以上	0.5 % (2例)	12例
体位による変動	変域 +24 ~ -32 mmHg	
平均値	-3.33 ± 0.69 mmHg	
標準偏差	13.70 mmHg	
立位 > 臥位	40.40 %	
$\leq \pm 1.0$ mmHg	11.25 %	
立位 < 臥位	48.35 %	

体位による変動は臥位が基準

図 7. 弛期圧の分布



4 点を弛期圧とした。それゆえ、変域、および、標準偏差はともかく、他の統計値については、A と S (Schneider の成績の略) をそのままくらべると、誤解するおそれがある。しかし、弛期圧の低い例 (50 mmHg 以下) が、S の 0.25% にたいし、A では、8.0% におよぶため、A の方が平均値でやく 3 mmHg 低く、かつ、標準偏差が 6.5 mmHg 大きいのは、たんに、弛期圧のとりかたがちがうためだけによるものではないと考える。

11. 立位時の弛期圧 (表 2, 6, 図 7)

a. A 群 (A と略): 変域 34~103 mmHg, 平均値 64.44 ± 0.79 mmHg, 標準偏差 15.70 mmHg

b. B群 (Bと略): 変域 52~98 mmHg, 平均値 72.28 ± 0.78 mmHg, 標準偏差 10.28 mmHg

検討:

i. AとS (Schneider の成績の略) をくらべると, 弛期圧の高い例 (100 mmHg 以上) の率に差はない (ともに, やく 0.5%)。しかるに, 弛期圧の低い例が, Sの 0.05% にたいして, Aでは 13.5% を占めるため, Aの方が, 平均値でやく 15 mmHg 低く, かつ, 標準偏差がやく 6.6 mmHg 大きい。これは, たんに弛期圧のとりかたがちがうためだけのものではないと思われる。

ii. AとBをくらべると, 平均値の差は臥位時よりも大きい, Bの方が変域と標準偏差が小さいのは, 臥位時と同じで, 標本の分布が平均値附近でより密であることを示す。

12. 体位による弛期圧の変動 (表 2. 6. 図 6)

a. A群 (Aと略): 変域 +24~-32 mmHg, 平均値 -3.33 ± 0.69 mmHg, 標準偏差 13.70 mmHg

b. B群 (Bと略): 変域 +18~-20 mmHg, 平均値 $+1.54 \pm 0.94$ mmHg, 標準偏差 10.06 mmHg

検討:

i. AとBをくらべると, 平均値でやく 5 mmHg の差があり, Bの方が変動は少なく, かつ, その方向は逆である。また, 変域では, 縮期圧と同じように, 低下側がいちじるしく狭くなり, 標準偏差が小さいこととともに, 分布曲線がAより急で, かつ, (+) のがわへ移っている。また, 平均血圧 (弛期圧 $+1/3$ 脈圧) を用いても, 体位による変動はBがAよりも小さい傾向にある。

ii. A・Bともに, 縮期圧にくらべて変動が小さく, とくに, Bでは上昇する傾向さえある。それゆえ, 脈圧は, とくに, 臥位から立位への体位変換によつて減る傾向にある。ただし, その程度は, A・B間に有意の差がなかった (図 8, 9)。

iii. 能動的な体位変換による弛期圧の変動についても, 縮期圧と同じように, 多数の観察が行われてきたが, 縮期圧の場合と異なり, ほとんどの観察者が, 不変か, 上昇する傾向を認め, この点では一致している。しかし, わたくしの成績は, Aでわずかながら, むしろ, 減る傾向を示した。これは, 縮期圧の変動について検討したように, Schneider の原法が, 一点時だけの測定値を用いるために生じた差であろうと思われる。体力のすぐれていると考えられるB群が上昇する傾向を示したのは, A・B両群の血圧回復過程の遅速によると思われる。したがつ

図 8. 脈圧の分布

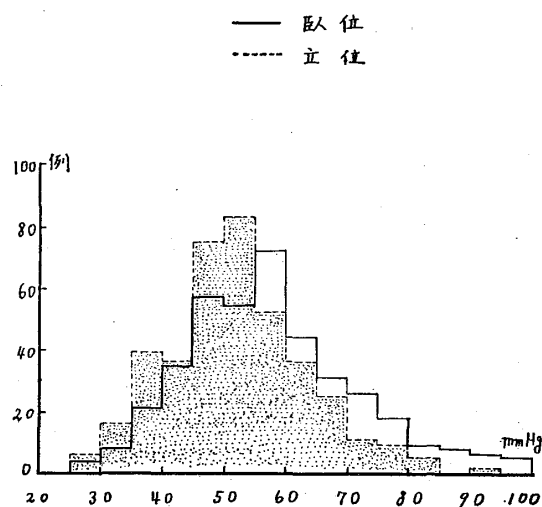
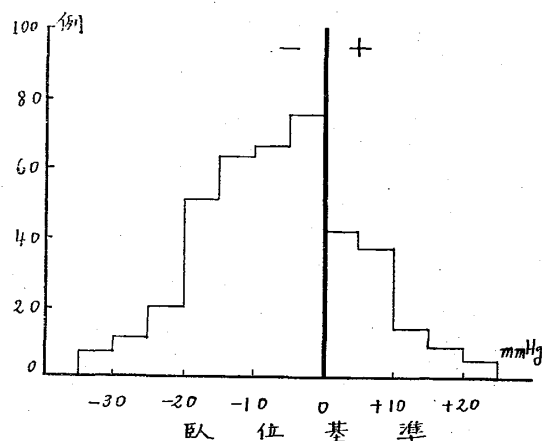


図 9. 体位による脈圧変動の分布
(立位-臥位)



て, A群でも, 血圧の回復過程を, Schellong's Test⁽⁶³⁾ の第1部のように, くりかえし測定して, その安定値をとれば, B群の成績に近くなると思われる。

B. 項目間の相関について (表 7, 8)

1. 心肺係数 (Schneider's Index) と他項目との相関

心肺係数との相関が ± 0.5 を起えるものは, 臥位, および, 立位の脈拍数と体位による縮期圧変動との3項目だけであつて, 立位の脈拍増加と回復時間は相関が低く, 負荷後の脈拍増加は統計的に有意な相関を示さない。これから, すでに富田教授⁽⁶⁸⁾ らが指摘したように, 心肺係数は各検査項目とのあいだに, 一義的な相関をもたず, とくに, 臥位, および立位の脈拍数と体位による縮期圧変動とが, 過大に評価されている傾向にある。前項で述べたように,

第7表 Schneider's Test の心肺係数と項目間の相関係数

相 関 項 目		脈 拍				体位縮期		心 肺 係 数	
		臥 位	立 位	立位増加	負荷後増加	回復時間	圧変動		
飯 島 (400例)	脈	立 位	+0.747		信頼限界は $\sigma_r = \frac{1}{\sqrt{N-1}}$, 30% 有意とす				
		立位増加	+0.127	+0.640	したがって、限界値は、0.150である				
	拍	負荷後増加	+0.111	-0.301	-0.393	表中・印は有意でないものを示す			
		回復時間	-0.164	+0.057	+0.115	+0.328			
	体位縮期圧変動	+0.046	+0.086	+0.103	+0.161	+0.028			
	心 肺 係 数	-0.571	-0.660	-0.281	+0.024	-0.294	+0.517		
	負荷後脈拍数	+0.643	+0.705	+0.301	+0.315	+0.294	+0.041	-0.656	
富 田 加 藤 (281例)	脈	立 位	-0.771						
		立位増加	-0.129	+0.602					
	拍	負荷後増加	-0.105	-0.256	-0.298				
		回復時間	-0.040	-0.166	-0.302	+0.457			
	体位縮期圧変動	-0.143	+0.003	-0.205	-0.193	+0.146			
	心 肺 係 数	-0.719	-0.846	-0.321	-0.013	+0.006	+0.370		
	負荷後脈拍数								

安静時の脈拍数が鍛練者で少なく、身体的劣弱者に多いことは、一般に認められている。ただし、安静時においても、実際問題として、精神的影響は起こりうるから、これをあまり重視すると、精神的影響による変動のために、判断を誤まるおそれがある。また、体位による縮期圧変動との相関が他の項目にくらべて過大であるのは、Schneider がこの項目に与えた評点区分が、尋常血圧の変動にたいしてこまかすぎたためもあると考えられ、これらが心肺係数の信頼を低下させる一因と思われる。

2. その他の項目間の相関

a. 臥位の脈拍数と立位の脈拍増加の相関は統計的に有意でないから、本テスト採点表のように、臥位の脈拍数の小区分ごとに、立位の脈拍増加を評点する意味は大きくないようである。すなわち、立位の脈拍増加は独立評価してさしつかえないと思われる。

b. 立位の脈拍数と負荷後の脈拍増加とは逆相関が認められるので、立位の脈拍数の小区分ごとに評点することは有意義であると思われる。

c. 負荷後の脈拍数は、本テストの採点項目に採用されていないが、体位による縮期圧の変動を除く全項目との相関が、比較的平均して高く、かつ、精神的影響を受けにくい利点もあり、標準偏差も中等度で判別に便であるゆえ、評点項目としてとりあげる価値は充分であると思われる。

d. 回復時間は、負荷後の脈拍増加と相関が認められるだけで、心肺係数をはじめ、他の項目とは、統計的にほとんど有意な相関がないので、測定技術上の困難をもあわせて考えれば、原法のまま存続させることは、無意味のように思われる。とくに、回復時間と負荷後の脈拍増加には、かなり高い順相関

があり、しかも、負荷後の脈拍増加と立位時の脈拍数とは、かなりの逆相関的傾向にあるので、Schneider の評点法にしたがうと、立位時の脈拍数が大きければ、それだけ、負荷後の脈拍増加は小さく回復時間は短くなり、立位時の脈拍数と回復時間の評点が相反する結果となる。これは、Schneider が、絶対価だけを用いて、脈拍の回復率をとらないところに問題があると思われる。

e. 体位による縮期圧の変動は

他のいずれの項目とも有意の相関を示さない。このことは、縮期圧の変動を規定する因子が複雑で、たとえ、脈拍を規定する因子と共通のものがあつてもその影響が他の因子のためにかくされて、脈拍数とは全く独立に変化する結果になるためと思われる。とくに、縮期圧、および、弛期圧の変動について検討したように、体位変換後の1点時測定の血圧値だけをとりあげるため、測定値の信頼度と意味づけに疑問がある。それゆえ、原法のままで、体力の強弱に関連する変化に、一定の方向をみとめようとすることは意味がすくないと思われる。

f. 臥位時と立位時の縮期圧、および、弛期圧とそれぞれの変化との相関は、ともに、立位による上昇傾向にたいして、臥位では負の、立位では正の中等度の相関がある。これは、臥位と立位の脈圧にかなり高い正の相関があることとともに、体位による変化を、いずれも尋常血圧高におこうとする Homeostasis⁽⁵⁷⁾ のあらわれであると思われる。

g. 体位による脈圧の変動と立位による脈拍増加のあいだにみられる中等度の負の相関は、脈拍数と脈圧、または、その修正値との積が、すくなくとも健康人では、心送血量を概算する簡易法として利用できる (Erlanger & Hooker⁽¹⁴⁾, Liljestrand & Zande⁽³⁷⁾) ことを思わせる。

第8表 各種血圧値間の相関係数

基 準 項 目	相 関 項 目	相 関 係 数	備 考
臥 位 縮 期 圧	立 位 縮 期 圧	-0.392	立位増加が負向にたいして正の値
臥 位 弛 期 圧	立 位 弛 期 圧	-0.442	.
立 位 縮 期 圧	立 位 縮 期 圧	+0.434	.
立 位 弛 期 圧	立 位 弛 期 圧	+0.427	.
臥 位 脈 圧	立 位 脈 圧	+0.629	
体位脈圧変動	立位脈拍増加	-0.461	脈圧の立位による増加は負向にたいして正の値

IV. 考 案

A. 徐脈（拍）と機械的心効率

Bainbridge⁽³⁾は、一定の徐脈（拍）が機械的心効率の良さを意味するといつた。すなわち、安静時のように、心への静脈血性流入が小さければ、脈拍数の増加は心の弛期性容量を減らし、そのため拍動あたりエネルギーの消費もすくなくてすむが、このように、拍動あたりの酸素消費が減つても、脈拍数の増加による酸素消費の増しを相殺するほどには大きくならないので、結局、分時酸素消費量はふえる。したがって、安静時のように、心送血量、いいかえれば、心の分時仕事量（力学的平均血圧がほぼ一定として）が定常的で、しかも、静脈血性流入が小さければ、頻脈（拍）は機械的心効率を低め、非経済的となる。しかるに、鍛練者や体力のすぐれたものは、骨格筋の発達に依りて、心筋もまた良く発達して強くなり、安静時においてすら、未鍛練者や体力劣弱のものよりも、心の収縮力は増し、駆血量はふえ、脈拍はあまり多くなくてすみ、機械的心効率が良いことを示す。また、鍛練そのものが、とくに、心の迷走神経緊張を強めるゆえ（Athlet-Vagotonie）、これらも相乗的に作用して、鍛練者は徐脈（拍）に傾むくようになる。しかし、心を支配している自律神経は、情緒の変化、環境温度、日差変動などの複雑な要因によつて大きく左右されるゆえ、かならずしも、検査時に、その人の最良の機械的心効率を維持する脈拍数を示しているとは、期待できないことであろう。また、鍛練度以外の影響因子の効果を消去しうるような、かつ、簡単に実施しうるような測定方法はすくないので、安静時の徐脈（拍）が機械的心効率の良さを示すことを、一おう、認めるにしても、逆に、安静時の脈拍数を、ただちに体力評価の良い指標とすることはできない。したがって、安静時の臥位、および、立位の脈拍数を過大に評価している心肺係数は、体力の指標としての信頼性に欠ける場合もありうる。しかし、はげしい持続的な労作時のように、心への静脈血性流入が増し、心が弛期間において、ほとんど生理的限界まで拡張し、その駆血量も限界にまで達するほどになれば、心送血量は脈拍数に比例するようになる。しかも、運動のあいだに達しうる最大分時脈拍数は、鍛練者であるか否かを問わず、160を越えることは稀である⁽³⁾。かように、最大分時脈拍数は、ほぼ、一定しているゆえ、最大心送血量は、駆血量を増す心の能力、す

なわち、心の収縮力に比例する。逆に、同じ心送血量を維持するためには、心の収縮力の大きいものほど、駆血量が大きいので、分時脈拍数はすくなくてすむ。しかも、運動のあいだには、脈拍にたいする自律神経性影響はすくなくなり、分時脈拍数は、ほとんど、機械的心効率の良否に左右されるようになるので、運動負荷中の脈拍数は、機械的心効率の良否に比例し、かつ、肉体的作業能力は、非常に大きくヒトの心送血量によつて決定されるから、強い心は、強い肉体の端的な現われとみなされ、労作中の脈拍数は体力の評価の良い指標となる。ただし、労作の大きさが、心の自律神経性影響を減小させるだけの強さでないときは、やはり、安静時と同じ誤りを犯すおそれがある。一般に、心の迷走神経緊張が消失すれば、分時脈拍数は100~110⁽⁴⁾に達するので、労作強度は、すくなくとも、多くの人でこれ以上の分時脈拍数を必要とするだけの強さであることが必要である。しかし、労作中の脈拍数の測定には特別な装置を要するゆえ、集団的なふるいわけ検査には、ふつう、労作終了直後の脈拍数から労作中の脈拍数を推測し、これによつて、体力評価の指標をえている。この点については、Cotton & Dill⁽⁹⁾、Lythago & Pereira⁽³⁹⁾、猪飼教授⁽²³⁾などの研究があり、一般には労作後5~15秒間の脈拍数をとることをすすめている。さらに、労作の程度が軽い場合には誤差が増すと述べている。

Schneider's Test の負荷は比較的軽度であるから、負荷後の脈拍数には自律神経をはじめ、いろいろの心外性因子が、充分、影響しうる。それだけに測定誤差は大きくなるおそれがある。

安静時の立位における脈拍数にも、心外性因子の影響は強い。それゆえ、この脈拍数を基準にして、負荷後の脈拍数を評点することは、負荷直後の脈拍数を体力評価の指標とする方式の価値を減らすおそれが、多分にあると思われる。

B. 体位変換による脈拍、および、血圧の変動

体位変換による脈拍、および、血圧の変動についての臨床的基礎は Schellong⁽⁶³⁾ によつて明らかにされた。起立により、分時送血量は不変か、やや増す傾向にあり（+3% Schellong & Heinemeister）、この送血量を維持し、かつ、起立によつて、重力のため血液が下方に移動することを代償するため、複雑な調節機序が働く。Schellong は、このさい、二つの形式があるとした。第1は、細動脈域における血圧の降下に拮抗するため、細動脈の口径が狭くな

り、第2は皮膚・筋肉、および、肝・脾などの貯蔵血液が、細動脈の口径が狭くなるため、流血路へ放出され、心への帰流を促進して心送血量を保ち、ひいては、細動脈域の血圧をさげないように働く。また、起立時に働く筋肉の緊張も、心への帰流を促進する。これらの調節機序の総合は、縮期圧を、わずかな上昇か、ないし、不変、さらには5~10 mmHg、最高15 mmHg 以内の低下にとどまらせる。また、このとき、弛期圧は不変か、わずかに上昇、ないし、低下する。しかるに、立位時の脈拍増加とその程度は、主として自律神経（とくに迷走神経の抑制いかん）によつて支配され、起立時の循環調節には、すくなくとも、直接的な大きい意義を持たない。このことは、頸静脈洞、および、大動脈神経の減荷反射による頻拍時に、しばしば、弛期が短縮し、左室の充えい不足を生じ、心拍量が減り、機械的心効率がさがつても、なお、分時心送血量にはいちじるしい変化がおこらないことから明らかである。条件を同一にすれば、立位時の心拍数は、ふつう、心の自律神経緊張が不安定なほど多くなる。一般に、若年者の立位時における頻拍は、老年者のそれよりいちじるしいが、これは、若年者の自律神経緊張がより不安定なためともいわれている⁽⁴¹⁾。また、ときに、立位時に徐拍がおこり、このとき、弛期圧がいちじるしくさがることもある。これは、虚脱の前駆期を意味し、悪いしるしである。

Schneider は評点項目として、循環調節の良否を立位による頻拍度で表わそうとした。しかし、以上のように、立位による頻拍は、心外性因子によつてかようにいちじるしく左右される。また、氏は、臥位の脈拍数の小区分ごとに細かく Scoring したが、いずれも、その価値については大きな疑問があり、かような疑点をふくむ心肺係数の信頼度は、それだけ低下することになるといえよう。

そこで、起立による循環調節の経過を判断するには、縮期、および、弛期圧の変動をより重視すべきである。起立によつて心送血量が、あまり、変化しなければ、立位によつて分時脈拍数が多少増加しても、血圧には、あまり、変化がないこと、その反面において、弛期圧の変動から末梢の細動脈の収縮度を、縮期圧、および、脈圧の変動から心送血量の大きさを、ある程度、推測できるからである⁽²⁹⁾⁽⁵⁹⁾。立位による縮期圧の低下が15 mmHg までならば、心送血量はそれほど減らない。縮期圧とともに、弛期圧がさがるのは、循環調節にきわめて大切な、末

梢脈管抵抗の高まることができないのを意味する場合もある⁽¹³⁾⁽⁶⁰⁾。それゆえ、弛期圧の低下による脈圧の増加は、場合によつて、重大な調節障害をあらわすこともある。血圧高の変化から、Dexter⁽¹²⁾は、動脈壁の硬化度を、ある程度推測できるといい、教室の勝呂⁽²⁸⁾は、それを、くわしく、吟味した。

しかし、体位による血圧変動から、ただちに、循環調節の良否、ないし、体力の評価ができるというわけではない。まえに、脈拍数が、自律神経緊張の安定度によつて、きわめて大きく左右されると述べたが、血圧も、また、心、そのものの機能よりも、末梢脈管抵抗を大きく左右する脈管運動神経を通じて、自律神経緊張の安定度の影響を強くうける⁽⁵⁸⁾。Mark⁽⁴⁰⁾は、自律神経緊張は年長者ほど安定であるといつた。しかるに、体力は、一般に、若年者は年長者にまさるから、起立時における循環調節のありかたいかんだけで体力を評価することはできない。ただ、この観察でとり扱つたように、同一年令層だけを対象とすれば、体力の優秀な群は体力の劣弱な群よりも、起立時の循環調節が良いと推測しうるけれども、なお、慎重にいえば、体力の優秀な群には、比較的、自律神経緊張の安定したものが多くふくまれていることをも示す。それゆえ、ただちに、これでもつて、循環能力の良否をうんぬんし、また、逆に、これを、労作時における循環能力の良否や、さては、体力の優劣判断に用いることは、よほど、慎重でなければならないと思われる。

結局、起立時の脈拍と血圧の変動からは、自律神経緊張の安定状態は、ある程度、判断できても、大きな条件をつけることなしに、これを、循環能力そのものの、さらには、体力までへの評価に用いることは不当である。Schneider がおこなつた評点項目には、体位による弛期圧の変動が無視されており、縮期圧の変動だけがとりあげられている。かつ、その変動値を細分して Scoring したことにも、大した意味をもたない理由を説明した。

なお、運動負荷（労作）後の脈拍の回復時間については、第2部に述べる。

V. ま と め

健康な陸上自衛官、やく、600名を体力普通群（A群）400名、優秀群（B群）114名にわけて Schneider's Test をおこない、つぎの結果をえた。

A. 健康人の脈拍、および、血圧について

1. 臥位、および、立位の脈拍数の生理的変動は、

日本人についての従来の発表と、ほぼ、一致する成績をえた。

2. 健康人では、臥位の脈拍数が立位の脈拍数より多いことは、ごく、まれである。

3. 臥位の脈拍と立位の脈拍とのあいだには、判きりした相対的相反性は見られなかったが、その傾向があるとはいえる。

4. A・B両群の差が、もつともいちじるしくあらわれたのは、負荷後の脈拍数であつた。

5. 立位の脈拍と負荷後の脈拍には、比較的はつきりした、相対的相反性がみとめられた。

6. 血圧では、脈拍で見られたほどは、A・B両群のあいだに差がなかった。

7. 体位による血圧高の変動は、弛期圧よりも縮期圧にいちじるしく、やく2分後の1点時測定では、低下する傾向が強い。なお、弛期圧の変動はわずかであるゆえ、脈圧は立位で減少する傾向がみられた。

図 10. 平均血圧の分布

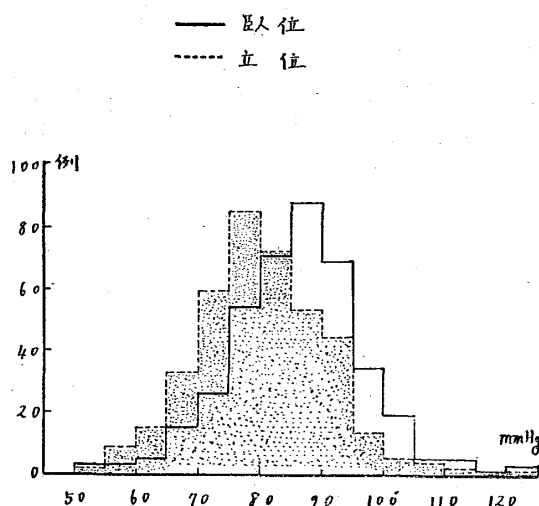
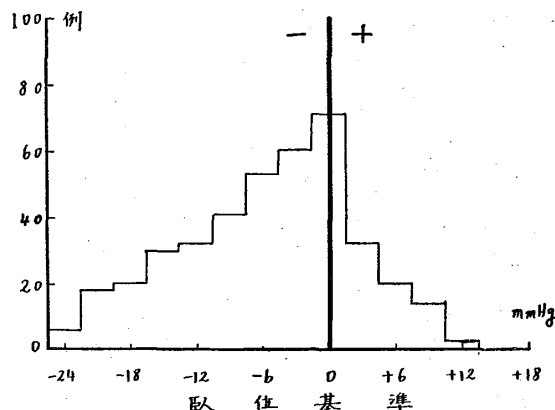


図 11. 体位による平均血圧変動の分布
(立位—臥位)



なお、平均血圧にかんしても、一般に、立位では低下する (図 10, 11)。

B. Schneider's Test の信頼性について

1. この Test にふくまれる 6 つの検査項目にかんしては、原則的に、A・B 群で、Schneider が述べたと同じ傾向を示したが、負荷後の脈拍数以外の項目には、いちじるしい差は見られなかった。それゆえ、わたくしが観察した、A 群と B 群程度の体力差を、これらの検査成績から判別することはむずかしいと思われる。

2. mass-Score である心肺係数は、各検査項目とのあいだの相関がまちまちで、とくに、心外性因子の影響を受けやすい臥位、および、立位の脈拍数ならびに、測定誤差を考えると、規定の評点が細かすぎると思われる体位による縮期圧の変動が、過大に評価されている傾向がある。それゆえ、心肺係数を、そのままの形で、体力の優劣判断に用いることが不当であることを明らかにした。

第 2 部 2, 3 の循環機能検査の体力評価上の意義

目

- I. は し が き
- II. 被検者、および、検査方法
 - A. 一般的な体力検査
 - B. 簡易循環機能検査
 1. “腕立て伏せ” 負荷法 (自衛隊法)
 2. Harvard's Step Test (Slow Form)
 3. Schneider's Test
- III. 検 査 成 績
 - A. 一般的な体力検査の成績

次

- B. 簡易循環機能検査の成績
 1. “腕立て伏せ” 負荷法について
 2. Harvard's Step Test について
 3. Schneider's Test について
 4. 走力と簡易循環機能検査の成績との相関
 5. 小 括
- IV. 考 案
- V. ま と め

I. は し が き

“体力”とは、心身の諸能力を総合した概念であるから、使う人、また、使われる場所によつてちがう内容を持つことが多いので、ここでは、運動能力、または、肉体的作業能力（労作能力）を意味するものとする。

体力評価の方法については、すでに、莫大な業績があり、それらにもとづくいろいろな規準のもとに体力検査が行なわれている。しかし、個人の体力的な優劣を判断する総合的評価法には、大まかな規準すら確立されていない。その理由には、本質的な3つのことが考えられる。

a. 労作能力の評価は、個人の肉体的な適性の度を知る尺度として利用される目的を持つ。しかし、肉体的な適性も相対的な概念であつて、その個人、もしくは、ある特定の集団が要求する労作内容によつて大いに左右される。それゆえ、検査項目の選択、および、重点のおきかたに、一定のわくがきめにくい。

b. 労作能力は、肉体的な機能だけに左右されるのではなく、精神的機能も強く影響し、たがいに複雑に干渉しあう。それゆえ、実施にあたつては、検査がわが重要と認める機能について、その検査法が簡単で、かつ、信頼度が高いものを選ぶことになり、ここに、検査者の主観が大きくはいる。

c. 体力は元来、量的な表示ではあるが、これが意味する心身の全体的な量の表現には絶対的な基準がない。たとえば、体力の要素を作る体格や機能などを、部分的、かつ、個々には計測しえても、これらを総合的に評価するさいに、それぞれの計量値を等価換算することについて大きな問題がある。したがつて、個々の計測値から、体力全体を表出しようとしても、厳重な意味での量的なとり扱いは困難である。すなわち、その表示は絶対的なものではなく規約的、ないし、慣例的なものにならざるをえない。

そこで、わたくしは、量的なとり扱いがある程度できるように、体力の一面を示す持続的な労作能力、すなわち、耐久力を主題的にとり扱い、これを対象として、体力を評価するさい、簡易循環機能検査がどのような意義をもつかを研究した。

II. 被検者、および、検査方法

A. 一般的な体力検査

まず、母集団の一般的な体力的特性の有無を調べる目的で、健康な陸上自衛官 600 名を被検者を選び体格、筋力、簡易な運動能力、および、単純な呼吸循環機能の4つの基本的検査項目について、つぎの19項目を測定した。被検者の平均年齢は23.7才で、18~31才に及ぶ。

1. 体 格

- a. 身長；陸上自衛隊身体検査実施要領の方法による。
- b. 坐高；同上
- c. 体重；同上
- d. 胸囲；同上
- e. 上腕囲（左右）；伸展位、同時に“きき腕”を註に書いた。

2. 筋 力

- a. 握力（左右）；K. Y. S. dynamometer による。
- b. 肩腕力（押・引）；同上
- c. 背筋力；同上

3. 運動能力

- a. 100 m 疾走：秒時計で所要時間を計時（0.1秒まで）する。
- b. 1500 m 疾走；所要時間を1秒ごとに読みあげる。
- c. 投力：ソフトボール、距離 m
- d. 懸垂：回数
- e. 搬送力：50 kg の土のう、距離 50 m、0.1 秒まで計時する。
- f. 走巾跳：踏み切つた地点から計測、単位 cm
- g. 垂直跳力；leap-meter を用いた。

4. 呼吸循環機能

- a. 肺活量；K. Y. S. rotary-Spirometer による。3回実施、最高値をとる。
- b. 息こらえ時間；坐位で防毒マスクを使う。深吸気位で計時する。
- c. 血圧；坐居で聴診法による。弛期圧は Swan の第5点をとる。
- d. 脈拍；安静立位で1分間計測する。

B. 簡易循環機能検査

1. “腕立て伏せ”負荷法⁽⁵⁴⁾（自衛隊法）

- a. 被検者；一般的な体力検査を実施したもの全員
- b. 検査方法；“腕立て伏せ”4挙動1回を、1秒1挙動、4秒で1回のわりで連続20回実施し、負荷終了後15秒経過してから、その後の1分間の脈

拍数を測る。

2. Harvard's Step Test⁽²⁷⁾ (Slow Form)

a. 被検者；一般的な体力検査を実施したもののうちから 96 名を無作為に抽出した。

b. 検査方法；原法どおり実施した。すなわち，高さ 20 imch（やく 51 cm）の踏め台に，毎分 30 回の速さで，5 分間昇降させる。Step の方法は Schneider's Test⁽⁶¹⁾ と同じ不全型で，負荷終了後は坐位をとらせ，終了時から 1～1.5 分，2～2.5 分，および，4～4.5 分の 3 回 30 秒間の脈拍を測り，つぎの式によつて得点を求めた。

$$\text{Harvard's Step Test の得点} = \frac{5 \times 60 \times 100}{2 \times (3 \text{ 回の } 30 \text{ 秒間脈拍数の合計})} \quad (=30.000)$$

3. Schneider's Test

a. 被検者；一般的な体力検査を実施したもののうちから 98 名を無作為に抽出した

b. 検査方法；第 I 部でのべたとおり。

なお，耐久力の量的基準をうる目的で，Harvard's Step Test，または，Schneider's Test の実施者 194 名に 10,000 m 競走を追加した。

III. 検査成績

A. 一般的な体力検査の成績

1. 体格について（表 1）

体力は，もともと機能的量の概念であるけれども身体機能と体格とのあいだには，古くから，密接な相関が推測されている。また，生体の機能は時々刻々に変化するので，現行の機能学的方法では，しばしば，部分的機能の瞬間の状態だけをとらえることになる。しかるに，形態的な測定は，直接的な体力の量的表示にならないが，機能学的方法ではうかがえない面を補足する意味で大切である。なかでも個体を構成する組織・臓器の平衡のとれた発育の表示として，身体の比例的関係が重要である。それゆえ，比体重・比胸囲・Verveck 指数（比体重÷比胸囲），および，Cruse 指数（胸囲²/身長）を算出した。

a. 身長・体重・胸囲を，昭和 32 年度国民栄養調査成績⁽³²⁾とくらべると，全体としてややすぐれているが，そのちがいは，いちじるしくない。また，浦田⁽⁷¹⁾の健康大学生を対象とした成績ともよく一致する。

b. 体格，および，栄養指数は，身体の比例的発育の表示を目的とするので，長径発育の代表値であ

第 1 表 形態的測定項目の統計

項目	M	σ	U
身長	164.14 ^{cm}	4.92 ^{cm}	3.0
体重	59.52 ^{kg}	5.28 ^{kg}	8.9
胸囲	86.52 ^{cm}	3.55 ^{cm}	4.1
比体重	35.95	2.62	
比胸囲	52.51	2.30	
Verveck 指数	88.48	4.35	
Cruse 指数	45.30	3.67	
上腕			
右	26.95 ^{cm}	1.72 ^{cm}	6.4
左	26.05 ^{cm}	1.61 ^{cm}	6.2
右+左	53.02 ^{cm}	3.12 ^{cm}	5.9
相関項目	γ	ρ	
身長	比体重 +0.2365	0.3090 ~ 0.1611	
	比胸囲 -0.3201	0.3887 ~ 0.2841	
身長	Verveck -0.0223		
	Cruse +0.0213		
Verveck	Cruse +0.7873	0.8152 ~ 0.7555	
上腕	Verveck +0.6248	0.6704 ~ 0.5745	
(平均)	Cruse +0.9784	0.9815 ~ 0.9748	
上腕(右)	上腕(左) +0.7293	0.7639 ~ 0.6904	

γ は標本相関係数 ρ は母相関係数

る身長に影響されることは好ましくない。そこで，身長と指数の相関を調べると，比体重では中等度の順相関が，比胸囲では中等度の逆相関がみられたが，Verveck および Cruse 指数とは相関がみられなかった。したがって，のちの 2 者は，絶対値をそのまま用いて体格の大小を判断しうる利点をもつ。

C. Verveck 指数と Cruse 指数のあいだには，当然，きわめて高い相関がみられた。

d. 上腕囲（左右の平均）；八木⁽⁷⁴⁾⁽⁷⁵⁾は栄養指数としての価値のあることを述べ，これと Verveck，および，Cruse 指数とは，いずれも高い相関にありとくに，Verveck 指数は，栄養の良否を加味した全体的な体格指数としてすぐれたところをもつといえよう。

2. 筋力について（表 2）

筋力の測定には 2 つの方向がある。一つは，ある特定の筋群の瞬間的最大能力をみることであり，他は，筋の持久能力を知ろうとすることにある。後者を知るため，いろいろの ergograph が考案されているが，持続的な全身の労作能力を主題とするときには，ある特定筋群の持久能よりも，全身の筋肉活動の効率，および，最大仕事量を明らかにしようとするのが大切である。しかし，わたくしの職場においては，これの実地は，ほとんど不可能であるから，循環機能の良否から間接的に推測する方法がとられている。これについては別に述べるとし，ここでは，瞬間的労作能力の表示として，握力・肩腕力，および，背筋力の 3 つを選んだ。

第2表 筋力測定項目の統計

項目	M	σ	ν
握力	右	49.11	6.72
	左	46.30	6.70
肩腕力	押	49.05	7.09
	引	40.99	7.61
背筋力	163.64	21.64	13.2
相関項目	r	ρ	
握力(右) 握力(左)	+0.7888	0.8166~0.7572	
肩腕力(押) 肩腕力(引)	+0.2678	0.3394~0.1941	
握力(右) 上腕屈(右)	+0.3445	0.4114~0.2735	

握力は「右利き」のみを対象とした

a. 平均値と標準偏差を丸山⁽⁴³⁾および労研値⁽⁵⁵⁾とくらべると、明らかにすぐれているが、浦田⁽⁷¹⁾の成績とはだいたい一致する。

b. 握力の左右の相関は、きわめて高いので、健康人では、いずれか一方の「きき腕」だけについて測定すれば充分であろう。

c. 肩腕力の「押」と「引」の相関が低い、これはとり扱いの不慣れのため、筋と骨格、および、dynamometer とのあいだの力の伝達効率が一定にたもてなかつたので、練習効果や要領の良否に影響されたためであると考えられる。

d. 筋力相互間の相関については、すでに、奥山⁽⁴⁷⁾が高い相関をえているので省いた。したがって、筋力の代表値としては、どれをとつてもよいのであるが、肩腕力は前述の理由で不適当であり、握力はあまりにも局所的に過ぎるので、わたくしは、背筋力が代表値としてふさわしいと考えた。

e. 「きき腕」の握力とその上腕屈との相関は意外に低く、栄養指数としての上腕屈が、同時に、筋力の大小を示すものとはならない。

3. 運動能力について (表3)

特殊な競技などにたいする適性を問題とせず、一般的な運動能力をみるために、特殊化された技術、または、特殊な細筋の Skill などによつて影響されない単純な測定項目だけをえらんだ。

第3表 運動能力測定項目の統計

運動能力	M	σ	ν
100 m	14.46 ^m	0.85 ^m	5.9
搬送力	13.48 ^m	1.78 ^m	13.2
投力	53.93 ^m	8.58 ^m	16.0
懸垂	11.17 ^m	3.44 ^m	30.8
垂直跳力	48.71 ^m	7.03 ^m	14.5
走中跳	4.47 ^m	0.40 ^m	9.0
1500 m	5'43 ^m	30.7 ^m	9.0
相関項目	r	ρ	
100 m 1500 m	+0.3579	0.4247~0.2882	

a. 同一の測定項目については、浦田⁽⁷¹⁾の成績とよく一致する。

b. 100 m と 1500 m 疾走の所要時間の相関は意外に低く、この2つの運動能力を規制する因子のあいだには、種類のちがいと、重要度の差が、かなり大きな役を演じると思われる。

4. 呼吸循環機能について (表4)

持続的な全身の労作能力は、個々の骨格筋の能力よりも、労作によつて高まる全身の物質代謝を円滑に進行させる呼吸循環機能の良否に依存する⁽⁴⁹⁾(既述、ⅢAの2)。集団検査では簡単な臨床生理学的な方法しか用いられないので、肺活量・息こらえ時間・坐位での血圧測定、および、立位での脈拍数の4つを選んだ。

第4表 呼吸・循環機能測定項目の統計

呼吸循環機能	M	σ	ν
肺活量	3.89 ^l	0.51 ^l	13.1
息こらえ	68.95 ^s	14.64 ^s	21.2
血圧 (坐位)	縮期	120.70 ^{mmHg}	12.75 ^{mmHg}
	収縮期	74.40 ^{mmHg}	12.87 ^{mmHg}
	拡張期	47.52 ^{mmHg}	12.32 ^{mmHg}
立位脈拍	76.91 ^拍	10.58 ^拍	13.8
相関項目	r	ρ	
肺活量	息こらえ	+0.1935	0.2677~0.1171
	立位脈拍	+0.0074	
	血圧縮期	+0.0657	
	血圧収縮期	-0.0362	
息こらえ	立位脈拍	+0.0536	
	血圧縮期	+0.0318	
	血圧収縮期	-0.0009	
	立位脈拍	+0.1078	0.1836~0.0298
立位脈拍	血圧縮期	+0.1349	0.2112~0.0576
	血圧収縮期	+0.1349	0.2112~0.0576
	血圧拡張期	+0.1349	0.2112~0.0576
	立位脈拍	+0.1349	0.2112~0.0576
肺活量	身長	+0.4660	0.5251~0.4024
	体重	+0.4051	0.4685~0.3376
	胸囲	+0.4318	0.4933~0.3659
	胸囲	+0.3440	0.4111~0.2731

a. 検査項目のうち、わたくしのあげる立位での脈拍数は、いままでの報告にくらべてやや大きい⁽⁴⁶⁾。これは、この職場における集団検査では、測定前に、十分な安静をとらせることができなかったことにもよると思われる。

b. 検査項目間の相関は、肺活量と息こらえ時間とのあいだに、ごくわずかの相関があつただけで、ほかには全く相関がない。

c. 肺活量は、身長・体重、および、胸囲とかなり高い相関をもつので、絶対値だけで優劣を判断することはできない。

5. 体格指数と主要機能との相関 (表5)

体格と機能との相関については、すでに、鈴木⁽⁶⁵⁾、

石井⁽²⁶⁾らの研究があるが、わたくしは、体格の代表値として数的なとり扱いに便な Verveck, および, Cruse 指数について, 主要な機能検査項目との相関を調べた。

第5表 体格と機能との相関係数

機能	Verveck		Cruse	
	r	p	r	p
100m	-0.0509		-0.1584	0.2340~0.0816
1500m	+0.0053		+0.0136	
肺活量	-0.0271		+0.3040	0.3735~0.2313
息こえ	+0.1496	0.2252~0.0723	-0.0023	
血 縮期	+0.0717		+0.0306	
血 弛期	+0.0134		+0.0013	
立位脈拍	-0.0626		-0.0293	

a. Cruse 指数が, 肺活量と有意に相関する一方, Verveck 拍数には, かような傾向がない。その理由は, Cruse 指数の方が身長(長径)と胸囲(横径)だけから算出され, 胸部内臓容積の大きな部分を占める肺の状態を, 間接的に, 表わす指標として, すぐれているからだと思われる。

b. Cruse 指数と 100 m 疾走所要時間とのあいだには, わずかながらも相関があつた。これと, 前述の Cruse 指数と肺活量との有意の相関, および, 後述の肺活量と 100 m 疾走所要時間との有意の相関から, 100 m 疾走が, 疾走中, ほとんど呼吸停止に近い状態にあり, この間, 肺換気が小さいので, その所要時間は, 相対的な肺活量の大小に左右されるのではないと思われる。

6. 走力と主要機能との相関 (表 6)

100 m 疾走は, 瞬間的な呼吸・循環機能の適応いかんを, 1500 m 疾走は, 比較的持続的な呼吸・循環機能の適応いかんを, 間接的ながら示すと考えられる。それゆえ, これらと単純な呼吸循環機能検査との相関を調べた。

a. 両者とも息こえ時間, および, 血圧高とはほとんど相関がない。

b. 両者とも肺活量, および, 立位の脈拍数との相関は低いけれども, 相関の大きさは, ちょうど, 逆になつてゐる。これは, さきの両者間の相関度が意外に低かつたこととともに, この両者の能力を規制する因子の種類と重要度に共通性が乏しいことを思わせる。

7. 小 括

a. 一般的な体力検査成績については, 母集団として選んだ健康な陸上自衛官は, 一般に, 同年令層の平均国民体位よりややすぐれている。しかし, そ

第6表 走力と機能測定項目との相関係数

機能	100 m		1500 m	
	r	p	r	p
肺活量	-0.1429	0.2186~0.0652	-0.1161	0.1929~0.0386
息こえ	+0.0245		-0.0803	0.1675~0.0021
血 縮期	-0.0599		+0.0819	0.1688~0.0136
血 弛期	+0.0450		+0.1020	0.1785~0.0236
立位脈拍	-0.0548		-0.0276	
立位脈拍	+0.1242	0.2032~0.0465	+0.2454	0.3175~0.1704

の差はとくにいちじるしいとはいえない。それゆえこの研究でえられた成績を, 一般論をいうときに用いても, 大きな誤まりをおかすおそれはすくないと考える。

b. この研究でとりあげた検査項目だけに限れば, 体格・筋力・運動能力, および, 呼吸循環能力の4つの基本的検査項目群は, 群内の項目間にならぬ高い相関があつたけれども, 群相互間の相関は, ほとんどすべての組み合わせで, 相関がないか, あつてもごくわずかである。それゆえ, 体力を総合的に判断するためには, いずれの群も欠くことができない。

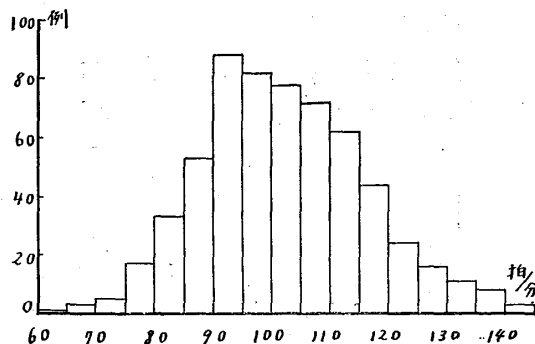
B. 簡易循環機能検査の成績

1. “腕立て伏せ” 負荷法 (自衛隊法) について (図1, 表7)

a. 図1は, “腕立て伏せ” 負荷後脈拍数の度数分布を示す。中央値は算術平均より小さく, 分布曲線は頻脈側がなだらかである。表示したように, 自衛隊で使用している現行評点は, 各評点に含まれる

図1. “腕立て伏せ” 負荷後の脈拍の分布 (600例)

現行評点 (自衛隊使用)			訂正評価法 (600例自検成績による)		
脈拍数	例数	%	脈拍数	評語	例数 %
80以下	5	2.6	80以下	優秀	2.6 4.3
81~100	4	2.5	81~95	普通	1.7 2.0
101~110	3	1.4	96~110	普通	2.3 3.8
111~120	2	1.0	111~125	普通	1.3 2.1
121~140	1	0.6	126以上	劣弱	3.9 6.5
141以上	0	0.0			



割り合いに統一性がなく、相対的な測定値としての評価は意義に乏しいので、ところみに、この試料にもとづいた標準偏差による5分法 ($M+1.5\sigma$ 以上, $M+0.5\sigma \sim M+1.5\sigma$, $M-0.5\sigma \sim M+0.5\sigma$, $M-1.5\sigma \sim M-0.5\sigma$, $M-1.5\sigma$ 以下: M は算術平均を, σ は標準偏差を表わす。) による判定を對比させてみた。

b. 本法は、測定の実際にあたって、一般的検査の立位の脈拍数を測定したのち、ただちに“腕立て伏せ”負荷をおこなったので、負荷の前後で、脈拍数と他の一般的な検査項目との相関にどのくらいの変動が生じるか、また、負荷前後の脈拍数にどのくらいの相関があるかを調べることができた(表7)。

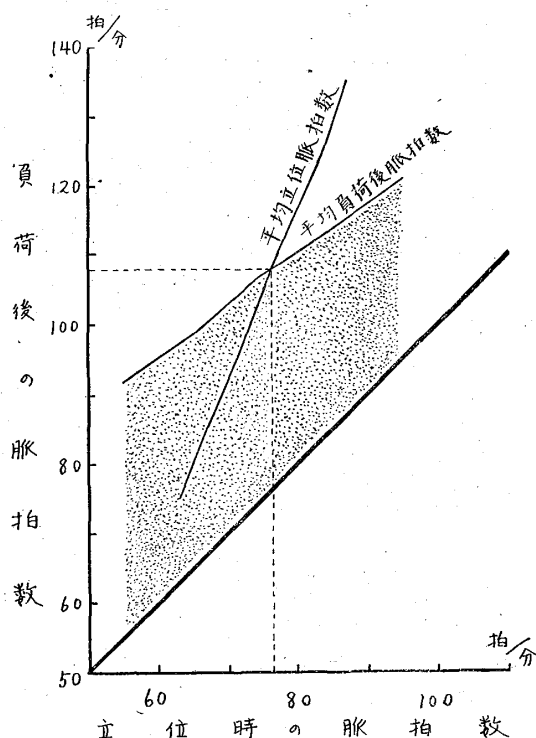
第7表 “腕立て伏せ” 負荷前・後の脈拍数と他の測定項目との相関係数 (600例)

相関項目	r	p
負荷前		
Verveck	-0.0626	
Cruse	-0.0293	
100m	+0.1242	0.2032 ~ 0.0465
1500m	+0.2454	0.3175 ~ 0.1704
息こえ	+0.0536	
肺活量	+0.0657	
血 縮期	+0.1078	0.1836 ~ 0.0298
圧 死期	+0.1349	0.2112 ~ 0.0576
負		
Verveck	-0.0242	
Cruse	+0.0287	
100m	+0.0582	
1500m	+0.4306	0.4922 ~ 0.3645
息こえ	+0.0076	
後 肺活量	+0.0190	
血 縮期	+0.1965	0.2706 ~ 0.1201
圧 死期	+0.1962	0.2693 ~ 0.1187
負荷前 負荷後	+0.4928	0.5511 ~ 0.4301

i. 体格指数, 100 m 疾走所要時間, 息こえ時間, および, 肺活量とは、いずれも、ほとんど有意の相関をもたない。しかし, 1,500 m 疾走と血圧高とは相関があり, かつ, 負荷後の方が明らかに高くなっている。1,500 m 疾走との相間値からは, 負荷後脈拍数の方が負荷前脈拍数(安静立位時の脈拍数)よりも, 持続的労作能力の表示として, すぐれていると思われ, 血圧高との相関値のちがいからは, Herxheimer⁽¹⁹⁾, Federici⁽¹⁵⁾ らの「鍛練は一般に血圧をさげる傾向にあり, 運動家の安静時血圧値は, あきらかに, 一般の平均値より低い。」という成績を支持するように思われる。

ii. 負荷前後の脈拍数の相関は中等度であり, これは, 相関図(図2)から明らかなように, 立位時

図2. “腕立て伏せ” 負荷前・後の脈拍の相関 (600例)



の脈拍数が頻数であるほど, 負荷後の脈拍増加はすくなく, 逆に, 負荷後の脈拍数が頻数であるほど, 負荷後の脈拍増加は大きく, この両系列が相対的な相反関係にあることを示している。

2. Harvard's Step Test (Slow Form) について(図3)

図3は Harvard's Step Test の得点分布を示す。図中に, 原法の判定基準による例数と%を表示した。体力“ふつう”のものが88%(うち上位46%, 下位42%), 劣弱のものが6%, 佳良, および, 優秀のものが6%で, 統一性のすぐれた評価基準であるといえよう。

3. Schneider's Test について(図4, 5)

図4は第I部で述べた400名について, 図5は体力検査とともに行つた98名についての心肺係数の分布を示す。図中に, アメリカ空軍が採用した判定基準による例数と%を表示した。しかし, この基準は, 下位に密で上位が粗に過ぎるように思われ, 統一性に乏しい。

4. 走力と簡易循環機能検査との相関(表8)

3つの簡易循環機能検査のうち, Harvard's Step Test と Schneider's Test とは同一人について実施しなかつたので, 相互の比較はできなかつた。しかし, “腕立て伏せ” 負荷法は全員に実施したので,

図3. Harvard's Step Test の得点の分布
(96例)

得点	評語	例数	%	図示
54以下	劣弱	6	6.4	斜線
55~64	普通下位	40	41.6	縦線
65~79	普通上位	44	45.7	横線
80~89	良好	5	5.3	点線
90以上	優秀	1	1.0	空白

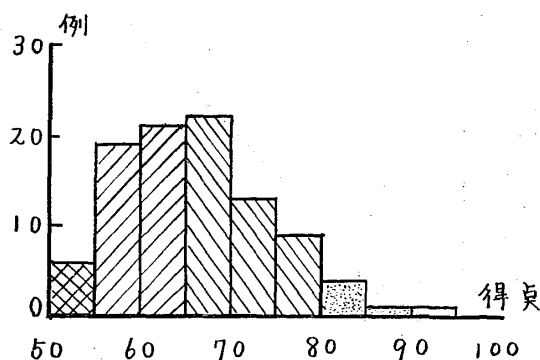
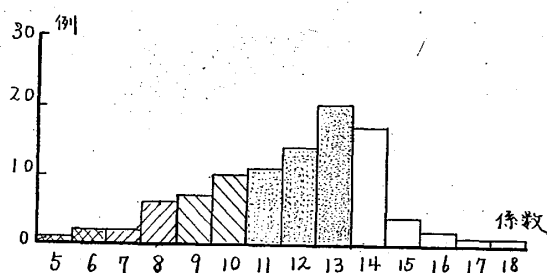


図4. Schneider's Index (心肺係数) の分布
(98例)

心肺係数	評語	例数	%	図示
14~18	優	25	25.5	斜線
11~13	良	45	49.5	縦線
9~10	可	17	17.4	横線
7~8	疑	8	8.2	点線
6以下	不可	3	3.0	斜線

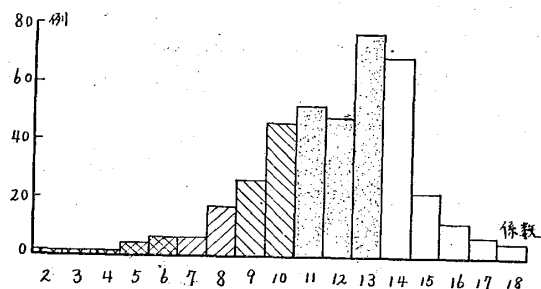


これと前2者の成績とを比較した。すなわち、Harvard's Step Test とは高い一致がみられたが、Schneider's Test とはほとんど関連性がみとめられなかった。そこで、この3者がそれぞれ持つ体力判定上の意義の相違を知ることが目的として、こころみに、100 m, 1,500 m, 10,000 m 走行所要時間を、いろいろの全身的労作の量的基準にとり、これと3者の成績の相関を調べた。

a. 100 m 疾走所要時間とは3者とも、有意の相

図5. Schneider's Index (心肺係数) の分布
(400例)

心肺係数	評語	例数	%	図示
14~18	優	115	29.0	斜線
11~13	良	117	44.0	縦線
9~10	可	72	18.0	横線
7~8	疑	23	5.8	点線
6以下	不可	13	3.2	斜線



第8表 走力と簡易循環機能検査の相関係数

相関項目	r	例数
腕立て伏せ	1.00	600
負荷後脈拍数	+0.0582	600
Harvard's Step Test の得点	+0.4306	600
走	1.0000	194
力	-0.026	96
Schneider's Test	-0.231	96
走	1.0000	96
力	-0.481	96
Schneider's Test	1.00	98
走	-0.046	98
力	-0.102	98
心肺係数	1.0000	98
走	-0.096	98
力	-0.096	98

関を示さない。このことから、すでに検討したと同じように、100 m 疾走は、むしろ、循環機能以外の因子により強く規制されているのではあるまいか。

b. 1,500 m, および 10,000 m 走行所要時間: 心肺係数とは有意の相関がなかったが、“腕立て伏せ”負荷後の脈拍数、および、Harvard's Step Test の得点とは中等度の相関をもち、しかも、相関の程度は、ちょうど、両者では逆関係になっている。すなわち、1500 m では“腕立て伏せ”負荷後の脈拍数がより高い相関をもつのにたいし、10,000 m では、かえって、Harvard's Step Test の方がより高い相関を示す。

5. 小括

例数がすくないので、この成績だけから、3つの循環機能検査の優劣を決めることはできない。しかし、すでに第I部で検討したように、Schneider's Test は、検査項目のとりあげかたと、各項目のScoring の等価換算に合理性を欠くためとによつて、6つの Score の mass-score である心肺係数は、かえって、各項目がもっている体力評価上の意

義を減殺しているといえる。それゆえ、これをそのままで用いたのでは、すくなくとも、持続的労作能力としての体力評価法としては、意義がすくないと思われる。

これにくらべると、“腕立て伏せ”負荷法と Harvard's Step Test とは、方法が簡易であり、比較的信頼度が高いことから、集団体力検査に用いるには良い方法であろう。

また、これらの両者にみられた共通性は、つぎに述べる 4 つの理由によると思われる。

a. 負荷前の脈拍数を判定要素にとりあげていないこと。

安静時の脈拍数は、自律神経を主とする心・脈管外因子の影響を受けやすいので、これによる判断の誤りを避ける意味があるといえよう。

b. 判定要素として脈拍だけを用いること。

血圧の動態は、循環機能の良否を判断するうえで大切であるが、Schneiden's Test のように、体位による縮期圧の変動だけをとりあげたのでは、複雑な循環調節機構の良否を云々することができない。まして、Schneider がこれに与えた Scoring は、血圧の測定誤差範囲に入ってしまうほどの細かさで、ますます、Mass-score である心肺係数の信頼性を薄くしている。

そこで“腕立て伏せ”負荷法と Harvard's Step Test が、ともに、血圧を判定要素にとりあげていないのは、ともかく、積極的な意味では大きい欠点であり、消極的には、血圧のとりあげかたの誤りから生じる混乱を避けている利点もあるといえよう。

c. 負荷運動が、かなり、強度であること。

どちらも負荷終了直後の脈拍数を測定しないので、運動負荷中の脈拍数は不明であるが、ともに、自律神経（とくに迷走神経）の影響が軽減される分、時 110 拍以上⁽⁴⁾におよんでいることは明らかである。このため、情緒の変化や生理的な自律神経の不安定によつて、循環機能の判断を誤ることが避けられる利点がある。

d. 脈拍の回復率を考慮に入れたこと。

“腕立て伏せ”負荷法では、負荷後 15 秒の間において、その後の 1 分間の脈拍を測るので、負荷直後の脈拍数が頻数であつても、回復率の良いものは良い成績を示す。負荷直後の脈拍数が比較的すくないものでも、回復率の悪いものには悪い成績が与えられる。この関係は、Harvard's Step Test でも同じである。このことは、徐拍が機械的心効率の良い

ことを意味する一般原則に、一見、矛盾すると思われるが、労作強度は、被検者の体重や“慣れ”の影響を受けるので、同一の負荷法を用いても、被検者ごとに、ある程度、労作強度は相違するから、回復率の良否による補正を考えたこれらの方法は、測定誤差の大きい負荷直後の脈拍数だけからの判定より、すぐれているといえよう。

IV. 考 案

A. 簡易循環機能検査の必要性和方法論

1. 簡易循環機能検査の必要性

体力、または、軍陣医学での循環機能検査の目的は、まず、第一に、至適、および、最大循環能力の計量を通じて、その人の肉体的労作の限界と、労作による障害を防ぐことであり、第 2 には、循環機能に現われた特徴的な変化の計測を通じて、体力、ないし、被鍛練状態を知ろうとすることにある。そこで、ある循環機能検査の方法を確立するためには、多くの、健康でよく鍛練された青年、未鍛練者や循環調節不全者、および、老人や器質的な心疾患患者などについて、一定の規定をもつ肉体的な負荷を与え、その前後の循環機能を調べることが必要である⁽⁵⁶⁾。逆に、既存の循環機能検査の追試や批判を試みる時にも、やはり、同じ道程を踏まなければならない。

もとより、臨床的には、心の絶対的の最大労作能力を計量する方法はない。実際には、瞬間的な循環能力の計量だけで満足しなければならない。この瞬間的な循環能力を計量する方法に、特別な技術と装置により、個別的に“せんさい”な循環能力の測定を目的とする臨床生理学的な方法と、体力、または、軍陣医学での実地の応用を目的とする簡易法とがある。また、簡易法のなかでも、技術的にもつとも単純なものは、判定要素として脈拍と血圧だけをとりにあげている。

2. 簡易循環機能検査の種類と判定要素

循環機能の良否を判断するための多くの測定的要素のうちで、簡易で、しかも、比較的循環機能をうかがいえるものは、脈拍と血圧である。X 線学的の変化や、ECG の変化は、生理的な循環では、小数の特殊例の発見しか期待しえない。すなわち、被鍛練状態や体力の強弱の判断には役立ちにくい。そこで現在実地に適用されている大部分の簡易法は脈拍と血圧だけを判定要素とする。判定方法としては、この研究でとりあげたもの以外に、つぎのような方法

もある。

静止的検査には Schellong の第1部⁽⁶³⁾, Turner⁽⁶⁹⁾らの方法があり, 力学的(運動負荷)検査には Lorentz⁽³⁸⁾, Maritinet & Paehon⁽⁴²⁾らの膝屈伸検査, および, Schellong⁽⁶³⁾の第II部, Bergman⁽⁵⁾(Harvard's Step Test の簡易法), Prokop⁽⁴⁸⁾, Koster & van Ham⁽³³⁾, Fingerhuth⁽¹⁶⁾らの Step Test 群がある。なお, いろいろの負荷を用いた混合法には Leotounou⁽³⁶⁾のものがあり, さらに, 脈拍と血圧以外の判定要素を用いる簡易法には, Alb-rach⁽¹⁾の最大肺加圧検査, Aunwerdt⁽²⁾, Klippel⁽³⁰⁾のおこなった負荷後の息こらえ検査, および, 力学的検査に ECG を併用した Schellong⁽⁶³⁾の第3部, Reiner⁽⁵³⁾, Raurentius & Klopffleisch⁽⁵¹⁾, Kussmaul⁽³⁴⁾らの方法もある。

3. 判定要素としての脈拍と血圧の意義

安静時の臥位と立位, および, 体位変換時の脈拍と血圧の意義については, すでに第一部の考案で述べたから, ここでは強い運動負荷時の脈拍と血圧に限定する。

尋常な健康人の運動負荷による脈拍と血圧の変化を一口に言えば, 脈拍は促進し, 縮期圧は上昇し, 弛期圧は不定であるが, 弛期圧の変化する中は縮期圧のそれよりもいちじるしくないといえる。しかしもちろん, この変動量でただちに循環機能の良否を推量することはできない。たとえば, 負荷による縮期圧上昇の絶対値だけでは, その人の循環機能についてなにもいえない。ただし, 代償不全におちいつた心疾患患者では, ときに縮期圧がさがる。ただし, このような患者は, 理学的検査だけで発見でき, かつ, 通常, 強い負荷には耐えられないから, 実際的な意味はすくない。

これにくらべると, 脈拍を左右する因子の分析は比較的容易で, かつ, その変化方向は比較的一定している。負荷停止後も血圧にくらべて変化の持続が長いので(負荷停止後5~10~15秒の脈拍が, ほぼ負荷中の脈拍に等しいことは第1部で述べた), 簡易法として利用しうる判定要素である。

負荷による脈拍の生理学的な変動は, 脈拍数がふえるにしたがつて, 心の縮期持続は短縮し, 心拍出量が同じなら, 縮期圧は上昇し, 弛期圧は下降し, 脈圧はふえる。さらに, 負荷がますます増して, 心拍出量が, その人の生理的限界に達すると, 負荷の増しに平行してふえるべき心送血量を維持するために, 脈拍はますます頻数となる。そこで, 必要とする

心送血量が同じであると仮定すれば, 鍛練をつんだ人の心は壁が厚く, 拍出量は大きく, 脈拍は徐脈にかたむく。逆に, 未鍛練の人の心は壁が薄く, 拍出量が小さく, 脈拍は頻数にかたむく。そこで, 負荷がある大きさ以上ならば, 自律神経による影響の軽減とあいまつて, ある程度脈拍から鍛練度を推測することができる。とくに同一人については, 同一の負荷による必要な心送血量は, だいたい一定しているから, 鍛練による心筋の肥厚は, 迷走神経緊張の増大とともに⁽³⁾, 脈拍の減少としてあらわれ, 鍛練期間前後の脈拍の差は, 鍛練度の良い指標となる。

つぎに, 脈拍の負荷後回復時間のもつ意義について述べる。負荷中の脈拍の増加は, 需要の増した全身の臓器・組織への酸素を供給するために生じる心送血量の増大に適応する。ただし, この脈拍の増加は負荷後も一定時間つづく。回復時間は, 他の条件を同一にして, 負荷後の脈拍が負荷前の脈拍にもどるまでの時間を測定すれば, えられるが, この時間の長短を採用しうる理由は, つぎの生理学的事実にもとづく。すなわち, 負荷停止後も, なお, つづいてみられる脈拍の増しは, 負荷中に生じた酸素負債を解消するための目的を持つ。そこで, 同一負荷条件のもとでは, 負荷中に生じる酸素負債の大小は, 直接, 負荷中の心送血量(脈拍数×拍出量, ただし, 脈拍は強い負荷のもとでは, 分時やく160と一定しているので, 心送血量の大小は拍出量の大小に, ほぼ, 平行する)の大小によつてきまる。したがつて心送血量が大きい(強い負荷では, 拍出量と同意義となる)ほど, 酸素負債は小さくなる。ところで酸素負債が同じなら, これを解消するために必要な心送血量も同じであるから(換気条件は一定とする), 心送血量が大きいほど解消力はすぐれることになる。それゆえ, ますます, 心送血量を大きくする能力(強い負荷のもとでは, 拍出量と同意義になる)が回復時間の長短を支配することになる。この回復時間を, 脈拍と血圧のどちらで追求してもよいのであるが, 負荷停止後の変動は, 脈拍の方に, より長くつづくので, 測定が簡単, かつ, 測定誤差の少ない脈拍が好んで用いられる。

そこで, 脈拍にくらべて血圧が, なぜ判定要素にしにくいかを調べるため, 縮期圧, 弛期圧, 脈圧を表現因子とし, 心・脈管因子を影響因子として, 複雑な両者間の関係を, Schellong⁽⁶³⁾にしたがつて分析した。

健康人が運動負荷によつて生じる心・脈管因子の

一般的な変動は、心送血量と拍出量の増加、末梢脈管抵抗の減少、脈管容積弾性率の増大、および、脈拍の増加にともなう心の縮期持続の短縮である。これらの心・脈管因子の変動が、表現因子におよぼす変動の一般的傾向はつぎのとおりである⁽⁷²⁾。すなわち、心送血量と拍出量の増加により、縮期圧と弛期圧はともに上昇するが、縮期圧の上昇度がより強いので、脈圧は増大する。末梢脈管抵抗の減少により、縮期圧と弛期圧はともに低下する。脈管容積弾性率の上昇により、縮期圧は上昇し、弛期圧は下降するので、脈圧は増大する。縮期持続の血圧におよぼす作用は、すでに述べたとおりである。

しかし、これらの作用は、すべて、その心・脈管因子以外の因子が同一条件にあると仮定した場合の相対的傾向を示すもので、判定要素が、脈拍と血圧だけであるような検査では、これらの因子の複雑な函数である血圧の変動だけしかえられない。しかも負荷にともなう循環機能の変動はきわめて速くすぎ去つてしまい、とくに、血圧の変動は激しい⁽²⁴⁾。かつ、長時間の強い負荷の場合ですら、わずか15分以内で、おおむね、回復してしまうゆえ、測定条件がいちぢるしく制約される。また、負荷直後では、負荷中に静脈血が心へさかんに帰流することを助けていた運動筋のポンプ作用が止まるゆえ、瞬間的に血圧、とくに、縮期圧は低下するから、停止直後の血圧ですら、負荷中の血圧の忠実な映像とはならない。したがって、血圧の一点時測定値からは、循環機能について、なにもいえないことになり、どうしても、血圧の回復過程を追求する経時的測定が必要になると考えられる。なお、血圧の回復時間のもつ意義については、脈拍の項で述べたとおりである。しかし、この条件は、簡易化の期待に反するから、相反する要求をどう調整すべきかの観点からしても、血圧を判定要素にする検査法に優劣の差が生じると思われる。

4. 簡易循環機能検査による成績の読みかた

簡易循環機能検査の成績から、その人の循環機能を推定するには、つぎの事項に注意すべきである。

a. 検査成績は、心・脈管機能を直接に表わすものではなく、呼吸器系・自律神経、および、内分泌系・骨格筋の鍛練度などの影響をうける。たとえば Step Test の場合、階段昇降に似た動作の訓練をうけているものは、心・脈管機能いかなとは別に“慣れ”による効果が検査成績を良くする。

b. 検査成績から、ただちに、その人の心の余力

を推測できない。たとえば、心弁膜症患者のような病的な場合でも、脈拍だけを判定要素とする場合には、逐次的鍛練その他によつて、心迷走神経緊張が充分あるならば、比較的良い成績を示すこともある。したがって、事前に、一般的な身体検査をすべきである。

c. 検査成績は、心そのものの機能いかによると同時に、末梢循環の状態によつても、強く左右されるゆえ、脈管系の不安定性をも考慮すべきである。とくに、若年者を対象とするときには、このことが重要となる。

d. 検査そのものは、急速負荷時の瞬間的な循環能力を測定することになるので、一回の検査成績が不良であつても、一過性な循環調節不全によることもあるから(たとえば、疲労など)、全般的に見て不審があれば、テストの繰り返しが必要となる。

B. 物理的心・脈管力学的分析法を体力医学、または、軍陣医学え利用する可能性について

現在、体力医学、または、軍陣医学で用いられている簡易循環機能検査の大部分は、いずれも、経験的な大数処理統計にもとづいて規則化された方法であり、ほとんど、心・脈管系の力学的な意味づけは行なわれていない。そのため、簡易法の成績と臨床生理学的な方法による成績とから引き出される結論が、いちじるしく、ちがうこともある。簡易化によつて、事実の根本がゆがめられて示されるならば、簡易法は本来の目的を失う。わたくしは、Schneider's Test の吟味において、このおそれのあることを述べた。心と脈管は、いつも、同時に、かつ、相互的に働き合うが⁽⁸¹⁾、現在の簡易法では、これを分析して調べる方法はほとんどない。すでに述べたように、末梢循環調節の不安定なもの、とくに、若年者では、成績が不良であるからといって、ただちに、その人の循環能力を判断することは危険である⁽²⁰⁾。たとえば、負荷後、経時的に追跡をせずに、血圧を判定要素とする簡易法は、信頼性がすくなくかつ、判断の混乱をまねくことがある。

そこで、これらの簡易法のもつ欠点をおぎない、その信頼度を高める方針が大切となる。その一つとして、多数例について、現行の簡易法と、臨床生理学的な心・脈管力学的分析法(たとえば、Blumberger⁽⁷⁾, Holldack⁽²¹⁾, Wezler⁽⁷³⁾, Broemser-Ranke⁽⁸⁾, Reindell⁽⁵²⁾などの法、または、Fick-Cournand法でコントロールした当教室変法⁽²⁵⁾、さらには、Knipping 学派の心肺機能検査法⁽²²⁾⁽³⁵⁾⁽⁶⁶⁾など)と

を、同一人に、同一条件で実施して、簡易法が採用している判定要素の変動と、その評価基準を、心・脈管力学的に吟味することである。また、他の方針もある。たとえば、経験的に、循環能力の優秀なものと劣弱なもの、たとえば、第1線で活躍しているスポーツマンと、終日、坐業などに従事している人の多数について、各種の負荷を加え、その前後の循環動態を追求し、心・脈管の動態および心脈管以外の諸因子の作用を読みとることなども、必要であろう。

V. ま と め

持続的な肉体的労作能力としての“体力”を評価する方法として用いられる、3つの簡易循環機能検査法(“腕立て伏せ”負荷法, Harvard's Step Test, Schneider's Test)の成績と、“体力”の量的基準として用いた100 m, 1,500 m, 10,000 m 疾走所要時間との相関から、つぎの結果をえた。

1. Schneider's Test は、測定項目が多い割りには、かえつて、Index の信頼度が低く、集団的体力検査に用いる循環機能検査の簡易法としては、他の二者に劣るといえる。
2. 労作負荷後の脈拍の回復率が、循環の適応能力の良否の良い指標であることがわかる。
3. Schneider's Test の信頼度が低いのは、検査項目のとりあげかたと、各項目の評点の等価換算に合理性がなく、また、負荷の強さが小さすぎることによると思われる。この観点だけからいえば、他の二者の負荷は、適当であるといえる。
4. Schneider's Test だけが、判定要素として血圧をとりあげているが、その取り扱いが適当でないので、かえつて、Index の信頼度を低める結果となつている。しかし、血圧は、循環の適応能力を知るためには、欠くことのできない要素であるから、物理的心・脈管力学的分析法によつて裏付けられた血圧を判定要素にふくむ、簡易で、しかも、信頼度の高い、新しい循環機能検査法の出現が期待される。

稿を終るにあたり、終始、御懇篤な御指導と厳正な御校閲を賜つた恩師斎藤十六教授に厚く御礼申し上げます。また、研究の便宜をお計らい下さつた、陸上自衛隊金原衛生監、および下志津駐とんだ菊池司令ほかの諸官に篤く謝意を表します。

本論文の要旨は、第21回近畿生理学談話会

(昭和34年10月)および、第13回日本体力医学学会総会(昭和34年10月)で報告した。

文 献

1. Albrach, E.: Zit. nach (49) 1951, 1953.
2. Aunwerdt, I.: Zit. nach (49) 1951.
3. Bainbridge, F. A.: Physiology of Muscular Exercise, New York, London, Green & Co. 1919.
4. Bainbridge, F. A.: J. Physiol. 48, 332, 1914, 50, 65, 1915.
5. Bergman: Zit. nach (49) 1952.
6. Beth-Bergmann: Handb. d. norm. u. path. Physiol. 7, 2 Teil, Kisch, B. S. 1161, Kaufmann, F. S. 1303 u. 1414.
7. Blumberger, K.: Verh. dtsch. Ges. Kreislforsch., 16, 21, 1950.
8. Broemser ph, u. O. F. Ranke: Z. Kreislforsch., 25, 11, 1933.
9. Cotton, F. S. & C. B. Dill: Am. J. Physiol. III, 554~556, 1935.
10. Cotton, Rapport & Dewis: cit. from (61) 1917.
11. Crampton, N. Y.: cit. from (62) 1915.
12. Dexter, L.: Factors Regulating Blood Pressure, J. Macy Foundation, S. 57, 1950.
13. Duesberg, R. & W. Schroeder: Pathophysiologie u. Klinik d. Kollapszustande Leibzig, s. 80, 1944.
14. Erlanger & Hooker: cit. from (62) 1904.
15. Federici, P. C.: Arch. Path. Chir. Med., 32, 192, 1955.
16. Fingerhuth, M.: Zit. nach Huber, H. Sport u. Kreislauf Berlin, 1947.
17. Flack & Boudler: Rept. Air Med. Investigations Committee London, No.2, 12, 1918.
18. 福田・長島・畠山: 循環の生理 92, 生理学講座VIII-2, 創元社, 1950, (昭25)
19. Herxheimer, H.: Die Dauerwirkung harter Muskelarbeit auf Organe u. Funktion; Bethe-Bergmann, Hdb. norm. u. path. Physiol. 15, I Teil, 1930.
20. Hochrein, M. & I. Schleicher: Herz-Kreislaferkrankungen Dauerstadt, 2, S. 1200, 1959.

21. **Holldack, K.:** Dtsch. Klin. Med., 198, 71, 1951; Atlas u. Kurzgefasstes Lehrbuch d. Phonokardiographie, Stuttgart, 1956.
22. **Hollmann, W.:** Der Arbeit-und Trainingseingluss auf Kreislauf u. Atmung Darmstadt, 1959.
23. 猪飼・山川：民族衛生, 23, 1, 39~43, 1955.
24. **Imhof, P., A. Huerlimann & B. Steinmann:** Cardiologia 31, 272, 1957.
25. 稻垣義明：日内会誌, 45, 1161, 昭 32.
26. 石井雄二：適性検査ハンドブック, 労研, 東京 P. 56, 1953.
27. **Johnson, R. E., L. Brouha, & R. C. Parling:** Zit. nach (49) 1912.
28. 勝呂 清：千葉医会誌, 33, 312, 昭 32.
29. 木川田隆一：千葉医会誌, 35, 1369, 昭 34.
30. **Klippel:** Zit. nach (49) 1955.
31. **Koch, E.B.:** Zbl. inn. Med., 56, 1, 1933.
32. 国民栄養調査, 昭和 32 年度：厚生省・大臣官房統計調査部, 東京, 昭 34.
33. **Koster, L. u. E. van Ham:** Zit.nach (49) 1951.
34. **Kussmaul, A:** München Med. Wschr., 48, 237, 1941.
35. **Landen, H. C.:** Die Funktionelle Beurteilung des Lungen u. Herzkranken Darmstadt, 1955.
36. **Leotounov, S. P.:** Zit. nach (49) 1956.
37. **Lijestrand, G. & E. Zander:** Z. Exp. Med. 59, 105, 1928.
38. **Lorentz, F. H.:** Die Sportaerzteuntersuchung, Leibzig, Berlin, 1936.
39. **Lythegoe, R. J. & T. R. Pereira:** Proc. Roy. Soc. London. 98, 468, 1925.
40. **Mark, R. E.:** Klinik u. Therapie d. Autonomien-neavensystem; Z. exper. Med., 83, 580, 1932.
41. **Mark, R. E.:** Sportaerztetagerung, Leibzig. VEB-Vlg. Volk u. Gesundheit, Berlin, 1954.
42. **Martinet-Paehon.:** Zit. nach (49) 1956.
43. 丸山：教育心理研究Ⅱ, 2, 517~533, 1927.
44. **Meylan:** cit., from (62) 1913.
45. **Mortensen & Lee:** cit. from Stroud, W. D.; The Diagnosis and Treatment of Cardiovascular Disease, Philadelphia 2, 1940.
46. 小田(俊)：運動の生理と臨床, 診断と治療社, 東京 P. 80, 1955.
47. 奥山：労働科学研究, 11, 1934.
48. **Prokop, L.:** Sportmedizin 5, 10, 1954.
49. **Prokop, L. & L. Slapark:** Sport u. Kreislauf, Wien-Bonn-Bern, 1958.
50. **Raab, W.:** Hormonal and Neurogenic Cardiovascular Disorders, Baltimore P. 327, 330, 1953.
51. **Raurentius, P. & F. Klopffleisch:** Muenchen Med. Wschr., 87, 1045, 1940.
52. **Reindell, H.:** Dtsch. Arch. Klin. Med., 182, 485, 1938.
53. **Reiner, K.:** Muenchen Med. Wschr., 87, 1305, 1940.
54. 陸上自衛隊体力検査実施規則, 昭 32.
55. 労研：適性検査ハンドブック, 東京, P 87~93, 1953.
56. **Rushman, R. F.:** Cardiac Diagnosis, Philadelphia & London, P. 55, 161, 1955.
57. 斎藤十六：頸動脈球および洞神経, 東京, P. 184, 昭 25.
58. 斎藤十六：頸動脈球および洞神経, 東京, P. 127, 158, 昭 25.
59. 斎藤十六：日本の医学の 1959 年, 4; 390, 613, 1959. (昭 34)
60. 斎藤十六：寿命学研究会年報, 2, 192, 1957. (昭 32)
61. **Schneider, E. C.:** J. A. M. A., 74, 1507, 1920.
62. **Schneider, E. C. & D. Truesdell:** Am. J. Physiol. 61, 429, 1922.
63. **Schellong, F.:** Regulationspruefung des Kreislaufs, Vlg., Steinkopf, Dresden u. Leibzig, 1938.
64. **Sewall:** Am.J. M. Sci. 158, 789, 1919.
65. 鈴木(慎)：労働科学研究, 16, 287, 1939.
66. 謝 照光：千葉医会誌, 33, 373, 昭 32.
67. **Taylor, C. L.:** Am. Rev. Physiol. 2, 599, 1945.
68. 富田・加藤：労働科学研究, 16, 477, 1939.
69. **Turner, A. H., M. G. Newton & F. W. Hayms:** Am. J. Physiol., 94, 507, 1930.
70. **Tuttle, W. W. & E. P. Salit:** Am. Heart

J. 29, 594, 1945.

forsch., 15, 18, 1949.

71. 浦田正治: 体力学研究, 3, 84, 1958.

74. 八木高次: 労働科学研究, 8, 4, 1931, (昭6)

72. 渡辺和夫: 千葉医会誌, 34, 354, 昭33.

75. 八木高次: 労働科学研究 7, 2, 4, 1930, (昭5)

73. Wezler, K.: Verh. dtsch. Ges. Kreisl-
