慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	順化状態における適応作用(運動ならびに低酸素環境)
Sub Title	Adaptation in acclimatable state (exercise and low-oxygen environment)
Author	浅野, 均一(Asano, Kinichi) 辰沼, 広吉(Tatsunuma, Hirokichi) 森下, 孝(Morishita, Takashi) 木村, 正一(Kimura, Shoichi)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	1968
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.8, No.1 (1968. 12) ,p.63- 84
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00080001-0063

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

順化状態における適応作用
(運動ならびに低酸素環境)

浅野均一*
辰沼広吉**
森下孝***
木村正一***

1. いとぐち

各種スポーツのトレーニング効果が比較的に長く記憶される事実，更に酸素低減環境に反復経験されたものは順化への復原が容易である事実等を考えるとき，いわゆるトレーニングの記憶についての証明がなされなければならない。

生体に酸素消費をともなう運動を負荷した場合または酸素分圧の低減を負荷した場合，それに順化した生体と非順化の生体との間には調節機能の点で，静止の状態では特に差異を見出さないが，これらに何らかの刺激を加えた場合の反応態度は異なっている。(1)

中枢神経系の各分野は各々独自の働きを司っているが，それらは各々ばらばらに働くのではなく，お互に緊密に関連し合っている。

トレーニングの過程において最も重要な意義を持つものは大脳皮質であるが，脳髄の他の部位の機能の向上も運動作用を調整するうえに従属的ではあるが重要な意義を持っている。(2)

また1,000m～3,000m高度では以前に形成された分化を障害し，陽性条件反射が強められ，3,000m～5,000m高度では陽性条件反射の減弱に代わる。条件信号にたいする応答が変化してきて，強い刺激は弱い刺激よりも弱い反応しか起こさない。(3)

これらの事実から特定の外部環境すなわち運動および低酸素に順化した生体と非順化の生体との間に調節に関する適応作用の相違を検索した。

---

* 慶應義塾大学体育研究所教授・所長
** 慶應義塾大学体育研究所教授
*** 慶應義塾大学体育研究所講師

運動並びに低酸素に対する生体の順化並びに非順化の状態を知るための一つの方法として心電変化のT波の消長を追求することの意味を検索し，これが中枢性との相関について演繹した。さらにこれらの状態に光刺激を与え脳波の誘発電位の反応態度を加算集計し，中枢性の順化，非順化の様相の差異を知るために続けられた。

2. 方法ならびに成績

心電変化は Nehb 誘導（右方2肋間胸骨縁と心尖部）から導出し，実験室内では既存の心電計または直流増幅器で増幅し，これをコンピューターでT波の加算を行なった。野外での実験には磁気テープに収録し，これを後に展開加算した。[(4),(5)]

誘発電位に関しては後頭部と耳朶から導出し，直流増幅器で増幅し誘発脳波加算装置によって30回加算された。野外実験の場合には別の磁気テープに収録し後にこれを加算装置にかけ加算集計した。光刺激は毎秒1回として与えた。[(4),(5)]

1）H.S.T. 原法で運動を負荷し停止後4分までの心電変化を記録しT波の消長をみた。

被験者は陸上競技選手長・中距離10名，短距離10名について，T波は運動開始3分および運動中止後1分に増高を示す傾向が計測されT/R値は個人差のあることが認められた。[(6),(7)]

2）陸上選手のうち，100m選手12名，400m選手6名，1,500m選手15名を選んでH.S.T. 原法により運動を負荷した。運動前にあらかじめシェルドンの体型写真測定，血圧，フリッカー値，血液比重を測定して運動前，中，後を通して心電変化を記録した。

T波に関してはR/T比を測定した。短距離選手では記録の優秀な者は運動開始時に増高を示し，長距離優秀選手の場合は運動停止直後に増高を示した[(8)] (Table 1)。

3）生体に一定量の運動負荷を正確に与えるため H.S.T. 原法を採用し，短距離選手10名，長・中距離選手13名についてT波の消長を再検討するため心電変化を連続記録し運動開始後1分でやや下降し3分で上昇することを確認した (Table 2, 3)。

更にこの様相を解析するために別の陸上選手30名についてT/R値を計測すると短距離選手は運動開始直後に変動著しく長距離選手は著しくない (Table 4)。

またT波の変動の最大値に至る時間を知るために別に陸上選手30名について計測し (Table 5)，これを種目別に分析すると個人差のあることを知った。すなわち短距離優秀選手では反応時間の短いものがあり長距離優秀選手では比較的に長い。また運動負荷休止後はいずれも増加し，試みに吸いこらえを負荷すると減少の傾向をみる。

更に陸上選手，バレーボール選手，スケート選手40名について同様T波の変動量を中心計測し，次のような項目についての相関を求めた (Table 6)。

a）運動開始直後T波の最高変動量と，それに至る時間の相関　r＝＋0.25

b）正常脈搏数と運動開始後T波の最高変動量に至る時間との相関　r＝＋0.15

c）正常脈搏数と運動開始後T波の最高変動量との相関　r＝＋0.25

d）H. S. T. score と運動開始後T波の最高変動量に至る時間との相関　r＝－0.2

e）H. S. T. score と運動開始後T波の最高変動量との相関　r＝－0.07

f）正常脈搏数と運動終了後1分のT波の最高変動量との相関　r＝＋0.05

g）H. S. T. score と運動終了後1分のT波の最高変動量との相関　r＝－0.09

h）正常脈搏数と運動終了後の QTc 変動量との相関　r＝－0.04

Table 1

Name	Item (m)	Time	Somato-type	Pulse	Blut pressure	H. S. T.	Angle	T/R			Fricker		Protein in serum	
											rest	after	total	serum
Mu	100	10.5	3・5・3	65	100／70	55	45.6	•		• • •				
Ki	100	10.8	5・1・4	66	101／70	52	57.5		• •					
Ko	100	10.8	4・4・4	78	113／75	47	44.3			•				
Ma	100	10.9	5・2・2	71		56	51.5	•	•	•				
Kin	100	10.9	4・3・4	65	100／69	55	59.0		•	•	39	37	56	26
Wa	100	11.1	3・5・3	87	114／78	54	57.3		• •					
Ko	100	10.9	5・2・3	54		58	64.0			•				
Ichi	100	11.4	5・1・4	63	107／77	66	47.5		•	•				
Ho	100	10.9		53	110／65	77	66.5			• •			57	22
Hi	100	11.3	4・5・2	89	119／60	52	48.5		•	• •	65	40	57	23
Ya	100	11.3	4・4・4	58	106／60	50				•				
Hi	100	11.4		85	120／70	49	47.0		•			40	42	
Ka	400	51.0	5・3・2	50	119／70	77	29.0		•	•				
Ya	400	51.0	5・3・3	71	119／65		47.2	•		•				
Ue	400	50.5	2・4・5	59	98／64	69	61.5	•		•	38	36	55	25
Ta	400	52.0	4・4・4	64	110／63	68	60.0		• •	• •				
Ara	400	54.0	4・3・4	43	120／65	47	52.8			•				
Ino	400	54.0	1・6・1	66		53	50.0			•				
Shi	1500	4.10	2・2・7	78	110／66	55	31.0			• •	32	41	55	24
Do	1500	4.12	3・4・4	55	105／50	57	55.0			•				
Shi	1500	4.12	1・5・4	49	105／55		45.0		•	•				
Ya	1500	4.12	4・2・5	89	110／70	54	40.5			• •	38	41	57	24
Hi	1500	4.15	1・6・3	58	110／60	73	57.0		• •	•	38	38	53	23
Fu	1500	4.20	5・3・2	56	100／60	59	59.0		•	• •				
Ki	1500	4.20	3・4・4	50	110／50	71	71.8			•				
Ha	1500	4.20	3・4・4	67	110／70	51	55.0			• •	41	43		
No	1500	4.20		62	115／70	84	72.0	•					55	25
Ki	1500	4.20		49	115／70	73	70.2			•	39	39	57	27
Shi	1500	4.30	5・4・2	54	110／65	79	76.2		•	•				
Ya	1500	4.30	4・2・5	51	102／50	78	70.0	•	•	• •				
Ka	1500	4.30		73	120／80	80	57.5			•	35	35	55	26
Tsu	1500	4.30	5・3・2	58	118／85				•					
Ka	1500	4.30	1・6・1	89	101／58	53	34.8		•	•				

Table 2. T-wave variation on H. S. T. (sprint runner)

							R.					T₂					Q.T.					R.R.					S.T.					E−P		H. S. T.
Name	$H/\sqrt{W}$	S.H.	B.P.	B.C.	Pulse	ART	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	A	
Ko	12.0	6·3·1	118/75	4400		+	8.0	11.0	8.5	8.5	10.0	0.3	0.5	0.5	1.4	1.0	0.35	0.28	0.24	0.30	0.32	0.80	0.50	0.35	0.42	0.50	0.10	0.08	0.03	0.05	0.05	0.20	0.12 0.15	64
Yu	13.2	2·5·3	106/60	4300	46	−	4.5	5.5	8.0	7.0	6.6	2.5	1.5	4.0	6.0	3.8	0.43	0.32	0.24	0.34	0.40	1.10	0.55	0.30	0.40	0.55	0.15	0.10	0.05	0.05	0.10	0.20	0.10 0.12	64
Ki	13.3	5·1·4	100/70	4000	60	−	3.9	4.0	5.3	8.2	8.0	0.5	0.1	1.2	1.2	0.5	0.35	0.35	0.30	0.30	0.32	0.76	0.50	0.35	0.45	0.55	0.16	0.11	0.10	0.08	0.10	0.20	0.10 0.10	79
Ke	13.0	2·5·2		3900		+	5.5	6.5	8.0	8.5	9.5	0.2	0.1	1.5	1.3	0.5	0.37	0.40	0.25	0.35	0.40	0.95	0.65	0.35	0.50	0.65	0.20	0.15	0.05	0.10	0.12	0.10	0.13 0.15	94
A	12.9	4·3·4	120/65	5100	64	−	6.0	6.0	5.6	3.2	8.4	3.0	2.6	8.0	8.0	6.8	0.45	0.40	0.30	0.30	0.32	1.40	0.65	0.40	0.50	0.68	0.12	0.05	0.02	0.05	0.08	0.15	0.10 0.10	98
W	12.9	4·4·4	114/78	4850	62	−	11.2	12.0	13.5	18.5	20.0	0.4	0.4	1.5	1.5	1.0	0.33	0.30	0.22	0.30	0.32	0.75	0.55	0.33	0.50	0.56	0.10	0.08	0.05	0.05	0.10	0.20	0.10 0.12	50
I	13.3	5·1·4	107/77	5300	56	−	10.0	9.5	11.5	10.0	9.2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.2	0.41	0.35	0.28	0.30	0.47	0.96	0.68	0.55	0.52	0.74	0.10	0.05	0.03	0.03	0.08	0.25	0.06 0.06	108
Yo	12.9	1·6·2	119/65	5350		−	4.5	9.0	12.0	4.0	6.0	3.0	2.5	4.8	4.2	3.0	0.40	0.34	0.32	0.30	0.36	0.90	0.50	0.35	0.50	0.65	0.13	0.10	0.06	0.05	0.10	0.20	0.22 0.32	
Ka	12.6	3·6·2	119/70	4500	58	+	14.4	12.2	14.0	11.0	9.0	3.2	2.5	5.5	9.0	3.5	0.40	0.35	0.25	0.30	0.40	1.18	0.60	0.40	0.70	0.85	0.17	0.30	0.05	0.07	0.10	0.24	0.15 0.15	135
T	13.1	1·6·3	110/72	5350	56	−	14.0	9.5	11.0	7.2	10.0	4.0	3.5	0.5	2.0	0.5	0.40	0.55	0.24	0.30	0.32	1.2	0.60	0.35	0.50	0.60	0.35	0.05	0.05	0.05	0.10	0.20	0.35 0.25	95
M							6.98	8.5	4.4	2.6	4.0	1.8	1.5	2.9	3.5	0.4	0.34	0.34	0.26	1.3	0.96	1.00	0.53	0.35	0.49	0.63	0.59	0.03	0.06	0.06	0.08	0.20	0.13 0.05	
S.D.							3.90	2.7	2.6	2.7	2.7	1.6	1.4	2.9	3.1	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.05	0.30	0.35	0.09	0.06	0.30	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.08 0.03	

S.H.=Somato typing B=befor exercise E_1=1min on exercise E_3=3min on exercise A_1=1min after exercise A_3=3min after exercise

Table 3. T-wave variation on H. S. T. (distance runner)

							R					T					Q.T.					R.R.					S.T.					E−P		H.S.T.
Name	$H/\sqrt[3]{W}$	S.H.	B.P.	B.C.	Pulse	ART	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	E_1	E_3	A_1	A_3	B	A	
Si	14.2	2·1·6	100/66	4200	50	−	12.0	7.5	10.0	5.0	8.0	3.0	2.5	7.0	11.5	4.0	0.30	0.30	0.20	0.25	0.34	0.75	0.50	0.31	0.48	0.55	0.10	0.10	0.03	0.05	0.05	0.20	0.08 0.20	93
D	13.3	5·1·4	105/50	4100	58	−	8.0	11.5	8.0	2.5	6.0	4.0	4.0	7.5	4.5	5.5	0.41	0.35	0.24	0.30	0.35	0.97	0.60	0.38	0.58	0.60	0.15	0.05	0.02	0.08	0.10	0.20	0.15 0.15	101
Hs	13.5	4·3·5	110/68	5100		−	11.0	14.0	5.0	10.5	10.0	5.4	1.9	4.0	4.5	3.0	0.40	0.40	0.25	0.40	0.35	0.73	0.52	0.50	0.80	0.90	0.10	0.10	0.09	0.08	0.05			
Sa	13.4	3·4·4	105/55	3800		−	13.5	13.5	16.0	21.5	21.5	2.0	1.9	9.0	4.5	4.0	0.50	0.40	0.28	0.42	0.42	1.20	0.65	0.45	1.20	1.50	0.15	0.10	0.05	0.12	0.12	0.16	0.10 0.12	91
Su	13.3	5·1·4	90/60	4200	52	−	6.5	6.5	8.2			3.0	2.4	1.0			0.40	0.38	0.34			1.12	0.73	0.58			0.14	0.08	0.08					
F	12.7	5·3·2	100/60	4050		−	11.0	11.0	14.5	22.5	21.5	5.0	1.5	4.5	13.5	4.5	0.40	0.35	0.20	0.26	0.44	1.10	0.69	0.35	0.55	0.65	0.30	0.09	0.05	0.05	0.10	0.18	0.10 0.15	102
Ya	13.3	5·4·4	110/70	4000		−	11.0	12.0	13.5	12.5	15.0	0.8	0.4	2.2	1.2	1.0	0.32	0.30	0.22	0.28	0.31	0.70	0.45	0.33	0.45	0.60	0.10	0.05	0.03	0.04	0.05	0.15	0.10 0.10	90
k	13.4	5·4·4	110/56	4800		−	13.5	8.5	10.2	13.0	14.0	1.5	1.8	2.8	1.8	1.2	0.42	0.33	0.26	0.30	0.31	1.30	0.65	0.36	0.60	0.80	0.15	0.10	0.05	0.08	0.11	0.20	0.10	123
Siy	12.4	5·4·2	110/65	4200	48	−	7.0	9.5	6.0	7.5	7.5	2.0	0.5	4.6	5.2	4.5	0.45	0.40	0.25	0.36	0.40	1.10	0.50	0.40	0.78	0.86	0.17	0.08	0.05	0.10	0.12	0.20	0.15 0.16	89
Yaz	13.6	4·2·5	102/70	4800	60	+	9.0	8.8	6.8	6.5	10.0	4.0	3.0	4.5	5.5	7.0	0.45	0.40	0.28	0.35	0.40	1.30	0.65	0.40	0.65	1.20	0.11	0.01	0.05	0.10	0.10	0.20	0.15 0.15	96
Ha	13.2	4·4·4	120/56	5600	56	−	6.0	9.0	1.0	15.0	3.0	1.5	1.6	10.5	0.0	3.5	0.40	0.32	0.28	0.40	0.39	1.00	0.50	0.33	0.46	0.60	0.10	0.10	0.03	0.03	0.03	0.18	0.18 0.18	83
K	12.5	6·2·3	102/58	4600	56	−	7.0	9.5	10.0	5.8	9.0	1.0	2.5	7.5	4.0	2.0	0.36	0.32	0.25	0.28	0.30	0.70	0.50	0.35	0.48	0.52	0.10	0.08	0.09	0.04	0.10	0.20	0.03 0.12	88
Ts	12.7	5·3·2	118/85	3800		−	4.8	5.0	5.8	4.4	7.0	0.5	0.5	2.5	1.5	1.8	0.40	0.30	0.30	0.30	0.35	1.00	0.45	0.34	0.45	0.48	0.20	0.08	0.08	0.08	0.10	0.20	0.30 0.12	
M							9.3	9.7	8.8	10.5	11.0	2.6	1.9	5.2	5.6	3.5	0.40	0.35	0.26	0.34	0.35	1.00	0.37	0.39	0.63	0.78	0.13	0.08	0.05	0.07	0.09	0.19	0.13 0.15	
S.D.							2.7	2.5	4.3	6.3	5.6	1.5	1.7	2.8	3.8	1.7	0.05	0.04	0.09	0.06	0.03	0.21	0.09	0.08	0.28	0.28	0.32	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02 0.02	

S.H.=Somato typing B=befor exercise E_1=1min on exercise E_3=3min on exercise A_1=1min after exercise A_3=3min after exercise

Table 4. T-wave variation on H. S. T. (sprint, distance runner)

($\frac{T}{R}$ at immediately after the commencement of exercise.)

Name	Item(m)	Time	S. H.	Pulse	B. P.	H. S. T.	tan.	$\frac{T}{R}$
Mu	100	10.5	3・5・3	65	100/70	55	45.6	•• ••
Ki	〃	10.8	5・1・4	66	100/70	52	57.5	• •
Ko	〃	10.8	4・4・3	70	110/75	47	44.3	•
Ma	〃	10.9	5・2・2	78		56	51.5	• ••
Kin	〃	10.9	4・3・4	71	100/69	55	52.0	• •
Wa	〃	11.0	3・5・3	65	114/78	54	57.3	•••
Ko	〃	10.9	5・2・3	87		58	64.0	•
Ui	〃	11.4	5・1・4	54	107/77	66	47.5	• •
Hi	〃	10.9		63	110/65	77	66.5	••
Ya	〃	11.3	4・5・2	53	118/60	52	48.5	•••
Ni	〃	11.3	4・4・4	84	106/60	50		•
Ka	〃	11.4		58	120/70	47	47.0	•
Ya	400	51.0	5・1・2	85	119/70	77	79.0	••
Ui	〃	51.0	5・3・3	50	117/65		41.2	• •
Ta	〃	50.5	2・4・6	71	98/64	69	61.5	• •
Ar	〃	51.0	4・4・4	59	110/63	68	60.0	• •••
In	〃	51.5	4・3・4	64	120/65	47	52.0	•
Sh	〃	54.0	1・6・1	43		53	50.0	•
Ti	1,500	4.10	2・2・7	66	110/66	55	51.0	••
Ar	〃	4.12	3・4・4	76	105/80	57	55.0	•
In	〃	4.12	1・5・4	55	105/55		45.0	••
Si	〃	4.12	1・2・5	49	110/70	54	40.5	••
Do	〃	4.15	1・6・3	59	110/60	73	57.0	•••
Sa	〃	4.10	5・5・2	58	100/60	59	59.0	• ••
Ya	〃	4.10	5・4・1	56	110/50	71	71.8	•
Ki	〃	4.10	3・4・4	50	110/70	71	55.0	••
Na	〃	4.10		67	115/70	64	71.0	•
My	〃	4.10		62	115/70	73	70.1	•
Nh	〃	4.30	5・4・2	42	110/65	79	76.1	• •
Ya	〃	4.30	4・2・5	54	102/70	70	70.1	• •••
Ao	〃	4.50		51	120/80	70	71.2	•
Na	〃	4.40	5・3・2	53	110/65			•
Mi	〃	4.30	1・6・1	52	100/54	71	70.0	••

S.H.=somato. typing

Table 5. T-wave variation on H. S. T. (sprint, distance runner)
(To find time to the minimum values of T-waves after start and goal.)

Name	Item	Time	Start			Goal			Breath hold			H. S. T. score
			B	Time to max.	A	B	Time to max.	A	B	Time to max.	A	
Na	100 200	10. 9 22. 1	1. 0	40	0. 5	0. 5		0. 5	0. 4	30	0. 9	114
Nem	400	50. 2	1. 40	40	0. 4	0. 8	40	1. 30	1. 0	10	1. 6	93
Tu	100	11. 5	0. 7	20	0. 3	0. 35	40	1. 25	0. 6	10	0. 4	94
Ka	100(H)	15. 6		13		0. 6	10 60	0. 8 1. 3	1. 0	10	0. 8	75
It	100(H)	15. 6	6. 2			6. 5			6. 5	10	8. 0	85
Ki	100 200	11. 0 22. 4	0. 4	20	0. 3	0. 4	60	1. 2	0. 5	10	0. 9	86
Mu	100(H)	15. 9	0. 9	30	0. 5	0. 5	10	0. 1	0. 3	20	0. 3	91
Ko	100 200	11. 6 23. 4	1. 2	30	0. 5	0. 7	10	0. 3	1. 6	20	1. 1	82
Ta	400	53. 7	0. 6	30	0. 5	0. 5	10	0. 35	0. 62	20	0. 5	118
Tak	100		1. 2	10	0. 4	0. 8	40	1. 2	1. 3	20	0. 9	81
Ma	Broad 100	7m36 10. 9	1. 1	20	0. 7	0. 7	10	0. 4	1. 7	20	0. 8	68
Ko	Broad	6m85	1. 2	30	0. 5	0. 7	70	1. 3	1. 7	20	0. 8	82
Ya	discus		0. 6	30	0. 1	0. 5	60	1. 6	1. 0	10	6. 7	84
Ki	Broad	6m84	1. 4	30	0. 3	1. 1	40	2. 1	1. 4		1. 4	103
Og	Broad	6m50	1. 4	20	0. 8	1. 1			1. 6	30	1. 0	80
Yota	Broad		8. 0	20	4. 5	8. 5	40	10. 7	10. 8	10	8. 8	82
Na	Broad	6m50	0. 8	20	0. 4	1. 4	20	0. 9	1. 0	40	0. 6	85
Yoa	Broad	6m86	0. 8			0. 7	30	1. 3	0. 8	10	0. 4	79
Ar	Broad	6m20	1. 1	30	0. 7	0. 9	10	1. 4	1. 3	10	1. 0	89
Sa	Broad	6m53	0. 8	30	0. 2	0. 65	30	0. 9	1. 3	20	0. 75	76
Ha	Broad	6m50	1. 2	10	0. 6	1. 0	40	2. 1	1. 8	20	1. 5	80
Ni	Broad	5m80	0. 8	20	0. 2	0. 2	10 50	1. 1 0. 50	1. 1	10	0. 4	76
Ku	5, 000	15. 48	1. 0	30	0. 4	1. 0	10	0. 6				67
Si	1, 500	4. 04	1. 7	40	0. 4	1. 3	10	0. 7	2. 0	10	2. 8	99
Ee	5, 000	15. 28	4. 4	10	5. 5	8. 5	10	9. 5	4. 5	20	6. 5	89
No	5, 000		0. 4	30	0. 2				0. 7	10 20	0. 7 0. 5	109
Ka	5, 000	17. 20	0. 8	30	0. 6				1. 2	20	0. 8	123
Hay	5, 000	16. 40	4. 0	20	6. 5	7. 5	20	10. 8	0. 7	10	7. 5	104
Sa	5, 000		0. 9	30	0. 1				0. 6	10	0. 4	101
To	1, 500	4. 18	0. 8	20	0. 1	0. 3	10	0. 8	0. 4	10	1. 2	92

B=before exercise A=after exercise

Table 6. T-wave variation on H. S. T. (runner, volley-ball, skate)
Correlation (r) : minimum value of T-wave on the exercise and other items.

Cor. r.		○	+0.25			+0.25	−0.2			○					
Name	Item	$\frac{t'}{t}\times100$ (z)	T′ (z) sec.	QTc (z)	QTc (m)	N.P.	H.S.T. score	Name	Item	$\frac{t'}{t}\times100$ (z)	T′ (z) sec.	QTc (z)	QTc (m)	N.P.	H.S.T. score
H. A.	athletic	21	25	0.36	22	77	86	Y. K.	athletic	25	24	0.35	−20	91	83
T. K.	〃	31	30	0.4	− 6	68	102	Y. S.	volley-ball	30	29	0.39	6	78	97
H. N.	〃	40	30	0.35	14	91	74	T. Y.	〃	40	30	0.37	12	86	89
T. N.	〃	33	30	0.49	−12	77	101	S. K.	〃	30	30	0.37	30	68	84
H. K.	〃	57	22	0.43	−16	88	89	Y. I.	〃	40	14	0.48	34	75	96
T. Y.	〃	22	24	0.36	−13	81	87	T. K.	〃	57	23	0.48	10	86	91
T. A.	〃	20	30	0.35	−12	86	83	T. N.	〃	57	29	0.48	7	75	101
I. K.	〃	41	15	0.45	− 6	71	123	M. H.	〃	30	16	0.26	18	55	97
S. T.	〃	30	17	0.39	18	77	83	T. K.	〃	42	24	0.4	10	81	82
K. K.	〃	50	30	0.5	− 4	100	84	Y. K.	〃	70	24	0.39	− 4	71	106
H. M.	〃	31	16	0.44	2	78	64	T. N.	〃	50	21	0.44	4	77	90
K. T.	〃	41	19	0.47	7	78	109	S. N.	〃	50	25	0.45	10	86	103
K. S.	〃	26	30	0.39	− 6	69	96	T. N.	〃	59	30	0.4	6	81	86
Y. T.	〃	35	30	0.43	− 6	71	87	T. T.	〃	50	23	0.4	− 6	75	80
T. K.	〃	20	21	0.43	6	93	91	M. S.	〃	36	30	0.45	8	83	86
F. Y.	〃	57	30	0.43	− 6	86	80	N. Y.	skate	31	19	0.45	4	83	114
K. O.	〃	50	30	0.42	8	91	80	M. Y.	〃	43	22	0.45	6	78	91
T. S.	〃	44	30	0.4	11	98	75	M. N.	〃	43	28	0.46	4	81	85
T. K.	〃	35	30	0.44	− 8	88	93	T. Y.	〃	100	24	0.32	8	91	71
H. M.	〃	38	28	0.36	− 8	86	88	T. N.	〃	41	28	0.43	−10	60	115

$\frac{t'}{t}\times100$ (z) = Tmin. on exercise　　QTc (m) = QTc max. after exercise

T′ (z) = time to Tmin. on exercise　　N. P. = normal pulse

i) H. S. T. score と運動終了後の QTc 変動量との相関　r = −0.19

なお QTc カーブの上昇せるものより下降せるもののほうに優秀選手が多い。

運動開始直後におけるT波の変動がいかなる機構によって変動するとしても，それが時間的に速く現われるか遅く現われるか，またその変動量の大小等は，その個体の内部環境の反応態度の一端を知る手がかりとなるであろう。従ってこれらの値は選手の記録その他の因子との相関も多少認められるが，それはむしろ個体の本質的反応態度の表現としての意味を重要視すべ

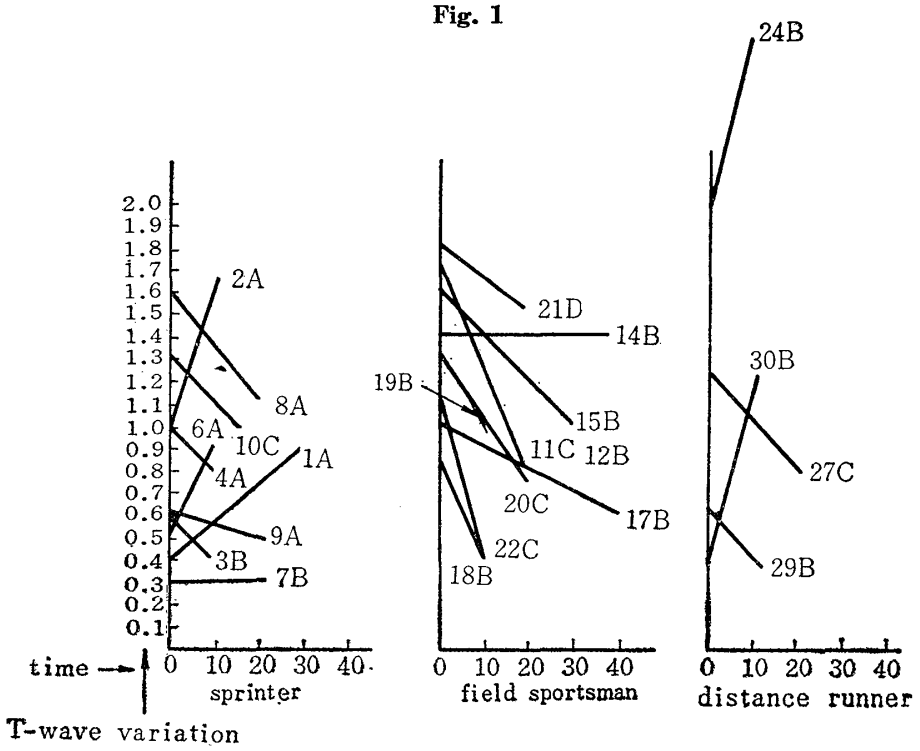
きであろう。

QTc については従来その乏血性心，心筋機能障害等があげられているが，運動後の QTc カーブの凸は陽性とされている。その量的変動については正常時脈搏数ならびに H. S. T. score との間にやや相関のあることを示している。

Table 7. T-wave variation on breath hold

	No.	Name	Record	Breath hold			H. S. T.
				T-w(rest)	Time to max.	T-w(after)	
Sprint runner	1	Kt	A	0.4	30	0.9	114
	2	Ne	A	1.0	10	1.6	106.4
	3	Ts	B	0.6	10	0.4	94
	4	Ka	A	1.0	10	0.8	75
	5	It	A	6.5	10	8.0	85
	6	Ki	A	0.5	10	0.9	86
	7	Mu	B	0.3	20	0.3	91.8
	8	Ko	A	1.6	20	1.1	82
	9	Ta	A	0.62	20	0.5	118
	10	Tak	C	1.3	20	0.9	81
Field sports-man	11	Ma	C	1.7	20	0.8	68
	12	Kom	B	1.7	20	0.8	82
	13	Ya	C	1.0	10	6.7	84
	14	Kis	B	1.4		1.4	100.6
	15	O	B	1.6	30	1.0	80
	16	Yo	B	10.8	10	8.8	82
	17	Na	B	1.0	40	0.6	85
	18	Yoy	B	0.8	10	0.4	79
	19	A	B	1.3	10	1.0	89
	20	Sa	C	1.3	20	0.75	76
	21	H	D	1.8	20	1.5	80
	22	Ni	C	1.1	10	0.4	76
Distance runner	23	Ku	B				121.9
	24	Si	B	2.0	10	2.8	99
	25	E	B	4.5	20	6.5	87
	26	No	B	0.7	10 20	0.7 0.5	109
	27	Kat	C	1.2	20	0.8	136.9
	28	Ha	B	5.7	10	7.5	104
	29	Sa	B	0.6	10	0.4	101
	30	Yos	B	0.4	10	1.2	92

Fig. 1



4）静止の状態における酸素欠乏刺激の方法として息こらえを試みた。30名の陸上競技選手に息こらえを行なわせ心電変化を記録し，これに基づいて脈搏の変動ならびにT波の消長を追求した。実施直後T波の変動量が最高に達する時間は，各選手の質の優劣（A, B, C, D）との間に何等の相関を持たず個人差的変動の傾向を認める。息こらえ開始後T波の変動量が最高に達する時間は，長距離，短距離，フィールド選手の順に長びくことが僅かながら認められる[9] (Table 7) (Fig. 1)。

5）いわゆる虚弱者を被験者に選び，運動開始直後のT波の消長に関して，その最小値および最小値に至る時間を求めた。従来，虚弱者に関する定義は多くの研究者によって検討されてきたのであるが，私どもは試みに Broca-Qitelet 栄養指数（L－100）－G＝－20以上のものを選出し，この者を被験者とした。16名についてレントゲン・フィルムから心肺係数，T波の極小値，正常脈搏数，H. S. T. スコアーを求めた。T波の極小値とH. S. T. スコアーの相関は r＝－0.25 であり，正常脈搏数とT波の極小値の相関は r＝0.35 であった。しかるに心肺係数とT波の極小値との相関は r＝0.92 ときわめて高い値を示している (Table 8)。

すなわち心肺係数と運動負荷刺激によるT波の変動量との間に高い相関が得られたということは，虚弱者の場合，心肺係数の小さい値のものは運動刺激によって内部環境により多くの変動を起こす。またこれは運動開始直後約20秒前後でT波の変動量が最大値に達する事実から迷走神経の一つの反応と解釈される[10]。

Table 8

Name	Cardio-pulmonary quotient	$\frac{t'}{t}\times 100(z)$	Normal puls	H. S. T.
K	0.34	46	76	74
H	0.36	33	83	67
T	0.45	57	136	61
N	0.39	60	75	74
S	0.5	23	78	64
K	0.34	40	100	64
O	0.36	52	83	70
M	0.3	33	88	72
G	0.37	40	111	64
F	0.34	66	111	61
M	0.33	38	73	66
G	0.34	53	93	59
A	0.36	60	83	70
K	0.41	46	103	63
Y	0.39	59	93	61
T	0.37	50	81	64
N	5.95			
M	0.37			

6）いわゆる虚弱者33名を選出し，これにH. S. T. を負荷し運動前および運動後4分にわたり第Ⅰ，第Ⅱ，第Ⅲ，V_1，V_4，V_6の6誘導をとり，QTc 値の変動について検討した。QT，RRの値から V_1，V_4 の QTc 値を算出し，更にこれの運動終了直後における変動量を計測し，それの短縮ないし延長の程度を時間的に追及すると同時に，この QTc パターンの変動量により所謂虚弱者の運動時における神経循環無力症並びに乏血性心の反応態度の予測を試みた。

またレントゲン・フィルムにより被検者の心肥大度，特に右室，左室の大きさを知るために心肺係数 $\left(\frac{T_R+T_L}{TD}\right)$ を求め，これと V_1 QTc，V_4 の変動量との相関，T_R と V_1 QTc の変動量，T_L と V_4 QTc の変動量との相関を求めた。

$\frac{T_R+T_L}{TD}$ cor. V_1 QTc……0.18

$\frac{T_R+T_L}{TD}$ cor. V_4 QTc……−0.26

T_R cor. V_1 QTc……−0.41

T_L cor. V_4 QTc……−0.23

すなわち心肺係数と V_4 QTc との間にはやや相関があり心臓の横径の小なるものは QTc 時間の延長を認める。言い換えれば心臓の横径の小なるものは運動時に自律神経不安定状態ならびに乏血性心が予測される。最も相関の高い値を示した T_R と V_1 QTc の変動量からは心右室の小さいものは V_1 QTc の変動量が特に多いという事実が示されている。

被検者33名中，心電図所見上，右室圧，肺動脈圧の上昇条件を満すものは

$V_1R+V_6S>10.5mm$ ……$\frac{8}{33}$

$V_1R\ R/S>1$ ……$\frac{4}{33}$

T逆転……$\frac{3}{33}$

運動負荷および酸素欠乏刺激から肺動脈圧の亢進を推測するために運動負荷後におけるP波の変動量，ならびに$\frac{R}{S}\cdot V_1R+V_6S$ を計測し，更にこれらの値と$\frac{H}{W}$および心肺係数との相関を求めると，[11]

$\frac{H}{W}$ cor.	IPr rest	0.21
	IPr−IP_1	−0.17
	IIPr−IIP_1	−0.53
	IIIPr−$IIIP_1$	−0.79
	$V_1R\ R/S-V_1R/S$	−0.51
	V_4R-V_4R/S	−0.89
	V_6R-V_6R/S	−0.2
$\frac{T_R+T_L}{T_D}$ cor.	IPr−IP_1	−0.09
	IIPr−IIP_1	0.38
	IIIPr−$IIIP_1$	0.01
	$V_1R\ R/S-V_1R/S$	0.11
	$V_4R\ R/S-V_4R/S$	−0.34
	$V_6R\ R/S-V_6R/S$	0.23
	V_1R+V_6S	−0.32

これらの事実から，いわゆる虚弱者では心肺係数の低いものは運動負荷刺激によって神経循環無力症ならびに乏血性心，心因性神経症等が含まれる可能性を察知し，一方右室圧ならびに肺動脈圧の上昇が健康者より高いと言える。

7）H.S.T.原法により運動を連続負荷した場合，すなわちトレーニングを継続負荷した場合，T波にいかなる変動がおこるかを検索するために運動未経験者を選び期間を2カ月半とり，その間20日間H.S.T.を負荷し，運動前1分，運動中3分，運動中止後4分連続して心電変化を記録し，T波の最小値に至る時間と，T波の変動量について追求した。[12]

運動前，運動中，運動中止直後のT波の変動について(Table 9)観察すると，いずれも20日目からT波の増高を示している。またH.S.T.のスコアーと運動開始直後の最小値との相関は

Table 9

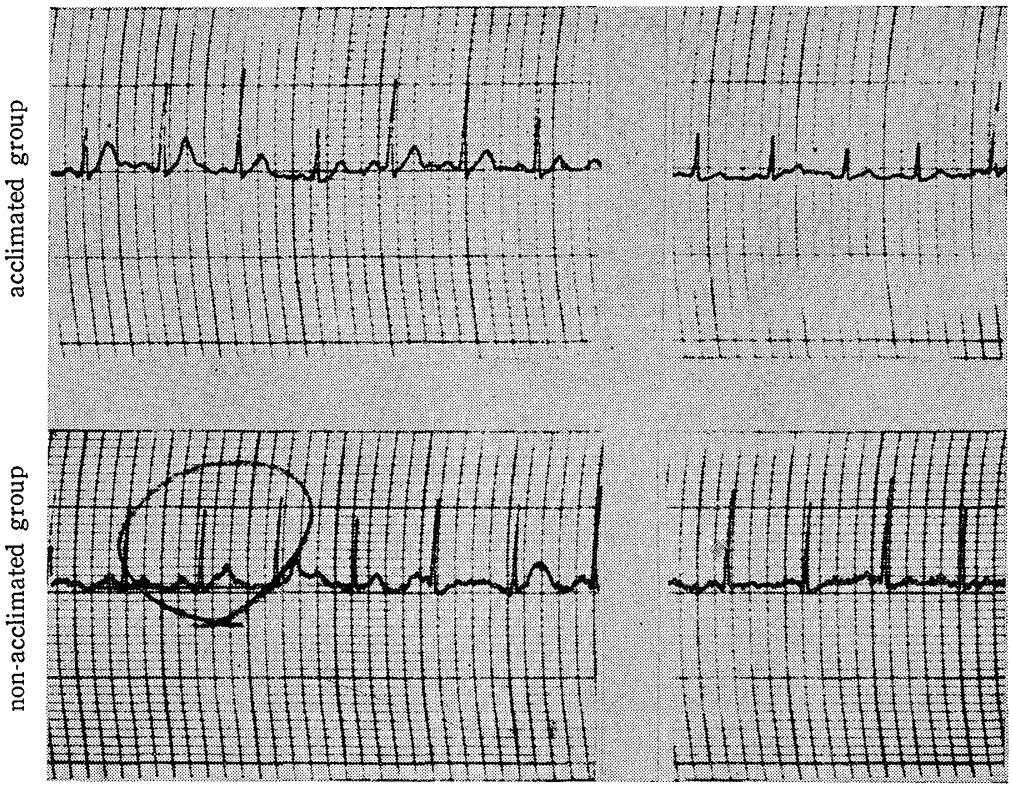
Date	$\frac{t'}{t}\times100$	S	Z	S_1	S_2	S_3	G	G_1	G_2	G_3	G_4	H. S. T.
4 —	19	107	64	121	135	157	135	143	107	107	114	72
4 —	20	107	62	123		135	145	130	107	107	92	87
4 —	21	100	56	100		119	112			87		72
5 —	2	107	42	114	121	121	128	157	128	114	94	84
5 —	9	105	65	120	150		160	190	120	110	90	68
5 —	10	94	44	161	150	178	144	166	133	111	94	80
5 —	12	95		100	147	157	143	139	113	108	87	96
5 —	13	96	55	93	103		103	124	96	82	69	93
5 —	24	128	44	128	136	120	153	168	156	120	104	
5 —	27	108		108	120	158	129	142	125	100	100	80
6 —	7	69	53	92	131	135	153	138	146	123	92	65
6 —	8		57	89	110	121	126	136	110	118	90	72
6 —	9	100	66	88	103	122		148	144	125	96	67
6 —	15	107	61	103	128	121	121	132	128	114	89	78
6 —	16	90	59	110	124	138	138	148	155	131	100	69
6 —	21	100	33	100	120	167	133	158	100	108	104	77
6 —	23											68
6 —	30	103	46		103	117	117	103	89		75	92
7 —	10	96	56	96	120	124	136	148	128	116	112	69
7 —	13	114	57	100	114	114	121	121	111	96	86	64

Date	QTc	R	S	Z	S_1	S_2	S_3	G	G_1	G_2	G_3	G_4	H. S. T.
4 —	19	0.41	0.48	0.46	0.41	0.41	0.38	0.41	0.45	0.48	0.46	0.43	72
4 —	20	0.47	0.43	0.53	0.40	0.37	0.45	0.39	0.41	0.5	0.5	0.44	87
4 —	21	0.36	0.5	0.46	0.53	0.45	0.41	0.47	0.45	0.46	0.51	0.41	72
5 —	2	0.42	0.45	0.5	0.46	0.41	0.39	0.48	0.47	0.39	0.44	0.4	84
5 —	9	0.48	0.44	0.48	0.41	0.44	0.46	0.39	0.4	0.4	0.36	0.42	68
5 —	10	0.5	0.52	0.66	0.55	0.47	0.4	0.46	0.46	0.46	0.42	0.39	80
5 —	12	0.46	0.45	0.44	0.6	0.47	0.45	0.4	0.41	0.36	0.43	0.43	96
5 —	13	0.45	0.42	0.52	0.51	0.4	0.41	0.4	0.45	0.41	0.44	0.45	93
5 —	24	0.42	0.47	0.43	0.39	0.37	0.4	0.37	0.4	0.39	0.43	0.44	60
5 —	27	0.45	0.49	0.5	0.43	0.4	0.39	0.4	0.46	0.39	0.37	0.44	80
6 —	8	0.47	0.43	0.6	0.47	0.41	0.4	0.4	0.39	0.42	0.45	0.44	72
6 —	15	0.41	0.41	0.45	0.46	0.4	0.38	0.63	0.46	0.42	0.46	0.63	78
6 —	7	0.45	0.51	0.52	0.4	0.4	0.37	0.41	0.45	0.44	0.49	0.43	65
6 —	9	0.46	0.5	0.52	0.47	0.41	0.4	0.46	0.47	0.5	0.47	0.43	67
6 —	16	0.41	0.43	0.48	0.46	0.41	0.39	0.4	0.43	0.46	0.43	0.41	69
6 —	21	0.41	0.47	0.48	0.54	0.41	0.41	0.41	0.43	0.46	0.42	0.38	77
6 —	23	0.46	0.42	0.63	0.61	0.41	0.36	0.41	0.46	0.42	0.42	0.43	68
6 —	30	0.48	0.45	0.57	0.52	0.53	0.39	0.45	0.47	0.44	0.4	0.42	92
7 —	10	0.46	0.51	0.47	0.41	0.37	0.36	0.37	0.37	0.37	0.36	0.37	69
7 —	13	0.46	0.47	0.44	0.41	0.37	0.42	0.37	0.4	0.39	0.39	0.41	64

r＝－0.23 であり，わずかの相関であるが，このことはH. S. T. スコアーが大になればなるほどT波が小さい，すなわちトレーニングが積み重ねられればT波は大きくなるのであろう。(13)

8）一般に酸素低減環境での心電変化のT波は低下するものである。更に酸素低減環境での運動負荷試験で運動開始直後のT波の縮小およびそれに至る時間は個人差を認めるが順化グループは非順化グループより変化が少ない。これは生体の内部環境の反応態度を知る一つの手掛かりとなるであろう(14),(19) (Fig. 2)。

Fig. 2 (3,770m 高度)



before exercise　　right after the commencement of exercise

低酸素環境における脳循環および機能の様相を知る方法の一つとして誘導値の測定を行なうと，良く順化されたもの (Kato, Higeta) と他のものとの間にはあきらかに差異をみとめられる (Table 10)。

マウスに低酸素状態を反復負荷し（毎日5時間宛4週間）順化の状態を作り，これに光刺激を与え脳皮質の対応領域における誘発脳波を求め，これを100回加算し，対象と比較検討を試みた (Fig. 3)。

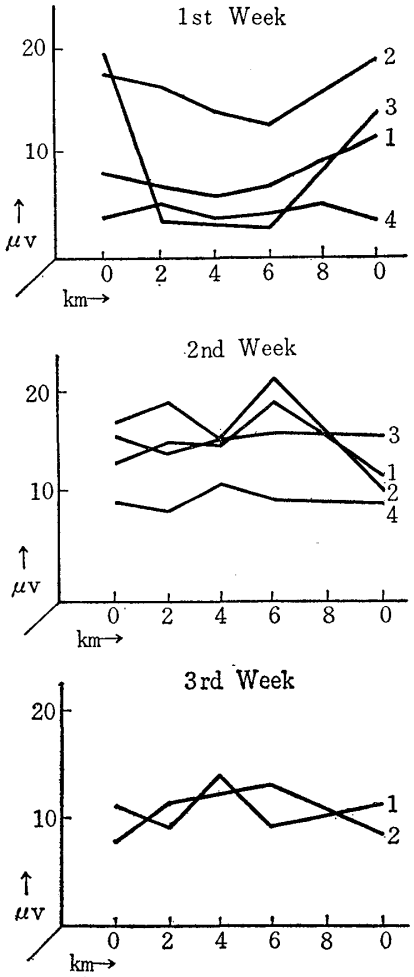
順化グループは非順化グループに比較して安定していることを認めた。しかし第3週目には非順化グループは死亡した。

また酸素量が$\frac{1}{3}$に逓減すれば反応は著しく減少する (Fig. 4)。

Table 10. Induction value

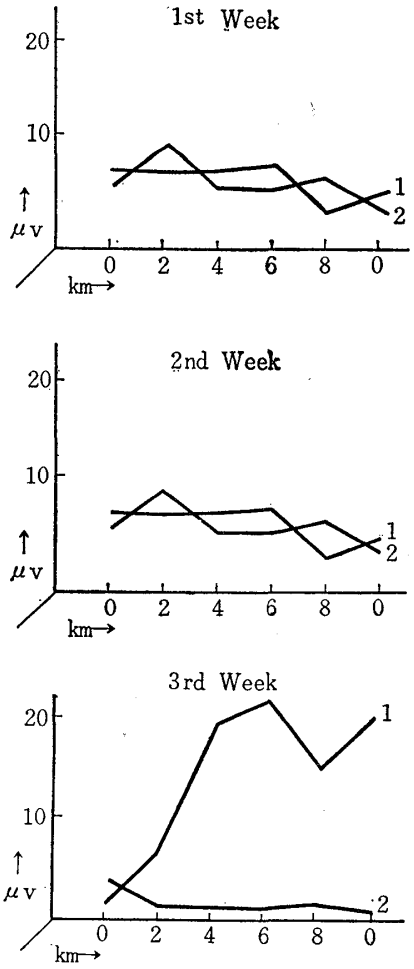
Date	Place	Height	Ma	Ch	Im	Ta	Ch	Ka	Mu	Ot	To	Hi	Ma	Yo
4—2	B. C	3,850m	3.6	1.8	2.7	5.0	5.0	2.5	2.5—3.0	2.6	0.0	2.5	3.6	6.5
4—7	〃	3,850m	2.0	2.9	2.4	5.0	7.0	1.8	1.3	2.2			2.7	
4—16	〃	3,850m		4.8	5.3		6.0	1.8	1.7	2.5	2.6			4.2
4—24	C. 2	5,600m	1.5	2.0			4.0				3.5	4.7	0.5	
5—5	C. 4	6,550m		1.1 0.0	1.6 3.3	2.5 2.0 1.8		7.8	1.9	2.5 2.1		7.5 8.0		
5—8	C. 5	7,200m												
5—12	C. 2	5,600m			1.0	2.5	2.2	5.8	1.0	2.5	1.0			3.2

Fig. 3 Evoked potential



(1), (2)——acclimation group
(3), (4)——non-acclimation group

Fig. 4 Evoked potential



(1), (2)——non-acclimation group

このように適応の状態から順化の状態に至る場合の生理的変動の差異は，何らかの刺激を与えたときその反応態度の様相から察知される。特に酸素の消費量の大きい神経系の反応態度は意味があるように思える。(14),(15),(16),(17),(18),(19)

9）運動刺激がH.S.T.ではその負荷が極限に近くなるので，負荷の程度を軽くして，その反応態度を知るために自転車負荷に代え毎分 20 km 3分の負荷を試みた。

被検者には一般学生，陸上選手，バレーボール選手各15名を選び，上記同一運動を負荷し，運動前，運動中，運動後に光刺激による誘発電位（毎秒1回30秒間）を加算し，同時に心電（Nehb誘導）変化のT波を計測した（Table 11, 12, 13）。

Table 11

	Evoked potential				T-wave (EKG)	
	$\frac{EP}{EP'}$	$\frac{R}{R'}$	$\frac{EP}{EP''}$	$\frac{R}{R''}$	$\frac{T}{T'}$	$\frac{T}{T''}$
Contrast	0.86	$\frac{25.5}{25.8}$	1.002	$\frac{25.5}{26.0}$	1.44 (0.37)	1.34 (0.40)
Athletic	0.74	$\frac{18.5}{18.7}$	0.85	$\frac{18.5}{18.9}$	1.14 (0.23)	0.94 (0.28)
Volley-ball	0.72	$\frac{18.5}{19.3}$	0.92	$\frac{18.5}{19.0}$	1.03 (0.22)	0.99 (0.17)

EP=evoked potential on rest
EP′=evoked potential on start
EP″=evoked potential on goal
T=T-wave on rest
T′=minimum values of T-wave after start
T″=minimum values of T-wave after goal

Table 12. T-wave variation of EKG on exercise

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	M	σ
Contrast	$\frac{T}{T'}$	0.91	1.45	1.62	1.86	1.66	2.00	1.44	1.50	1.37	0.78	1.75	1.09	2.00	1.00	1.25	1.44	0.37
	$\frac{T}{T''}$	1.25	1.33	1.85	2.16	1.11	0.88	1.00	1.50	1.83	1.83	1.16	1.20	1.33	0.80	0.83	1.34	0.40
Athletic	$\frac{T}{T'}$	1.10	1.11	1.13	1.00	1.20	1.10	1.05	1.08	0.80	0.87	1.36	1.66	1.29	1.50	0.80	1.14	0.23
	$\frac{T}{T''}$	1.10	0.91	1.13	1.00	0.91	1.22	1.00	1.44	0.92	0.48	0.69	1.25	0.75	0.90	0.62	0.94	0.28
Volley-ball	$\frac{T}{T'}$	0.86	0.90	1.25	1.25	0.66	1.07	1.29	1.10	0.73	1.08	0.75	1.14	0.86	1.37	1.18	1.03	0.22
	$\frac{T}{T''}$	0.86	0.90	1.00	0.83	1.00	1.07	1.13	1.50	0.80	1.08	0.75	1.00	1.00	0.85	1.05	0.99	0.17

T=rest T′=start T″=goal

Table 13. Evoked potential

	No.	rest		start		goal		$\frac{EP}{EP'}$	$\frac{EP}{EP''}$
		EP	Rt	EP′	R′t	EP″	R″t		
Contrast	1	17	22	23.5	21.5	18	21		
	2	25.5	30	56.5	30	30	30		
	3	34.5	31.5	53.5	30	40	30		
	4	35	25	30.5	28.5	40	29.5		
	5	23.5	22.5	35.5	23.5	49	23.5		
	6	70	28.5	96	31	57	30		
	7	56	27	40	27	36	26.5		
	8	15	26	34.5	28.5	28	26		
	9	26.5		48.5	27	39	28		
	10	23	18.5	11	17	20	18.5		
	11	33		15	22	39.5	22		
	12	36	28.5	48		26.5	30		
	13	46	27	45.5	28.5	36.5	28		
	14	44.5	23	45.5	25.5	32	25		
	15	33.5	22	20	21.5	27	22		
M		34.6	25.5	40.2	25.8	34.5	26	0.86	1.002
σ			3.69		3.66		3.84		
Athletic	1	7		19	16	18	16		
	2	12	18	48	22	34	20		
	3	9	18.5	17	21	20	24		
	4	25.5	14	32.5	16	25	15.5		
	5	6	16	20	21.5	7	19.5		
	6	8.5	16	6	16	10	17		
	7	19.5	14.5	25	15	23	11.5		
	8	7	23	34.5	22	23.5	21		
	9	12	15	27.5	14	24.5	16		
	10	26	15	29	12.5	41	14		
	11	34	26	28.5	26	38	26		
	12	43	24	60.5	23	40	24		
	13	52		27	18	28.5	19.5		
	14	40.5	18.5	40.5	18.5	32	19.5		
	15	25	22.5	26	19.5	13	21		
M		21.8	18.5	29.4	18.7	25.1	18.9	0.74	0.85
σ			3.88		3.86		3.26		
Volley-ball	1	33	15.5	25	16	25.5	14.5		
	2	9	12.5	28.5	15.5	3.5	13		
	3	18	14	29		10	16		
	4	21	13	27	12	19	12		
	5	22.5	19.5	19.5	18	29	18		
	6	27	18	50	22	50.5	22.5		
	7	23.5	18.5	34	16.5	17	16.5		
	8	10	15	31	14	27	15		
	9	15	23	35	21.5	12.5	22		
	10	53	13.5	48	14	39	14		
	11	14	17	14	19.5	16.5	16		
	12	29.5	31	41	29	70	32.5		
	13	23	23.5	22	24	12	23.5		
	14	14		36	26	15	28		
	15	28.5	24	32	21.5	22.5	22		
M		22.7	18.5	31.4	19.3	24.6	19.0	0.72	0.92
σ			5.08		4.70		5.56		

その結果，誘発脳波第II波の変動量は静止状態に比べて運動開始直後および運動停止直後ともに陸上選手，バレボール選手は安定している。

心電T波の変動は共に一般学生に比べて少ない。すなわち運動負荷はその軽重を問わず同じ傾向を示すのは，運動が一つの刺激として作用しているものであろう。

3. 考　　察

経験的に順化した状態と非順化の状態では自覚的にまた他覚的に差のあることを知っている。更に言い換えれば順化の状態における適応作用と非順化の状態における適応作用は異なるものである。それは両者に何らかの刺激を加えた時の反応態度の相違として認識される。この両状態は或る程度長く保持される事実は生体の構造機構の変化，体液機構の変化等多くの因子をあげられるが，私共は調節機構の変化について検索を試みた。方法的に運動負荷ならびに酸素低減の二つを生体に与え一定の状態を作り，その状態における心電T波の変動と光刺激による反応態度の相様を追究した。

1）心電T波の変動　T波に関する多くの先駆者の研究にみられるところで血中酸素の変動，迷走神経反射による血圧の増加，Kの増加，心垂位への変化，肺の伝導度増大等があげられていて，この場合いずれによるかを判定することはきわめて困難である。

しかし運動負荷刺激の場合，脳循環については動脈血中 CO_2 分圧と pH の低下にもかかわらず脳血管抵抗の減少と脳 O_2 消費量の増大をきたし脳血流量の上昇を認めている。また軽運動負荷のさいは動脈血中 CO_2 分圧の低下とともに脳血流量が減少し脳 O_2 消費量には著変を認めない。しかし運動負荷直後直ちにT波の変動を起すことは中枢神経系の支配を考えないわけにゆかない。[20] 特にアセチルコリン注射に音の刺激を55回組み合わせた後で，生理的食塩水注射を伴う音刺激によっておこった心臓活動の促進を示すが，特にアセチルコリンの心臓作用の特徴であるT波の強い変化が全く同様におこっている。[21] すなわちT波が陽電性の波を表わしているにしろ，あるいはまた心室における機械的な変化を表わしているにしろ，その問題とは別に，いかに大脳皮質が心活動を強く変化せしめるかが想像される。

おそらく心臓における一時性結合の形成に無条件刺激体として，一方では迷走神経の球中枢に第一に定型的に作用する刺激(酸素欠乏状態)，他方では主として心臓の終末装置に作用する刺激（アトロピン）を考える。そして迷走神経は心臓の活動を急激に変化させる最も重要な遠心性伝導路であろう。

また一般に急速に血漿中のK濃度を高めた場合，T波は尖鋭，増高しT/R比は増大する。Rは低減しPは低減拡大消失する。P，QRS，PQ時間は延長し刺激伝達の遅延がおこる。また

R-Rは短縮しQT商は延長を示す。インシュリンによる低K血症ではST低下，Tの平低下，T/R比の減少が見られる。

また血漿中 Na 濃度とT波の増高との間には，逆相関が見られ，QTは Na 濃度が高濃度の時には延長を示す。(22)

T波の変動は中枢性には現床下部中脳網様体，脳胼胝体の刺激によって起こると言われている。(23)

低酸素環境では一般に発現症状が非順化の状態では副交感神経症状が優勢であり，(1) 高所での滞在時間が長びくと血漿中Kは低減し，Na は増加する。(24),(25),(26) 家兎実験で6,000m高所で血中の Ca が減少しKが増加し，組織には Ca が集積し逆にKは減少をきたすことを認めている。(27) また酸素消費量を指標にしたノルアドレナリンに対する感受性は，低酸素順化によって低下する傾向を示す。(25)

H. Reindell は運動負荷の強度によりT波の縮小の程度の相違を指摘し，運動選手においてはその縮小の度合の少ないことを指摘している。(28) この点は私どもの成績と一致しているところであるが，以上のような内部環境の変動とT波変動の時間的関係を考慮するときに，中枢性の順化の様相を追究しなければならない。その意味で光刺激に対する誘発電位の測定を試みた。

2）誘発電位の変動　一般に誘発電位は外来刺激と明確に対応した電気反応であり，反応潜時が比較的に短く，反応持続時間は比較的短く波型が決まっている。私どもの場合，特異的反応を示す第II波を計測した。これは光が視覚経路を経て皮質視覚野に達した直接の結果としておこるものであって，睡眠，覚醒などの一般的な脳の機能状態の変化に応じて，自発脳波の様相に変化がみられると同様な現象は，感覚性誘発電位やその他の誘発電位についてもみられる。(28)

光刺激による視覚野の誘発電位は中脳網様体の覚醒反応によって抑圧されるのに，同じ視覚野の誘発電位を外側膝状体の刺激によっておこすときは，覚醒反応はこれに対して促進作用をもつ。視覚野誘発電位の変動が海馬脳波の様相変化と密接に関係し皮質脳波が一様な速波様相を示しているようにみえても，なおそこには賦活系活動のこまやかな動揺が及んでおり，これが誘発電位の変動に反映すると言う。

慣れの工作によって誘発電位が変化する場合には二次反応から変化し，脳波賦活効果が減少することは，中脳に存在する脳幹網様賦活系の抑制が慣れの本態であるとされている。

視覚刺激による慣れ現象は，外側膝状体の誘発電位の振幅減弱よりも皮質視覚野の誘発電位の振幅減少がさきに現われる。また新刺激による慣れの除去の効果も，外側膝状体よりさきに皮質視覚野に現われる。賦活系の電気刺激は誘発電位を増強せしめる。慣れは下行性網様系の促進および上行性網様系の抑制によって生じるのであろう。そして賦活系の方がさきに慣れの

効果を現わし，はじめに二次中枢が，さらにおくれて一次中枢が慣れの影響をうけると考えられる。[29]

酸素不足は大脳皮質の呼吸酵素活性阻害ではなく，膜のカチオン透過性の阻害であると考えられ，ある種の基質，たとえば葡萄糖＋オキザロアセテートを用い，温度を下降させることにより，この阻害を軽減すること，ウアバイン，沃度アセテートで回復が阻害されることなどから，阻害の本質はカリウム能動輸送阻害であると言われている。[30]

中枢神経系で酸素消費が他の組織に比べて高いのは，おもに多数のネウロンにおいて行なわれる能動輸送のためであり，血中酸素や葡萄糖の不足により非常に急速に機能の低下がおこるのは，能動輸送が障害されてネウロンにおけるカチオン濃度分布が変化するためであろう。[31],[32],[33]

4. 結　　論

生体に運動負荷刺激 H. S. T. を与えた場合の心電変化で，T波は運動負荷直後直ちに下降を始め，3分前後で上昇する。平均値からみると，短距離選手は運動開始直後に変動著しく，長・中距離選手は著しくない。またT波の最小値に至る時間は，短距離選手では短いものがあり，長・中距離選手では比較的に長いものがある。

運動開始直後におけるT波の最小値と，これに至る時間，正常脈搏数，H. S. T. score, QTc 変動量等の相互間における相関を認めなかった。

静止状態における“息こらえ”でT波の変動量は長距離，短距離，フィールド選手の順に長びくことが，僅かながら認められる。

ただ心肺係数とT波の極小値との間にはきわめて高い相関が得られたことは，虚弱者の場合，心肺係数の小さい値のものは運動刺激によって内部環境により多くの変動を起こす。これは運動開始直後約20秒前後でT波は極小値に達する事実から迷走神経の一つの反応と解釈される。そして更に右室圧ならびに肺動脈圧の上昇がより高いと言える。

また同一被験者にトレーニングを2カ月半連続負荷した結果，運動開始直後のT波は20日目から増高の傾向を示す。これはトレーニングに順化した生体の一つの変化として認められる。

酸素低減環境での心電変化のT波は低下し，順化生体は非順化生体より変化が少ない。

更に H. S. T. は当初よりその運動量がかなり大きいので，軽度な運動刺激として自転車をふます刺激に変え運動負荷直後のT波の様相をみると，同様に運動のトレーニングを経た陸上選手ならびにバレーボール選手は一般学生より変動量は少ない。

これらの事実から心電変化のうちでT波は運動開始と同時に縮小を始めること，順化した生体と非順化の生体との間にはT波の極小値，およびそれに至る時間に各特徴があること等から

生体の内部環境の調節についての中枢性支配を考えなければならない。すなわちT波が陽電性の波を表わしているにしろ，あるいはまた心室における機械的な変化を表わしているにしろ，その問題とは別に大脳皮質の影響があろう。一つは迷走神経の球中枢に第一に定型的に作用する刺激（酸素乏欠），他方では主として心臓の終末装置に作用する刺激（アトロピン）を考える。

また低酸素環境下では血漿中のK濃度が少なくなるため，必然的にST低下，Tの平低下があっても不思議ではない。しかもそれは順化生体と非順化生体の間には差があってしかるべきである。

これらの変動は実験的に視床下部，中脳網様体，脳胼胝体の刺激によっておこるので，別に同一条件下で光刺激に対する誘発反応の相違を実験した結果，運動負荷開始直後，運動負荷停止直後ともに陸上選手およびバレーボール選手グループは変動率が少ない。また低酸素環境下におけるマウス実験では，順化グループは非順化グループに比較して安定していることがわかった。

一般に視覚野誘発電位の変動が海馬脳波の様相変化と密接に関係し皮質脳波が一様な速波様相を示しているようにみえても，なおそこには賦活系活動の動揺が及んでおり，これが誘発電位の変動に反映している。更に慣れの獲得によって誘発電位が変化する場合に脳波賦活効果が減少することは，中脳に存在する脳幹網様賦活系の抑制が慣れの本態であろう。そして低酸素環境では血中酸素や葡萄糖の不足により急速に機能の低下がおこるのは，能動輸送が障害されたためであろう。

〔附記〕この研究によせられたロストフの A. Б. Когаи 博士およびフライブルグの H. Reindell 博士の御助言に深謝いたします。

参考文献

1）辰沼広吉：高所における医学的考察，慶應義塾大学“体育研究所紀要”第1巻，第1号，p. 76。
2）栗本義彦・長島長節：スポーツ・トレーニングの理論と方法，昭36，p. 59，不昧堂。
3）川村　浩：脳生理学の基礎，昭40，p. 301，岩波書店。
4）辰沼広吉：運動生体用簡易型ＥＫＧならびにＥＥＧ増幅器について，慶應義塾大学“体育研究所紀要”第6巻，第1号，p. 49。
5）Ralph W. Stacy and Bruce Waxman: Computers in Biomedical Research, p. 377, p. 223, 1965, Academic Press, New York and London.
6）辰沼広吉・中井忠男・木村正一・辻　暸二：スポーツマンの適性について，体育学研究，Ⅵ—1，p. 189，昭36。
7）辰沼広吉・辻　暸二・木村正一：陸上選手の種目別に依る生理的特質について，体育学研究，Ⅶ—1，p. 157，昭37。
8）森下　孝・米村昌二・辻　暸二・木村正一・清水直臣：陸上選手の適性に関する研究，体育学研究，Ⅷ—1，p. 395，昭38。
9）木村正一・森下　孝：運動負荷時に於ける循環系の適性について，体育学研究，Ⅸ—1，p. 49，昭39。

10) 森下　孝・木村正一：所謂虚弱者と健康者の運動負荷心電変化の比較，体育学研究，X—1，p. 7, 昭40。
11) 木村正一：運動負荷時に於ける QTc の変動について，体育学研究，XI—1，p. 193, 昭41。
12) 森下　孝：運動負荷時の肺動脈圧について，体育学研究，XI—1，p. 147, 昭41。
13) 森下　孝・木村正一：所謂運動負荷心電変化記録から，体育学研究，XI—5，p. 112, 昭42。
14) H. Tatsunuma : Acclimatization at High Altitude, XVI, Weltkongress für Sportmedizin, p. 529, 1966.
15) H. Tatsunuma, T. Morishita, S. Kimura & S. Yonemura : Vicissitude of T-waves in Electrocardiogram during Muscular Exercise, Proceedings of International Congress of Sport Sciences, p, 355, 1964.
16) 辰沼広吉：異常環境における誘発脳波（I），日本生気象学会誌（1），1966。
17) 辰沼広吉：異常環境における誘発脳波（II），日本生気象学会誌（2），1967。
18) A. Б. Коган : Technique for Simultaneous Derivation of Impulse Activity from Several Neurons, p. 195, 1966。
19) 辰沼広吉：富士山頂気象測候所員の疲労調査。
20) 相沢豊三：脳の循環と機能，p. 83, 中外医学社，昭39。
21) K. M. ブイコブ：大脳皮質と内臓器官，p. 64, 英徳社，1955。
22) 花岡和一郎他：電解質と心電図，呼吸と循環，Vol. 9, No. 2, p. 99, 1961。
23) 小島昭輔：脳刺激の心機能とくに心電図に及ぼす影響，J. C. J. Vol. 31, Feb. p. 71, 1967。
24) Kaoru Sumiyoshi : Changes of Blood Elements and the Circulatory System in Climbing, Japanese Circulation Journal, vol. 26, No. 6, June, 1962, p. 533.
25) 万木良平：低酸素下の運動負荷時の酸素消費量について，日本生気象学会誌，Vol. 2, No. 1, p. 5, 1967。
26) 池上晴夫：ラットの低酸素順化に関する研究，日本生気象学会誌，Vol. 1, No. 1, p. 11, 1966。
27) 久保秀雄：酸化還元電位，p. 140, 南条書店。
28) H. Reindell : Herz Kreislaufkrankheiten und Sport, p. 79, p. 131, 1960.
29) 時実利彦：脳の生理学，p. 327, 428, 433, 113, 昭41, 朝倉書店。
30) K. Kamakura : Prophylaxis of Hypoxia by Carbametes and its Mechanism, XXII International Congress of Physiological Sciences, p. 319, 1965.
31) A. Б. Коган：脳生理学の基礎，p. 301, 1963。
32) 小池上春芳：大脳辺縁系，p. 91, 125, 中外医学社，昭40。
33) S. Narikashvill and D. Kadjaia : Cortical Inhibition of Thalamic Relay Nuclei, Brain Reflex, p. 340, 1968.