

ECG からみた左心室収縮期・拡張期 の時間変化

DIFFERENCES OF SYSTOLIC AND DIASTOL- IC PERIODS OF LEFT VENTRICLE WITH ECG

中 原 凱 文

Yoshibumi NAKAHARA

Abstract

ECG wave was analyzed as left ventricular systole (R-T interval), left ventricular diastole (T-P interval) and atrial (P-R interval) on eight long distance male runners, four male gymnastics and four normal healthy male students.

At resting position, heart rate of long distance group was 64.48 ± 8.77 b/min (mean \pm SD). It was about 20% lower than the normal group ($P < 0.001$). The T-P interval was longer than the R-T interval on the long distance group. With increasing heart rate during pedalling bicycle ergometer on long distance group, T-P interval shortened about 80% at 150 b/min level compared with the normal group. Nevertheless, decreasing ratio of R-T interval was about 20% in comparison with the normal group. These results were suggested that on the long distance group, as volume of the left ventricular was so large, cardiac muscular hypertrophy was noted and its contraction was so rapidly and strongly, their stroke volume so large.

In spite of the differences of training effect between the subjects group was markedly, the relationship between heart rate and interval of each cardiac cycle was similar on each groups.

Key words : ECG, Diastolic and systolic period, Left ventricular dimensions

〔I〕 緒 言

スポーツマンは、一般的に徐脈の傾向があり²⁾¹³⁾²⁴⁾²⁸⁾、殊に全身持久的要素の強い長距離選手では、顕著にみられる²⁵⁾²⁷⁾。同一年齢層の健康人に比し、R-R間隔が有意に長く²⁸⁾、同一運動

負荷後の心拍数の回復も、一般的健康人より速い²⁾⁶⁾²³⁾事も周知の事実である。

同様に、同一負荷での心拍数は、陸上競技選手の方が一般健康人より少ない¹⁴⁾。

このような事実のメカニズムは、不明な点もあるが、いわゆる “training vagotony” といわ

れる迷走神経緊張状態に傾くためと考えられている⁷⁾。その結果、スポーツマンにおいては、P-Q間隔（房室伝導時間）の延長もみられている²⁸⁾。このP-Q間隔の延長は、vagotonyで説明されているが、激しい運動に対する生理的適応と解釈されている⁹⁾。

また、長距離選手は、一般人に比べ、心臓容積が約20%も大きく¹⁹⁾、心筋の肥大が起こり、筋線維の長さも増加し、心筋の毛細血管も発達する⁴⁾。この肥大した心筋個々の収縮性は正常か、むしろ低下しているとする見方もあるが¹⁰⁾、心容積と最大拍動量及び最大心拍出量とは比例する¹⁾ともされている。

そこで本研究は、運動時における左心室収縮期と拡張期の周期特性をとらえようとして、循環系のトレーニング効果が著明で、スポーツ心臓を有するとされる長距離選手と、あまり循環系のトレ

ーニング効果が認められないと思われる器械体操選手²²⁾と、ほとんどスポーツ経験のない一般学生とにおける差を検討した。

〔II〕 実 験 方 法

被験者は、本学長距離選手8名、器械体操選手4名ならびに現在及び過去においてほとんどスポーツ活動の経験のない一般学生4名である。本被験者の身体的特性及び安静時心拍数は、表1の如くである。

ECGの記録は、電極を標準肢誘導第Ⅱ誘導に準じ、胸骨上縁部とV₅の2点に貼付し、記録した（三栄測器製 2E31A）。

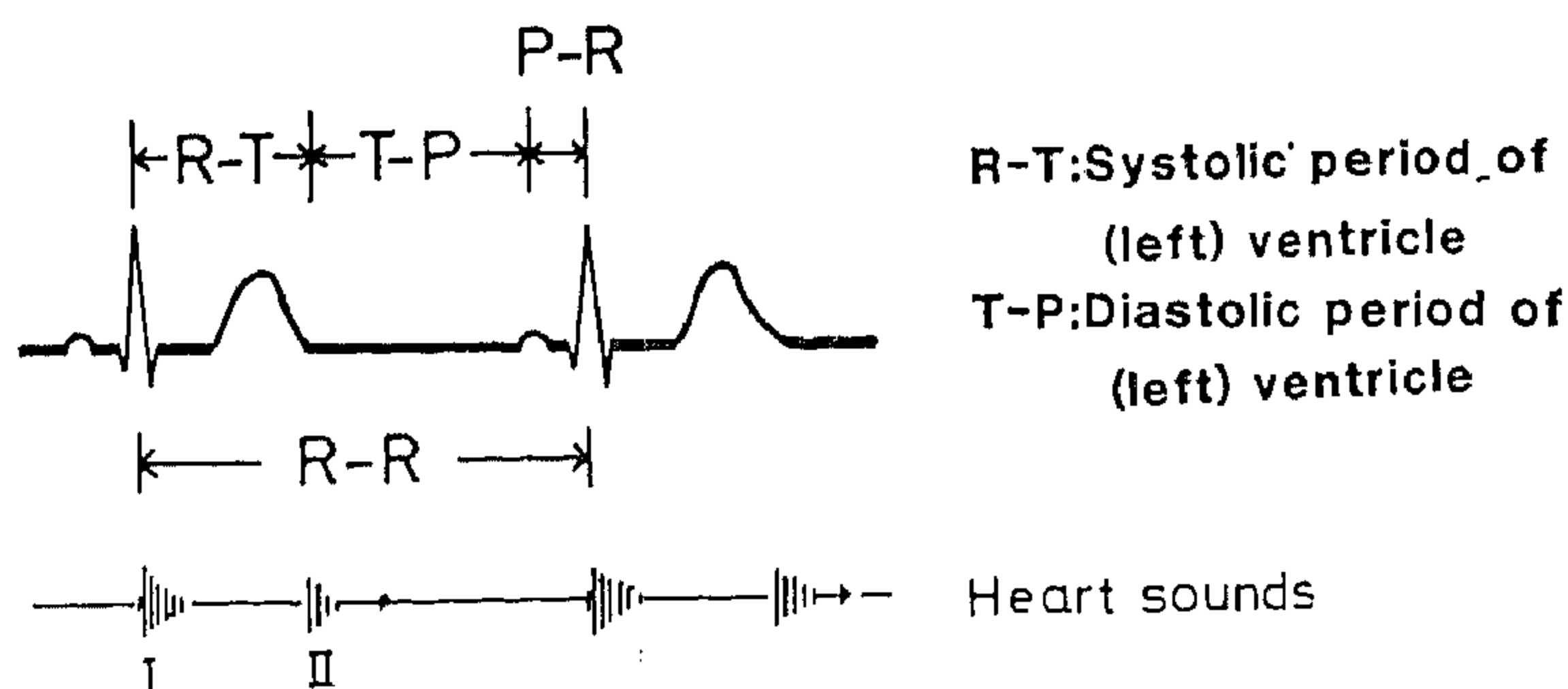
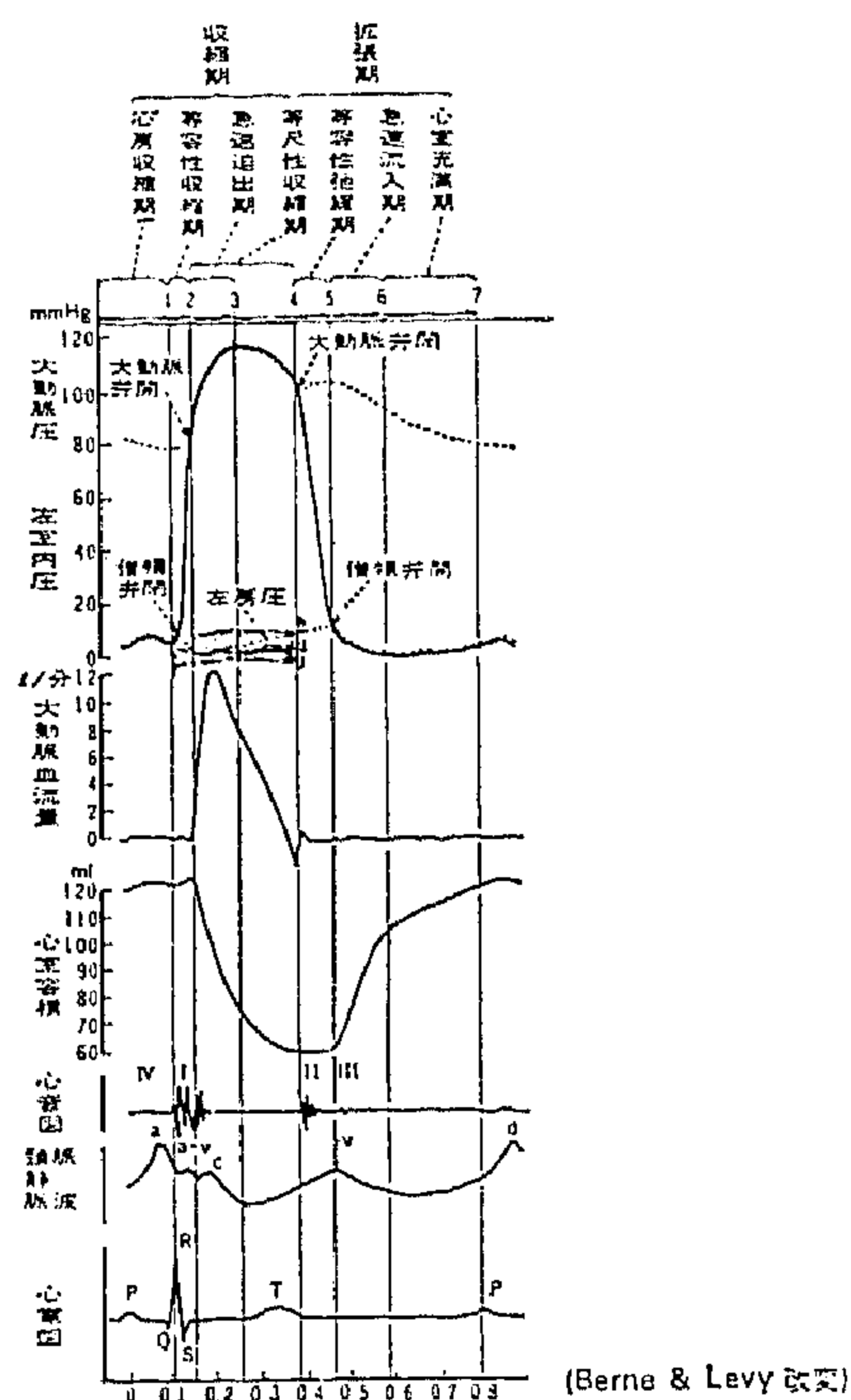
記録されたECGの分析は、図1に示した如く、R-T間隔を左心室収縮期、T-P間隔を左心室拡張期、P-R間隔を心房収縮期とした。各期の計測は、10拍連続で行ない、呼吸性変動等の影響⁵⁾

表—1 被験者の身体的特性ならびに安静時心拍数

Long-distance						
	Subject	Age	Sex	Hight(cm)	Weight(kg)	Rest H.R(b/min)
1	M.I	22	M	170	60	48.78
2	M.I	22	M	168	58	66.62
3	M.H	22	M	175	63	55.36
4	M.A	20	M	168	56	62.40
5	M.F	19	M	163	54	81.04
6	H.Y	22	M	162	50	68.97
7	T.Y	22	M	170	56	56.56
8	K.T	21	M	177	60	66.08
m		21.25		168.88	57.13	64.48
S.D		1.09		4.96	3.79	8.77

Gymnastics						
	Subject	Age	Sex	Hight(cm)	Weight(kg)	Rest H.R(b/min)
1	S.I	18	M	160	65	63.63
2	I.T	18	M	163	67	71.30
3	K.T	18	M	164	61	70.84
4	Y.K	22	M	172	75	68.76
m		19.00		164.75	67.00	68.63
S.D		1.73		4.44	5.10	3.04

un-trained						
	Subject	Age	Sex	Hight(cm)	Weight(kg)	Rest H.R(b/min)
1	K.K	22	M	170	65	81.39
2	M.M	19	M	170	68	85.20
3	S.Y	22	M	176	64	78.93
4	N.S	22	M	168	48	70.24
m		21.25		171.00	61.25	78.93
S.D		1.30		3.00	7.79	5.50



図—1 心周期の分析方法を示した図で、本研究では、上図を参考にし、R-T間隔を左心室収縮期、T-P間隔を左心室拡張期、P-R間隔を心房収縮期とした。各 ECG 波形の連続10個を平均値化した

を極力さけるよう配慮した。

運動負荷として Monark 社製自転車エルゴメーターを用い、50rpm の回転数とし、図 2 の如く、75watt より 200watt まで 2 分間ずつ 25watt の漸増し、以後 1 分毎に 25watt 漸増した。記録器の関係上、記録紙は毎秒 5 cm 送りであるため、また、波形の分析上困難なため、submaximal な運

動範囲である。

〔Ⅲ〕 結果及び考察

安静時における心拍数は、長距離群で 64.48 ± 8.77 拍/分と一般学生群の 78.93 ± 5.50 拍/分に比べて、有意 ($P < 0.001$) に低い (表 1)。最も低い者で 48.78 拍/分であり、P-Q 時間が 0.20

sec 以上に延長している者が長距離群で多く (0.23 ~ 0.28 sec), 従来からいわれている training vagotony⁸⁾によるものと言えよう。器械体操群も僅かに一般学生に比し, 低値を示していた。

安静時の R-T 間隔, T-P 間隔及び R-R 間隔の各群の平均値は, 長距離群で 0.35sec, 0.46sec, 0.16sec であり, 器械体操群では 0.31sec, 0.43sec, 0.13sec となり, 一般学生群では 0.30sec, 0.33sec, 0.14sec である。一般学生群の値及び ECG 波形は, ほぼ日本人の正常値範囲内⁵⁾のものであったが, とくに長距離群では, 左心室拡張期である T-P 間隔が一般学生に比べ, 約 50% 程延長していた。

自転車エルゴメーターによる同一負荷時の心拍数の変化をみると (図 2), 長距離群では多くの報告同様¹¹⁾¹⁸⁾²¹⁾²⁴⁾, 一般学生より 15~25 拍/分少ない心拍数であった。言い換えるならば, 同一心拍数において, より大きな仕事が可能である事を意

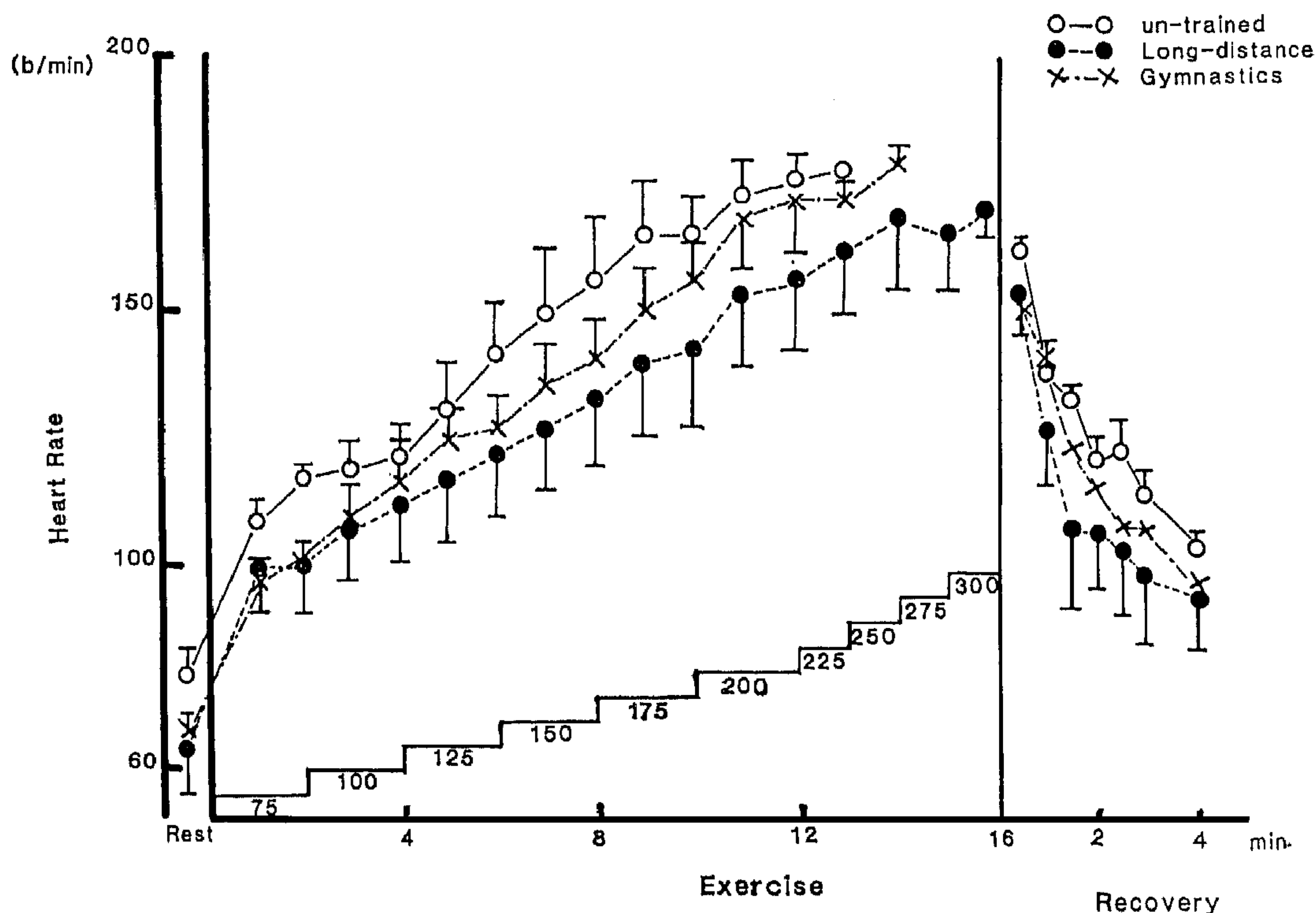
味し, これは心臓の余裕力の大きいことを示唆している。

一方, 循環器系機能がそれ程トレーニングされていないと思われる器械体操群では, 負荷強度が高くなるにつれて, 一般学生の値に近づく傾向が認められた事は, 興味ある事である。

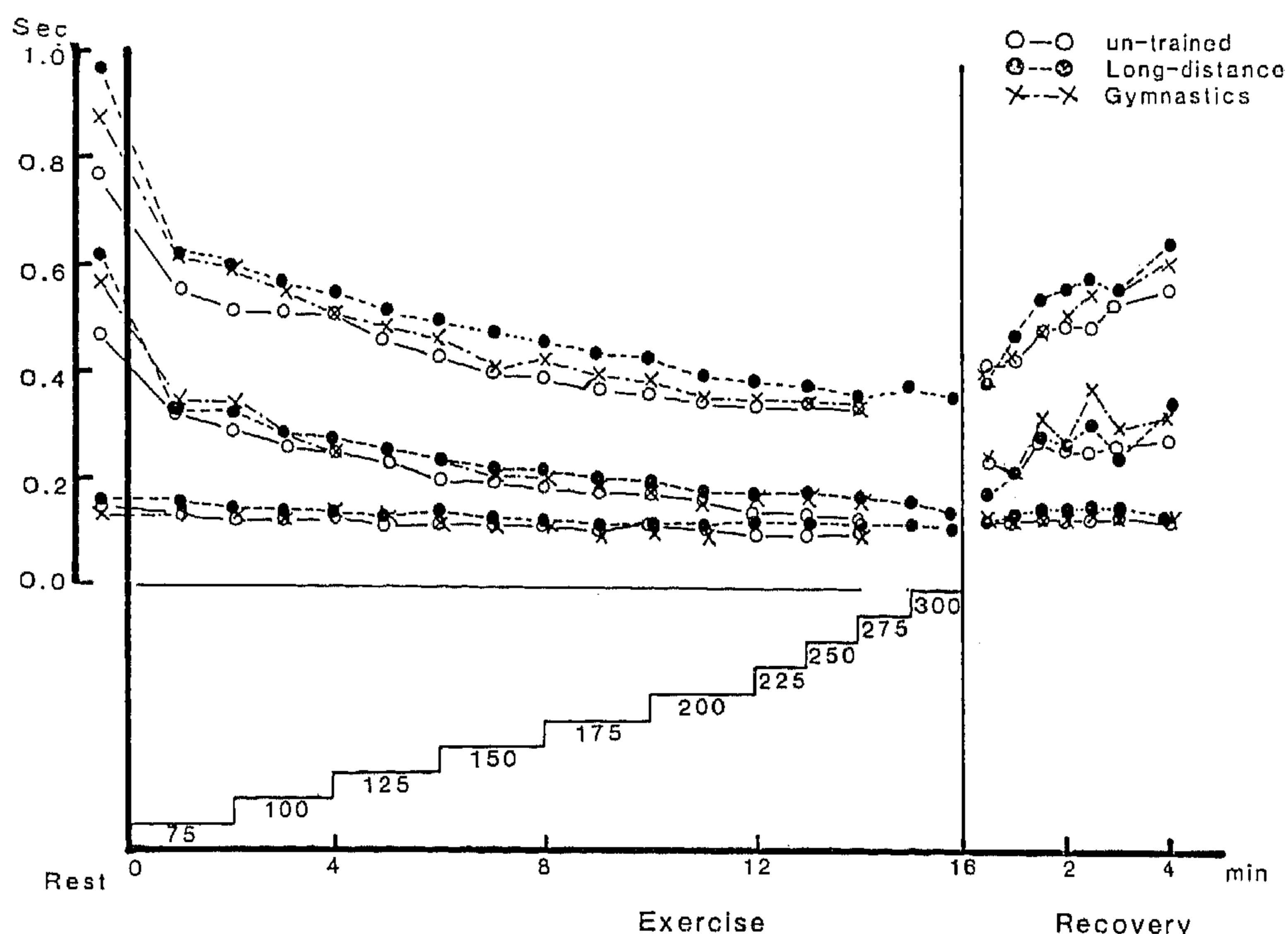
回復期において, より強い運動負荷を遂行したにもかかわらず, 長距離群では, 早い心拍数の回復がみられた²⁾²⁰⁾²³⁾。

図 2 に示した心拍数での左心室収縮期, 左心室拡張期及び心房収縮期の変化を示したのが, 図 3 である。図中の最上部のプロットは, 夫々の時点での心拍周期 (R-R 間隔) を示している。即ち, ●印より○印の方が下位にある事は, 逆に心拍数が多い事を意味している。

最下部の心房収縮は, 運動負荷強度が増すにつれて, 安静時程の長距離選手群, 一般学生との差がなく, 中間部の左心室拡張期の著明な短縮が認



図—2 自転車エルゴメーター負荷前・中・後の各被験者群の平均心拍数及び SD を示した。仕事量は, 単位が watt で示しある。



図一三 図2の各心拍数での心周期を示し、各プロットの間隔は、上から左心室収縮期 (R-T), 左心室拡張期 (T-P), 心房収縮期 (P-R) である。この3つの周期を加算したものが、各心拍数で R-R 間隔となる。

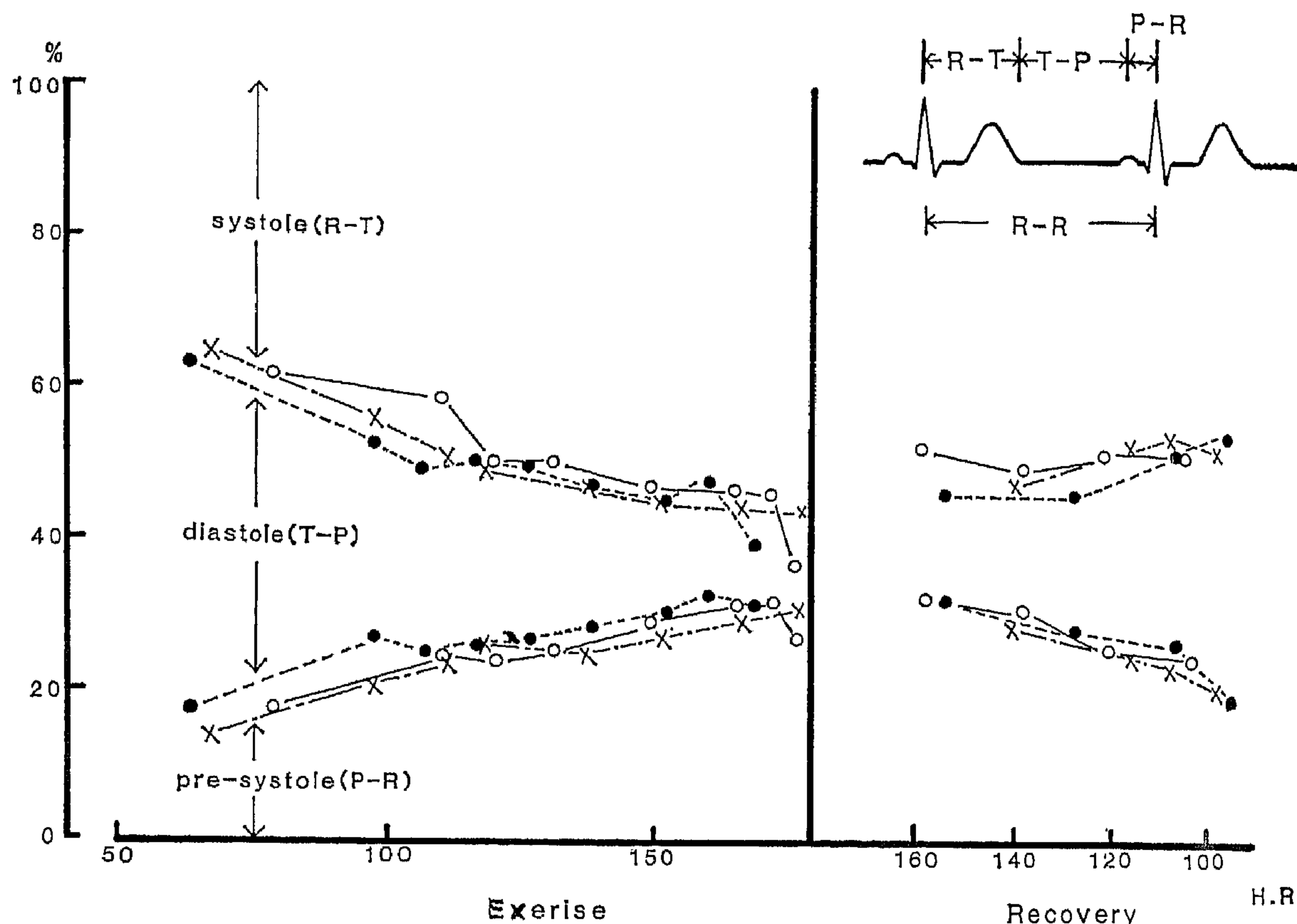
められる。即ち、安静時で長距離群が 0.46sec, 器械体操群が 0.43sec, 一般学生群が 0.33sec であったのが, 100watt で夫々, 0.14sec, 0.14sec, 0.13sec に短縮し, 150watt で 0.10sec, 0.09sec, 0.07sec であり, 200watt では 3 群共にほとんど 0.06sec 前後となっている。回復期において、とくに長距離群の左心室拡張期が, 1~3 分の間に急激に 0.17sec と運動終末期の 3 倍に延長を示した事は, 強力な心臓ポンプ作用 (容積の変化と強い収縮力) による静脈性還流血液量が増大しているためと推察される。この図で明らかなように, 運動時の心拍数の増大は, 心室拡張期短縮によるもの¹²⁾ と言えよう。

そこで, 左心室収縮期, 拡張期ならびに心房収縮期の各心周期での割合を示したのが, 図 4 である。

安静時には, 鍛練者は, 左心室の収縮時

間と拡張時間との比率が凡そ 1:1.3 程であるが, 一般学生は, 1:1.1 となり, 収縮時間と拡張時間との間に大差がないようである。前図でも述べた如く, 運動遂行に伴ない心拍数が上昇するが, これは, 左心室拡張期の短縮に負うとする宮村¹²⁾ の報告を支持するものである。即ち, 心拍数 120 拍/分では 3 群共にほぼ同じ割合となり, 左心室収縮期が約 50%, 左心室拡張期が約 30% で心房収縮期が約 20% である。これが 150 拍/分では夫々, 約 52%, 約 18%, 約 30% と左心室拡張期の短縮が顕著になっている。

しかし, 120 拍/分以上において, 3 群の仮験者において, ECG からみた心周期の差違が認められないにもかかわらず, 同一心拍数での仕事量に差が認められる事は, 鍛練者, 殊に長距離群の心臓容積, 心筋の肥大化による一回拍出量の増大が考えられ, 心臓の余裕力の向上を示唆している



図—4 各心拍数 (X軸) での R-R 間隔を 100% とし、3つの周期の割合を示した。

事と言えよう。

運動時心拍数の 120 拍/分以後、左心室拡張期短縮がにぶること、逆に回復期においては、120 拍/分前後より左心室拡張期が急増する傾向が認められる事は、一回拍出量が、心拍数 120 拍/分前後でほぼ Max の状態になるとする報告¹⁾と関連があり、興味深い事である。

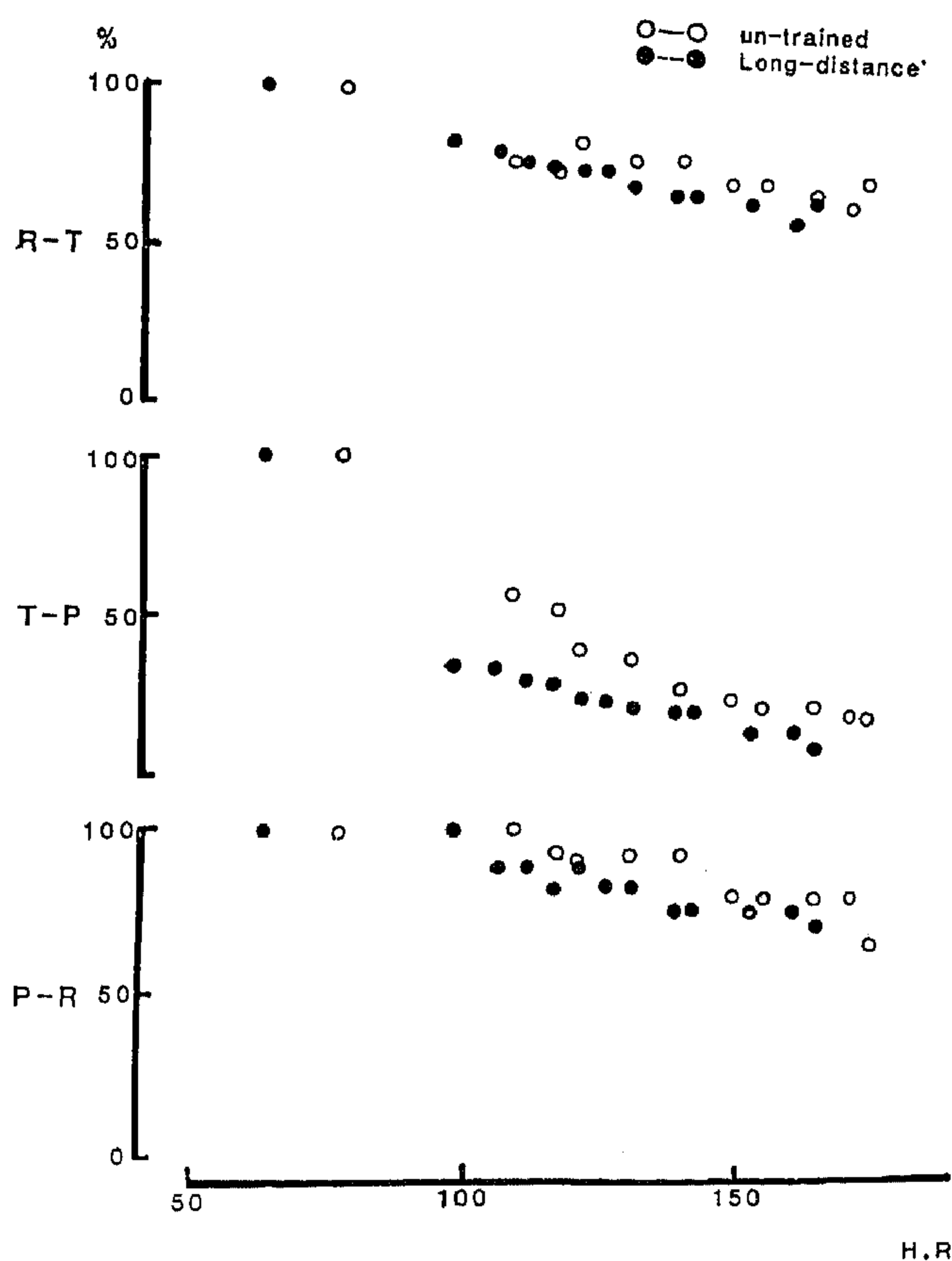
そこで、長距離選手群と一般学生群における運動時の左心室収縮期 (R-T)、左心室拡張期 (T-P) と心房収縮期 (P-R) の安静時に対する変化の割合を示したのが、図 5 である。

R-T 間隔と P-R 間隔は、心拍数の増加に伴って、両群共にほぼ直線的な短縮傾向が認められ、150 拍/分で R-T 間隔が約 30% 減、P-R 間隔が約 20% 減と両群の間における差異は認められない。

しかし、前述の如く、T-P 間隔は両群共に顕著

な短縮を示し、本実験では、負荷の関係上 100 拍/分以前のデータが得られなかったが、長距離群で 100 拍/分付近で約 65% 短縮、一般学生群で約 40% 短縮であった。それ以後両群共にほぼ直線的に短縮し、150 拍/分では一般学生群で約 75% 短縮、長距離群では約 85% 短縮と、長距離群の方が 10% 前後短縮率の大きい事を示している。

左心室拡張時間が安静時に比し 80% 前後も短縮するという事は、殊に一般学生群では十分に左室内に血液を取り込む事が出来ない事が考えられる。一方、長距離選手群では、このような大きな短縮率を占る時点であるにもかかわらず、約 50 watt も大きな仕事が遂行できる (図 2) 事は、心筋収縮速度、収縮力ならびに容積の発達が、著明である³⁾¹²⁾ためと考えられる。中野ら¹⁶⁾¹⁷⁾によると、一般学生の心拍数を 150 拍/分又は 170 拍/分に規定した運動において、心筋の虚血性変化を反



図一五 安静時の各周期を100%とし、運動時の各周期の減少率を示した。
上から左心室収縮期、左心室拡張期および心房収縮期である。

映すると思われる ST segment level が低下し、ST slope は上昇を示し、この傾向は運動の強さに比例するとしている。本研究では、ECGの波形とくにST波について吟味していないために、不明ではあるが、150拍/分以上において、前述の如く左心室拡張期の著明な短縮が認められた事は、ST波形にも虚血性の低下が出現している事が推察される。

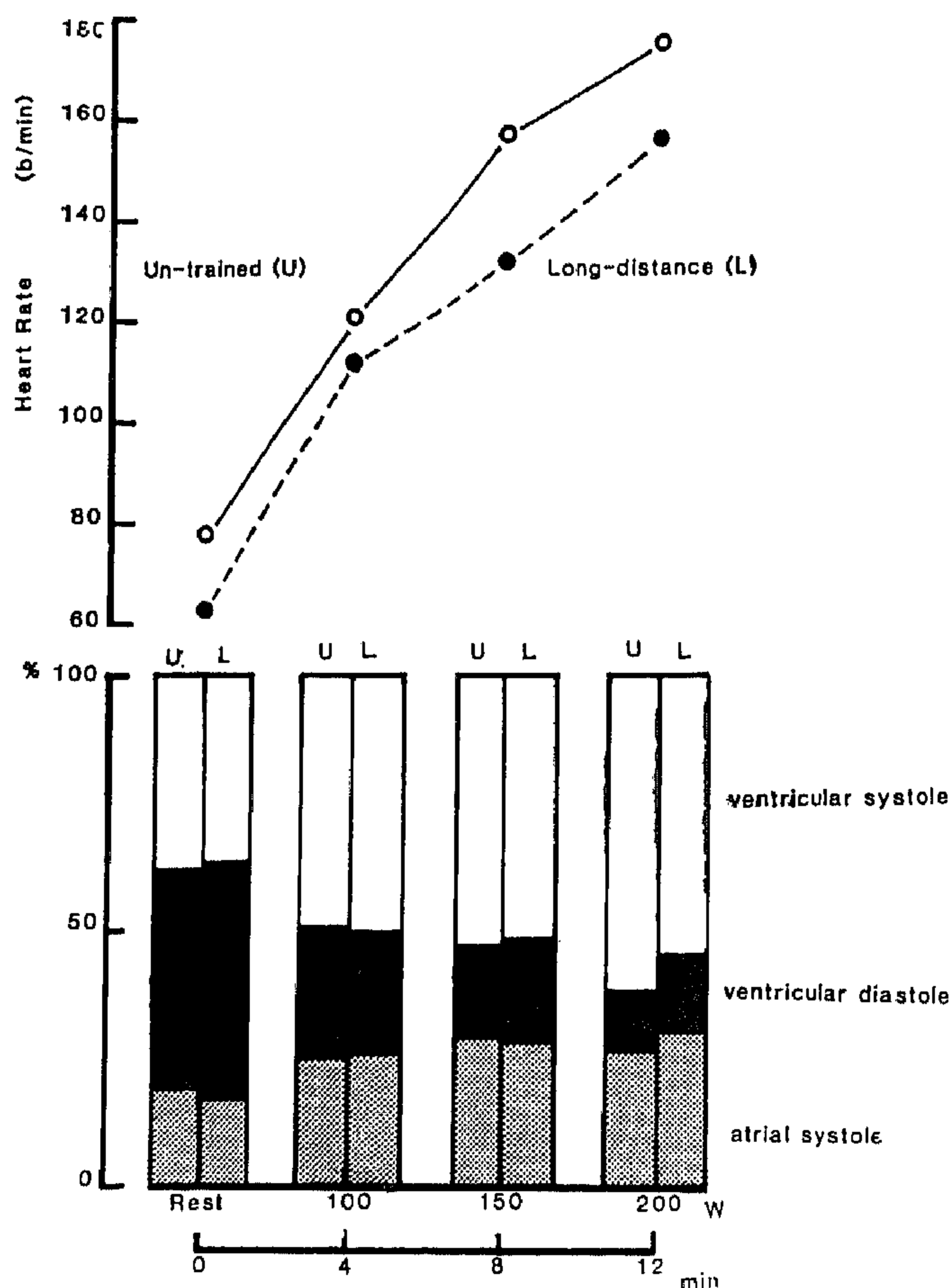
100watt, 150watt, 200wattの仕事での心拍数及び、左心室収縮期・左心室拡張期・心房収縮期の差違を示したのが、図6である。

150watt 以上での負荷では、長距離群に比べ一般学生の方が20拍/分以上も心拍数が高いが、一

心周期内での割合は大差がなく、前述の如く左心室拡張期の短縮が顕著である。また、左心室収縮期の占める割合も僅かながら一般学生群の方が高い傾向にあることは、両群間の左心室容積の差、さらに、容積拡張差や心室後壁筋の厚さの差などが影響している¹⁵⁾²⁶⁾と思われる。

表2, 3及び図7, 8は、運動中並びに回復期における10心拍数毎の左心室収縮期(R-T間隔)、左心室拡張期(T-P間隔)と心房収縮期(P-R間隔)の平均値と、安静時に対する割合をまとめたものである。

相対的に例数が少ないために確実な事は言えないが、同一心拍数でも運動中の値と回復期の値、



図一6 安静時及び 100watt, 150watt, 200watt 負荷時の心拍数と各周期の割合を示した。

すなわち上昇過程の値と下降過程の値と同一レベルであっても、左心室収縮期・左心室拡張期・心房収縮期の所要時間の割合は異っている。

左心室収縮期においては、長距離群の回復期心拍数150拍/分から120拍/分の間において運動時より0.03秒程長く、器械体操群では逆に0.05秒程短い。一方、左心室拡張期は3群共に回復期の方が0.05~0.08秒程延長している。

これらの事は、回復期の初期から心拍数 120 拍/分程度までは、末梢（骨格筋部位）からの環流血液量が増大し、それと同時に、心臓反射などの影響も加味されて、拍出量を増大させる為と思わ

れる。

〔IV〕 総 括

以上、運動時における左心室収縮及び拡張期を中心とした心周期の変化特性に関して、長距離選手、器械体操選手及び一般学生の3群より検討したところ、次の傾向が認められた。

- 1) 長距離群は一般学生に比し、安静時の心拍数が10拍以上も少ない ($P < 0.001$)。長距離群では、P-Q時間が 0.20sec 以上を示したものが多く、いわゆる training vagotony によると思われる。

表一 2 運動時の10心拍数毎の各心周期の値を示した (平均値 \pm SD, m/sec)

—EXERCISE—

R-Tinterval

Heart Rate b/min	un-trained	Long-distance	Gymnastics
Rest	0.30 \pm 0.04	0.35 \pm 0.04	0.31 \pm 0.05
100-110	0.23 \pm 0.03	0.28 \pm 0.04	0.26 \pm 0.05
110-120	0.23 \pm 0.06	0.27 \pm 0.04	0.26 \pm 0.05
120-130	0.25 \pm 0.04	0.25 \pm 0.04	0.24 \pm 0.04
130-140	0.23 \pm 0.04	0.23 \pm 0.03	0.23 \pm 0.03
140-150	0.22 \pm 0.04	0.23 \pm 0.03	0.23 \pm 0.03
150-160	0.21 \pm 0.04	0.21 \pm 0.03	0.21 \pm 0.03
160-170	0.19 \pm 0.04	0.20 \pm 0.03	0.20 \pm 0.02
170-180	0.20 \pm 0.03		0.18 \pm 0.02
180-190	0.22		

T-Pinterval

Rest	0.33 \pm 0.05	0.46 \pm 0.18	0.43 \pm 0.05
100-110	0.19 \pm 0.04	0.16 \pm 0.08	0.17 \pm 0.06
110-120	0.15 \pm 0.04	0.13 \pm 0.07	0.13 \pm 0.07
120-130	0.13 \pm 0.04	0.11 \pm 0.05	0.11 \pm 0.05
130-140	0.12 \pm 0.04	0.09 \pm 0.04	0.10 \pm 0.05
140-150	0.08 \pm 0.04	0.09 \pm 0.04	0.09 \pm 0.05
150-160	0.07 \pm 0.04	0.06 \pm 0.04	0.07 \pm 0.04
160-170	0.06 \pm 0.02	0.06 \pm 0.03	0.06 \pm 0.03
170-180	0.05 \pm 0.02		0.06 \pm 0.03
180-190	0.04		

P-Rinterval

Rest	0.14 \pm 0.01	0.16 \pm 0.04	0.13 \pm 0.01
100-110	0.14 \pm 0.01	0.15 \pm 0.02	0.14 \pm 0.01
110-120	0.12 \pm 0.01	0.13 \pm 0.02	0.14 \pm 0.01
120-130	0.12 \pm 0.01	0.13 \pm 0.02	0.13 \pm 0.01
130-140	0.12 \pm 0.01	0.13 \pm 0.02	0.11 \pm 0.01
140-150	0.11 \pm 0.01	0.12 \pm 0.02	0.12 \pm 0.01
150-160	0.11 \pm 0.01	0.12 \pm 0.01	0.11 \pm 0.01
160-170	0.11 \pm 0.01	0.12 \pm 0.01	0.11 \pm 0.01
170-180	0.10 \pm 0.01		0.11 \pm 0.01
180-190	0.09		

表— 3 回復時の10心拍数毎の各心周期の値を示した (平均値±SD, m/sec)

—RECOVERY —

R-Interval

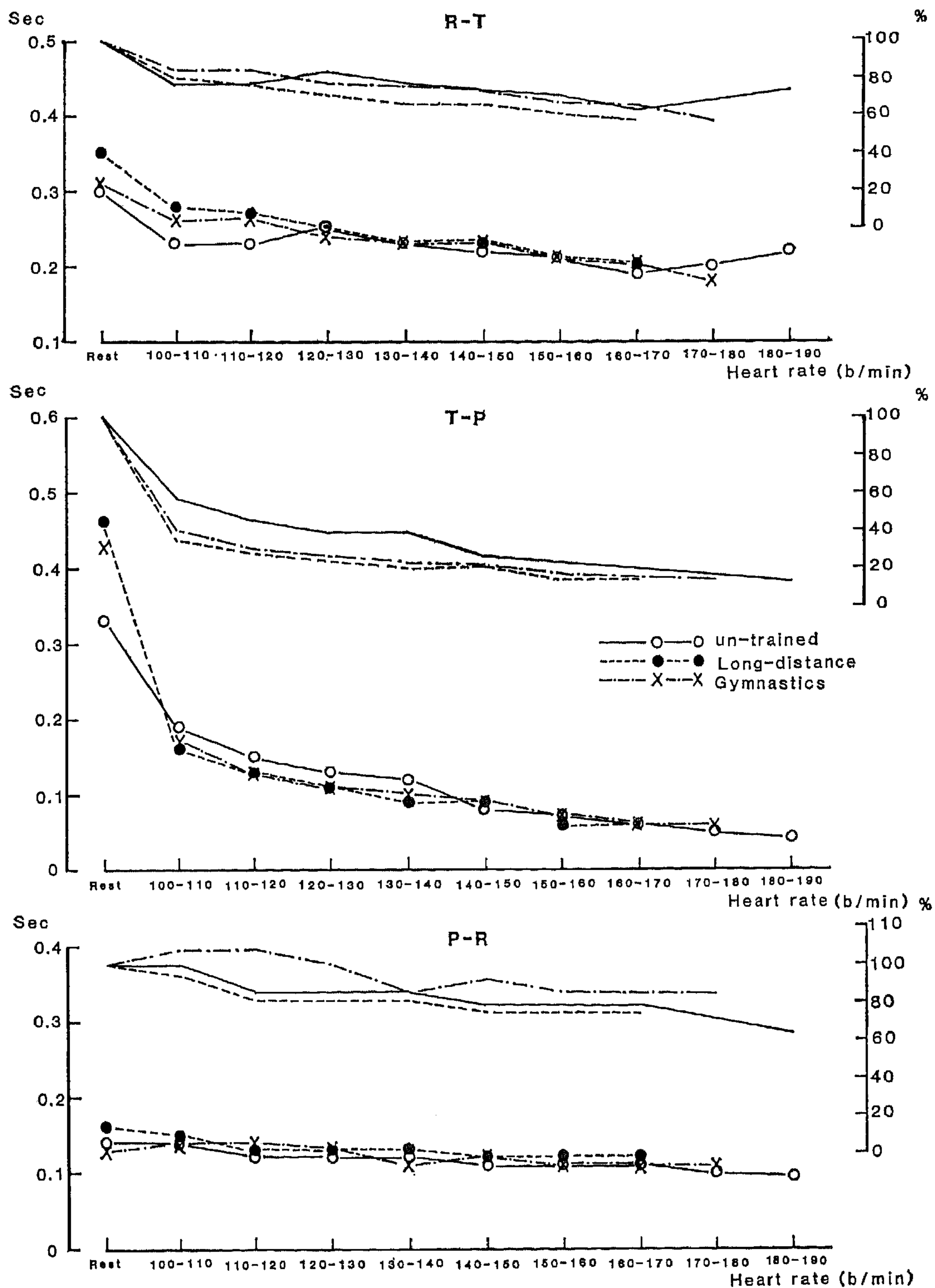
Heart Rate b/min	un-trained	Long-distance	Gymnastics
170—160	0.18±0.03		
160—150		0.21±0.03	0.05
150—140			0.22±0.04
140—130	0.21±0.04		
130—120	0.22±0.04	0.26±0.05	0.16
120—110	0.26±0.04		0.24±0.04
110—100	0.28±0.01	0.28±0.04	0.24±0.05
100—90		0.31±0.05	0.29±0.01

T-Interval

170—160	0.08±0.03		
160—150		0.06±0.04	0.11
150—140			0.08±0.04
140—130	0.10±0.04		
130—120	0.13±0.05	0.11±0.09	0.19
120—110	0.14±0.04		0.15±0.04
110—100	0.16±0.02	0.16±0.12	0.18±0.04
100—90		0.22±0.10	0.19±0.03

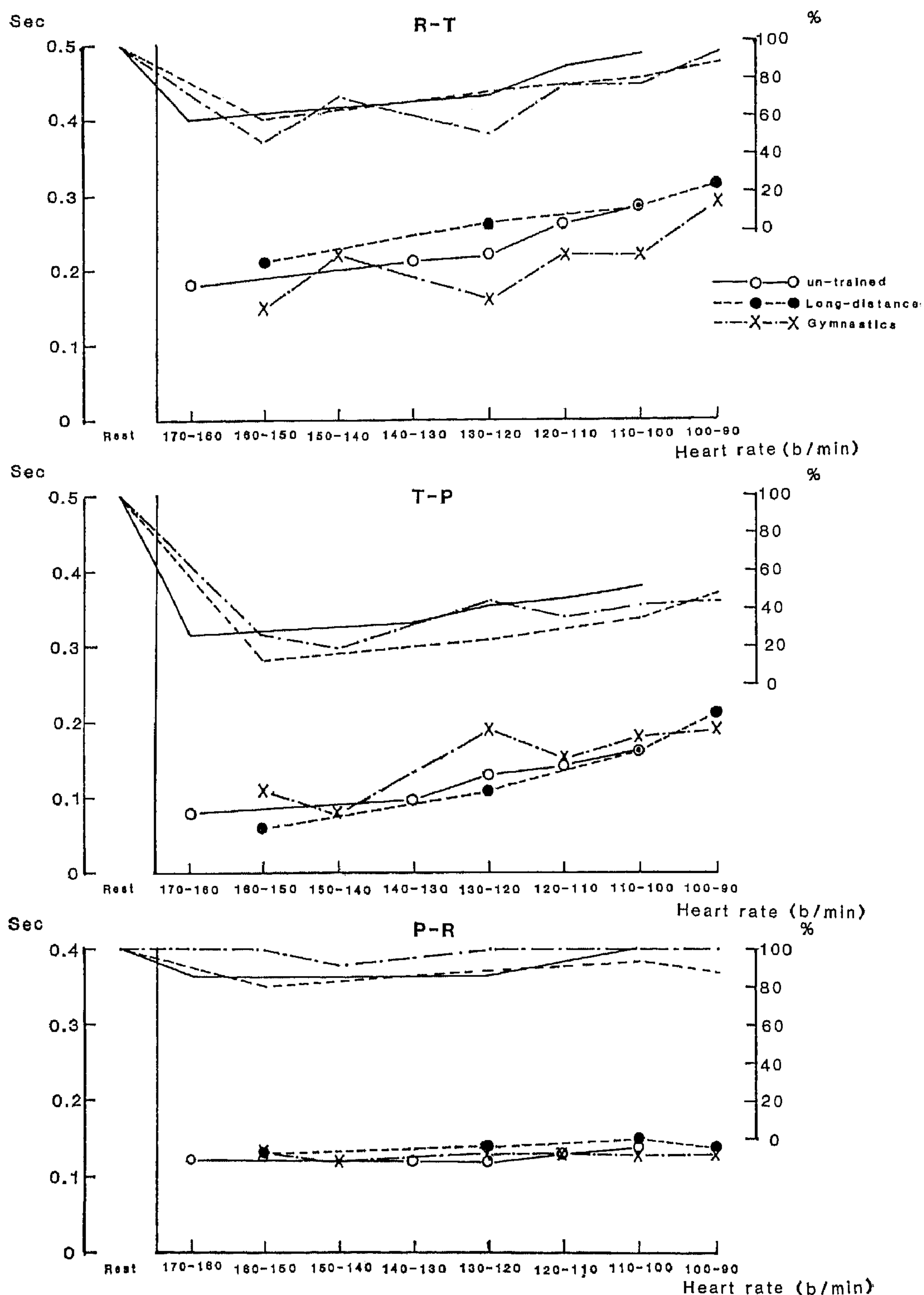
P-Interval

170—160	0.12		
160—150		0.13±0.01	0.13
150—140			0.12±0.01
140—130	0.12±0.01		
130—120	0.12±0.01	0.14±0.02	0.13
120—110	0.13±0.04		0.13±0.01
110—100	0.14	0.15±0.03	0.13±0.01
100—90		0.14±0.03	0.13±0.01



EXERCISE

図一7 運動時における10心拍数毎の各心周期の時間間隔及び安静時に対する割合を示した。



RECOVERY

図一八 回復時における10心拍数毎の各心周期の時間間隔及び安静時に対する割合を示した。

- 2) 安静時の左心室収縮時間 (R-T 間隔), 左心室拡張時間 (T-P 間隔) をみると, 一般学生に比べ, 長距離選手群と器械体操選手群では, 拡張期の延長がみられ, (R-T) : (T-P) の比率をみると, 一般学生が 1 : 1.1 であるに対して, 長距離群で 1 : 1.31, 器械体操群で 1 : 1.39 である。
- 3) 同一負荷時における心拍数は, 長距離群が 10 拍から 25 拍/分程少ないが, 器械体操群では, 負荷強度が増すに伴ない, 一般学生の値に近づく傾向が認められた。
- 4) 運動時の心周期 (左心室収縮期, 左心室拡張期及び心房収縮期) の変化においては, 被験者群間の顕著な差違は認められなかったが, 共通している事は, 心拍数増加に伴なって左心室拡張期が短縮し, 100 拍/分で安静時に対して 40 ~ 70% 短縮, 120 拍/分で 60 ~ 80% 短縮, 150 拍/分で 80 ~ 90% も短縮を示した。この短縮傾向は, 長距離選手程強い。しかし, 左心室収縮期の短縮は, 150 拍/分でも 30 ~ 40% であり, 一般学生は 30% 短縮でほぼ一定となっている。
- 5) これらの結果は, 従来からの多くの報告を考慮するならば, 殊に長距離選手群では, 左心室容量が大きく, 心筋が肥厚し, その収縮力が強化されているため, さらに収縮速度も早まり, その結果, 一回拍出量及び分時拍出量等も大きくなり, 同一負荷仕事量遂行するに当って, 機能的に遂行できるために心拍数が少ないことを示唆していると思われる。

今後さらに, 心容積の変化, 年齢変化に伴なう心周期変化なども検討せねばならない問題であろう。

参 考 文 献

- 1) Åstrand, P.-O., T. E. Cuddy, B. Saltin and J. Stenberg; Cardiac Output during Submaximal and Maximal Work. *J Appl Physiol* 19; 268-274, 1964
- 2) Bloom, S. R., R. H. Johnson, D. M. Park, M. J. Rennie and W. R. Sulaiman; Differences in the metabolic and hormonal response to

- exercise between racing cyclists and untrained individuals. *J Physiol* 258; 1-18, 1976
- 3) Grimby, G., and B. Saltin; Physiological analysis of physically well-trained middle aged and old athletes. *Acta Med Scand* 179; 513-526, 1966
- 4) 石河利寛; スポーツ心臓, スポーツ医学, 第 3 章, p. 67, 医学書院, 1978
- 5) 岩塚 徹, 岡本 登; 正常心電図—成人, 総合臨床 28; 645-653, 1979
- 6) Johnson, R. H., J. L. Walton, H. A. Krebs and D. H. Williamson; Metabolic fuels during and after severe exercise in athletes and non-athletes. *Lancet* 1; 452-455, 1969
- 7) 北村和夫; スポーツ心臓について, 医学の動向 26 集, スポーツ医学 53-80, 金原書店, 1959
- 8) 北村和夫, 小川 登, 山倉克麿, 的場周三; スポーツ心臓, 呼吸と循環 7; 880-892, 1959
- 9) 前田如矢, 山田耕司; スポーツマン・ハート, 総合臨床 25; 669-677, 1976
- 10) Mason, D. T. et al; Clinical determination of left ventricular contractility by hemodynamics and myocardial mechanics. *Progress in Cardiology*. pp. 121, Lea & Febeger, Philadelphia
- 11) Mellowiz, H., V. H. Smolaka; The relationship of physical power on the ergometer to cranking speed, cranking length, cranking height and motion economy, p. 4-7, Urban & Schwarzenberg, 1981
- 12) 宮村実晴; 運動と心電図, 身体運動の生理学 (猪飼編), pp. 128, 杏林書院, 1973
- 13) 森 四郎; 運動中の心筋能に関する考察, 体力科学 14; 113-153, 1965
- 14) Musshoff, K., H. Reindell and H. Klepzig; Stroke volume, arterio-venous O₂ difference, cardiac output and physical working capacity and their relationship to heart volume. *Acta Cardiol* 14; 427-452, 1959
- 15) 中原凱文, 角田直也, 市川公一; 運動前後における心機能に関する研究, 人類働態学研究会第 16 回大会口演 (予稿集 p. 13), 1981
- 16) 中野昭一, 三田信孝, 森山安弘; 運動負荷中における心機能監視の一方法, S-T Segment Level

- と S-T Slope の関係, 東海大学紀要体育学部, 9 輯, 165-169, 1979
- 17) 中野昭一, 佐藤恒久, 三田信孝, 森山安弘; 運動負荷中における心機能監視の一方法, S-T Segment Computer による心臓前壁, 側壁, 下壁各部の虚血状態の解析, 東海大学紀要体育学部, 10 輯, 153-159, 1980
- 18) Pollock, M. L., H. L. Miller, Jr. and J. Wilmore; A profile of a champion distance runner; age 60. *Med Sci Sports* 6; 118-121, 1974
- 19) Reindell, H., H. Klepzig, H. Stein, K. Musshoff, H. Roskamm und E. Schildge; *Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport*. Barth München, 1960
- 20) Robinson, S., H. T. Edwards and D. B. Dill; New records in human power, *Science*, 85; 408-410, 1939
- 21) Roskamm, H., H. Reindell, und K. König; *Körperlich Aktivität und Herz-und Kreislaufkrankheiten*. Johann Ambrosius Bath München, 1966
- 22) Saltin, B., and P.-O. Åstrand; Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 23; 353-358, 1967
- 23) Shephard, R. J.; Physiological determinations of cardiorespiratory fitness. *J Sports Med Physic Fitness* 7; 111-134, 1967
- 24) Sloan, A. W., and E. V. Keen; Physical fitness of oarsman and rugby players before and after training. *J Appl Physiol* 14; 635-636, 1959
- 25) Smith, W. G. et al; *Brit Heart J* 26; 469, 1964 (前田如矢⁹⁾より引用)
- 26) 角田直也; 心エコー図法による非鍛練者とスポーツ競技者の左心室形態と機能特性, 国士舘大学研究所々報, 第 2 号, 1982 (投稿中)
- 27) Venerand, A., Rulli. V; *J Sports Med Physic Fitness*, 4; 135, 1964 (前田如矢⁹⁾より引用)
- 28) 矢野敏夫; 一流選手の安静時心電図に関する研究, *体力科学*, 14, 113-153, 1965