

第4章 安静時心臓自律神経系活動と持久性トレーニング及び持久性体力水準との関連

(課題1: 実験1-1, 2)

4.1 緒言

本章では、持久性トレーニング及び脱トレーニングが安静時心臓副交感神経系及び心臓交感神経系活動に及ぼす影響を同時に評価すること、及び心臓自律神経活動水準と持久性体力水準との関連について検討することを課題とし、フルマラソンへの参加を目的とした7ヶ月間の持久性トレーニングプログラムに参加した健常若齢男性を対象に、トレーニング前後の心臓自律神経系活動水準を比較した(実験1-1)。また、運動習慣のない健常若齢男性を対象に、8週間の持久性トレーニングとそれに続く4週間の脱トレーニングを行い、心臓自律神経系活動水準の変化を検討した(実験1-2)。心臓副交感神経系及び心臓交感神経系活動水準の評価には、両活動水準を分離して定量的に評価することができる心拍変動パワースペクトル解析を用いた。

4.2 方法

実験1-1

A. 対象

フルマラソン参加を目標とする体育授業を受講した12名の一般健常男子大学生(年齢 20.3 ± 1.1 歳, 平均 \pm 標準偏差: トレーニング群), 及び体育の授業以外に習慣的な運動を行っていない学生6名(年齢 19.8 ± 1.0 歳: 非トレーニング群)を被験者とした。被験者はいずれも健常者であり、常用薬の服用はなかった。また、喫煙習慣もなかった。全ての被験者に実験内容や手順を説明し、途中で辞退できることを理解させた上で実験参加の同意を得た。

B. トレーニング

トレーニング群は、7ヶ月にわたる持久性トレーニング(ランニング)を実施した。トレーニングは週1度の授業と自主的トレーニングからなり、練習記録から算定した平均走行距離は35~55 km/週であった。トレーニングは大部分は換気性閾値(ventilatory threshold: VT)以下のペースのジョギングであり、トレーニング強度はそれほど高くなかった。非トレーニング群は、同期間中も体育の授業以外に習慣的運動は行わなかった。

C. 最大酸素摂取量の測定

トレーニング群では、授業の一環としてトレーニング期間の前後に 12 分間走のフィールドテストを実施した。この走行距離をもとに Cooper の推定式 (Cooper 1968) を用いて最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}$) を算出した。フィールドテストは 1 周 400 m の陸上競技場トラックを使用し、十分な準備運動の後に実施した。測定に先立ち適当な走行の方法に関する説明及び指導を行うとともに、最大努力でテストに取り組むように要請した。また、テスト中は被験者が適切なペース配分を行えるよう配慮し、1 分毎に残り時間を被験者に伝えた。走行距離の計測はトラックに 25 m 間隔で距離表示し、25 m 単位での切り捨てとした。なお、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の推定には以下の推定式を使用した。

$$\dot{V}O_2\text{max (ml/kg/min)} = \{0.00062 \times \text{走行距離(meter)} - 0.3138\} / 0.0278$$

D. 心臓自律神経系活動水準の測定

トレーニング期間の前後で、FFT を用いた心拍変動パワースペクトル解析により、トレーニング群及び非トレーニング群の安静時心臓自律神経系活動水準を評価した。被験者を安静仰臥位とし、心電図自動解析システム (ESAOTE S. P. A. ; ESAOTE BIOMEDICA FOMURA) を使用して、20 分間の胸部誘導心電図を記録した。記録中の呼吸数は 1 分間 15 回に制御した。記録された心電図の後半部分から、安定した連続 256 心拍の R-R 間隔時系列データを選び、付属の解析プログラムにて心拍変動パワースペクトル解析を行い (第 3 章 3.3.1 参照)、HF、LF、及び LF/HF を算出した。また、同じ R-R 間隔の時系列データから平均心拍数を求め、安静時心拍数とした。

E. 統計処理

各項目の測定値は平均値 ± 標準偏差で示した。トレーニング前後における差の検定には対応のある t 検定を用いた。統計学的有意水準は 5% 未満とした。

実験 1-2

A. 対象

運動習慣のない健常な男子大学生 21 名 (年齢 20.6 ± 1.8 歳 ; 平均 ± 標準偏差) を対象とした。被験者は、過去 1 年以内に体育の授業を除いて習慣的な運動及び持久性トレーニングを行っていないかった。また、全員非喫煙者で、常用薬の服用はなかった。全ての被験者に実験内容や手順を説明し、途中で辞退できることを理解させた上で実験参加の同意を得た。

B. トレーニング及び脱トレーニング

被験者は、自転車エルゴメーター (Combi) を使用した 60 分間の持久性トレーニングを、1 週間に 3~4 回の割合で 8 週間 (計 28 回) 実施した。はじめの 4 回はトレーニング開始前に測定した $\dot{V}O_2\max$ の 60% ($60\%\dot{V}O_2\max$) に相当する負荷強度でトレーニングを行い、その後は 70% $\dot{V}O_2\max$ で行った。また、トレーニング終了後 4 週間は脱トレーニング期間とし、その期間はトレーニング開始前の身体活動水準に戻し、体育の授業以外の運動を避けるように指示した。

C. 最大酸素摂取量の測定

トレーニング開始前 1 週間以内とトレーニング終了後 1 週間以内に、自転車エルゴメーターを使用した漸増負荷運動を施行し、被験者の $\dot{V}O_2\max$ を測定した。30 W で 4 分間のウォームアップを行った後、30 W/分の割合で負荷を漸増し続け、疲労困憊まで運動を継続させた。ペダル回転数は 60 rpm に維持するよう指示した。運動中の換気動態を呼気ガス分析器 (MIJNHARDT ; OXYCON GAMMA) を用いて連続測定し、30 秒毎に酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$)、二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$)、及び換気量 ($\dot{V}E$) を算出した。 $\dot{V}O_2\max$ は運動終了前 1 分間の平均 $\dot{V}O_2$ とした。なお、11 名の被験者 (年齢 20.8 ± 1.8 歳) ではトレーニング中止 4 週間後にも同様の方法により $\dot{V}O_2\max$ を測定した。

D. 心臓自律神経系活動水準の測定

トレーニング開始前、終了時、脱トレーニング 2 週後、及び 4 週後において、MemCalc 法による心拍変動パワースペクトル解析を行い、安静時心臓自律神経系活動水準を評価した (第 3 章 3.3.1 参照)。メモリー心拍計 (GMS ; LRR-03) を用い、胸部誘導法にて仰臥位安静時の R-R 間隔時系列データをおよそ 20 分間記録した。記録中の呼吸数は 1 分間 15 回に制御した。R-R 間隔時系列データをパーソナルコンピュータ (NEC ; PC9801) に取り込んだ後、汎用時系列データ解析システム (諏訪トラスト ; MemCalc システム) を使用し、最後の 5 分間の連続 R-R 間隔時系列データについて心拍変動パワースペクトル解析を行い、HF、LF、及び LF/HF を算出した。また、同じ時系列データから平均心拍数を求め、安静時心拍数とした。

E. 統計処理

結果は平均値 ± 標準偏差で示した。HF 及び LF は対数変換した値を用いた。トレーニン

グ及び脱トレーニングによる変動の統計学的検定には、反復測定による分散分析を行い、有意差が認められたときに対比による分析を行った。相関分析には単相関係数を求めた。統計学的有意水準は5%未満とした。

4.3 結果

実験 1-1

トレーニング群の12分間走の記録（走行距離）はトレーニング後に有意に増大し（トレーニング前：3001±262 m；トレーニング後：3183±237, $P < 0.01$ ），走行距離から推定した $\dot{V}O_2\text{max}$ は有意に増大した（トレーニング前：55.5±5.8 ml/kg/min；トレーニング後：59.4±5.3, $P < 0.01$ ）。

トレーニング群及び非トレーニング群の体重、安静時心拍数、及び心臓自律神経系活動水準指標の変化をTable 4-1に示す。トレーニング群ではトレーニング後にHFが有意に増大した（ $P < 0.05$ ）が、体重、安静時心拍数、LF、及びLF/HFに有意な変化は認められなかった。非トレーニング群ではトレーニング群と同時期に行った2回の測定でいずれの指標にも有意な変化は認められなかった。

実験 1-2

8週間のトレーニング後、被験者の $\dot{V}O_2\text{max}$ は有意に増大した（トレーニング前：42.7±5.3 ml/kg/min；トレーニング後：48.8±6.0, $P < 0.0001$ ；Fig. 4-1）。脱トレーニング4週後も $\dot{V}O_2\text{max}$ を測定した11名では、脱トレーニング4週後に若干減少したが、トレーニング前に比べると有意に高値であった（トレーニング前：41.0±4.4 ml/kg/min；トレーニング後：47.6±5.4, $P < 0.0001$ ；脱トレーニング4週後：45.9±4.8, $P < 0.001$ ；Fig. 4-1）。

安静時心拍数はトレーニングにより有意に減少し、また、脱トレーニング2週後もトレーニング開始前よりも有意に低値を示した（トレーニング前：62.0±7.6 bpm；トレーニング後：56.2±8.2, $P < 0.001$ ；脱トレーニング2週後：57.0±5.5, $P < 0.01$ ；Fig. 4-2）。しかし、脱トレーニング4週後の心拍数（60.8±7.3 bpm）は、トレーニング終了時に対して有意に増加し（ $P < 0.01$ ）、開始前の値との間に有意差は認められなくなった。

Table 4-1. Changes in body mass, heart rate and indices of autonomic nervous system activity.

variables	Trained		Untrained	
	PRE	POST	PRE	POST
Body mass (kg)	62.4 ± 4.2	62.3 ± 4.8	63.4 ± 3.2	63.3 ± 3.4
Resting HR (bpm)	65.6 ± 10.8	63.5 ± 9.6	76.0 ± 14.2	74.8 ± 9.2
LF (msec ²)	1261 ± 971	2110 ± 2355	1316 ± 987	1099 ± 550
ln(LF) (ln msec ²)	6.91 ± 0.69	7.11 ± 0.34	6.89 ± 0.89	6.90 ± 0.49
HF (msec ²)	888 ± 682	1431 ± 1373	837 ± 447	778 ± 423
ln(HF) (ln msec ²)	6.55 ± 0.71	6.97 ± 0.74 *	6.53 ± 0.82	6.44 ± 0.86
LF/HF (ratio)	2.48 ± 3.37	2.51 ± 4.80	1.67 ± 0.86	2.07 ± 1.85

Mean ± SD. *: P < 0.05, **: P < 0.01 vs. PRE. Resting HR, heart rate at rest; ln, natural logarithm; LF, low frequency power; HF, high frequency power; LF/HF, ratio of LF to HF.

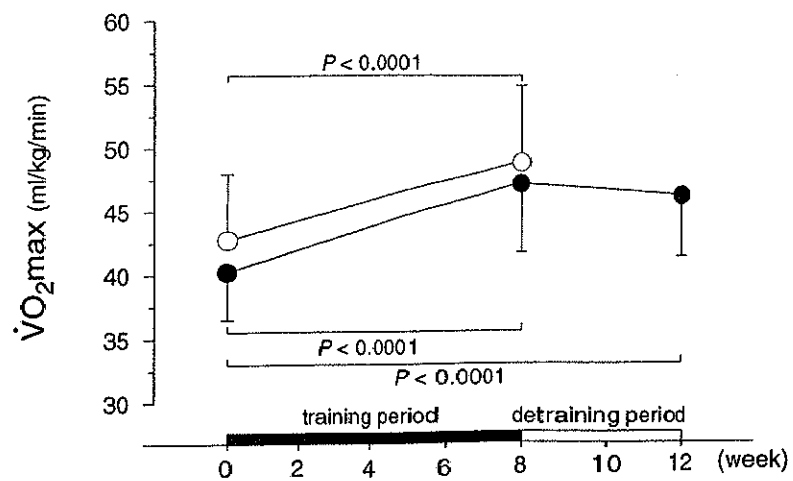


Fig. 4-1 Changes in $\dot{V}O_2\text{max}$ with exercise training and detraining. Data are expressed as mean \pm SD. Opened circle: all subjects; Closed circle: 11 subjects whose $\dot{V}O_2\text{max}$ was measured after 4-week of detraining period.

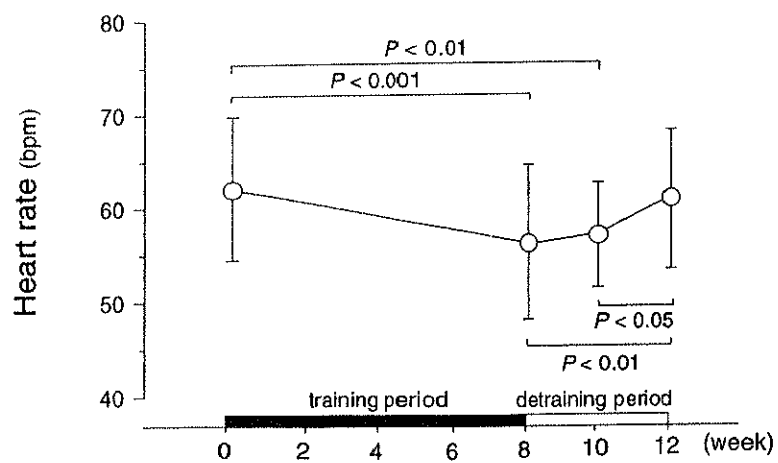


Fig. 4-2 Change in resting heart rate with exercise training and detraining. Data are expressed as mean \pm SD.

HF はトレーニング終了後有意に増大し、その水準は脱トレーニング 2 週後まで維持された (トレーニング前: $6.4 \pm 1.3 \ln \text{msec}^2$; トレーニング後: 7.0 ± 1.0 , $P < 0.01$; 脱トレーニング 2 週後: 7.0 ± 0.8 , $P < 0.05$; Fig. 4-3). しかし、脱トレーニング 4 週後の値 ($6.8 \pm 1.3 \ln \text{msec}^2$) はトレーニング終了時の値に比べて有意ではないものの低下し、トレーニング前の値との間に有意差は認められなくなった. LF/HF は、トレーニング前に比べてトレーニング後及び脱トレーニング 2 週後に低値を示したが、いずれも有意な変動ではなかった (トレーニング前: 2.3 ± 4.6 ; トレーニング後: 1.3 ± 1.2 ; 脱トレーニング 2 週後: 1.1 ± 0.7 ; 脱トレーニング 4 週後: 2.0 ± 3.4 ; Fig. 4-3).

トレーニング開始前及び終了時において、 $\dot{V}O_2\text{max}$ と HF との間には有意な相関関係は認められなかった (開始前: $r = 0.154$, NS; 終了時: $r = -0.008$, NS; Fig. 4-4). 各個人のデータは、トレーニング後に全体的に右上方へシフトしているが、トレーニング前後のデータを合わせても、両者間に有意な相関関係は認められなかった ($r = 0.189$, NS). 8 週間のトレーニングに伴う両指標の変化量間にも有意な相関関係は認められなかった ($r = 0.178$, NS).

HF の初期値とトレーニングに伴う変化量の間には有意な相関関係が認められ ($r = -0.606$, $P < 0.001$; Fig. 4-5), トレーニング開始前の HF が低値だった者ほど、トレーニングに伴う HF の変化量が大きいことが示された. LF/HF の初期値とトレーニングに伴う変化量の間にも有意な相関関係が認められた ($r = -0.964$, $P < 0.001$; Fig. 4-6). 初期値が高かった者でトレーニング後の LF/HF の低下が顕著であったが、LF/HF の初期値が低かった者ではトレーニングによる変化はほとんど認められなかった.

4.4 考察

心臓自律神経系活動と持久性トレーニングとの関連について、若齢男性を対象に心拍変動パワースペクトル解析を用いて、持久性トレーニング及び脱トレーニングが安静時心臓自律神経系活動水準に及ぼす影響を検討した. 実験 1-1 では、フルマラソン参加を目的とした 7 ヶ月間の持久性トレーニングに参加した男子大学生の $\dot{V}O_2\text{max}$ 及び HF に有意な増大が認められた. 一方、LF/HF は若干低下したものの有意な変化ではなかった. これと同じ時期に心臓自律神経系活動水準を測定したトレーニングを行っていない一般男子大学生の HF 及

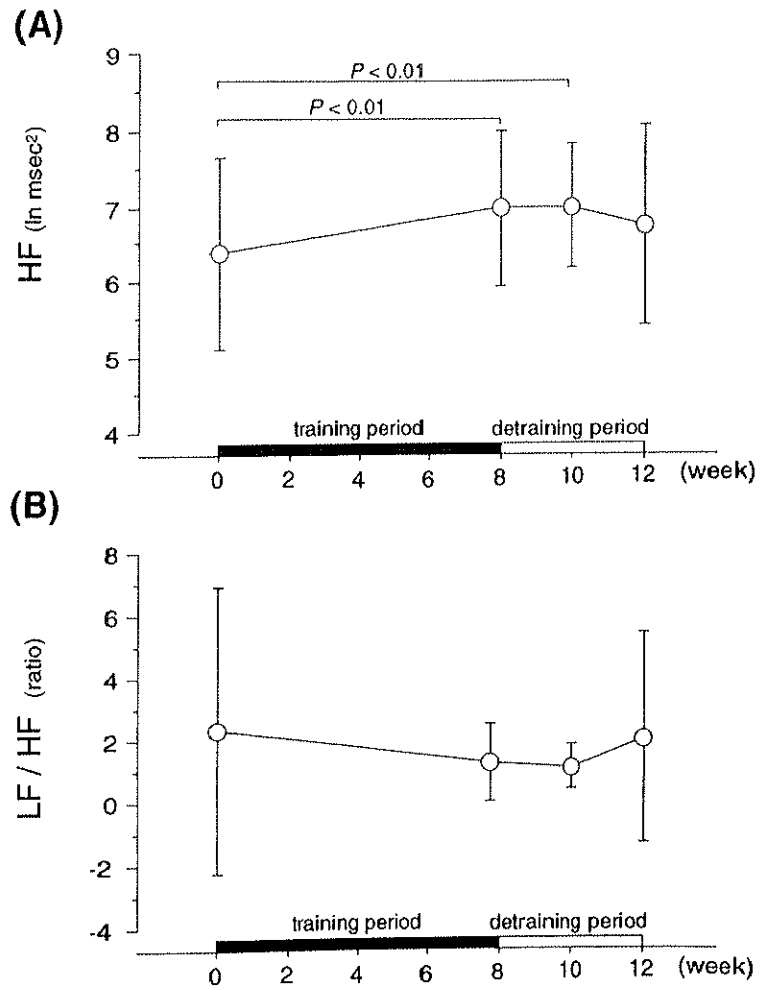


Fig. 4-3 Changes in heart rate variability indices with exercise training and detraining (**A**: HF, **B**: LF/HF). Data are expressed as mean \pm SD.

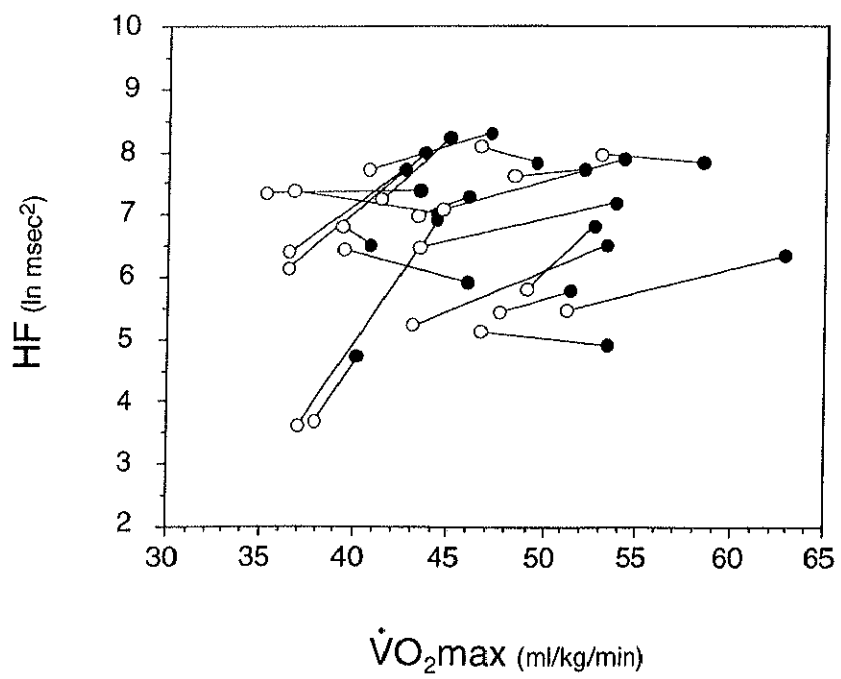


Fig. 4-4 The relationship between $\dot{V}O_2\text{max}$ and HF. Opened circle: pre-training; Closed circle: post-training.

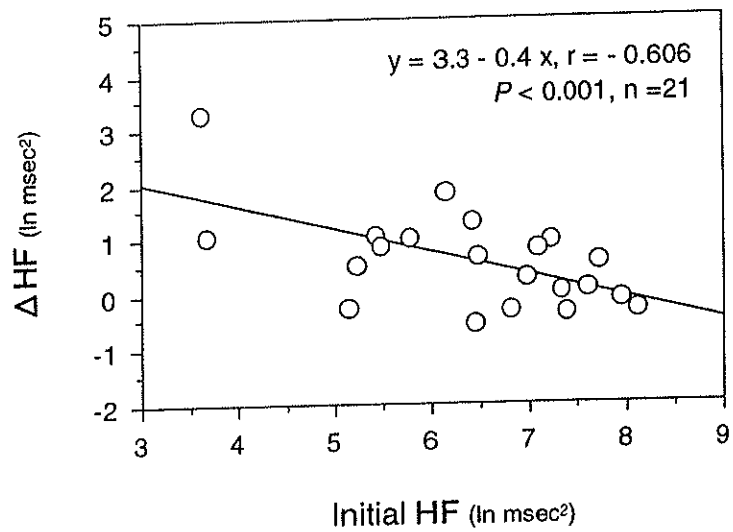


Fig. 4-5 The relationship between initial HF and post-training change in HF (Δ HF).

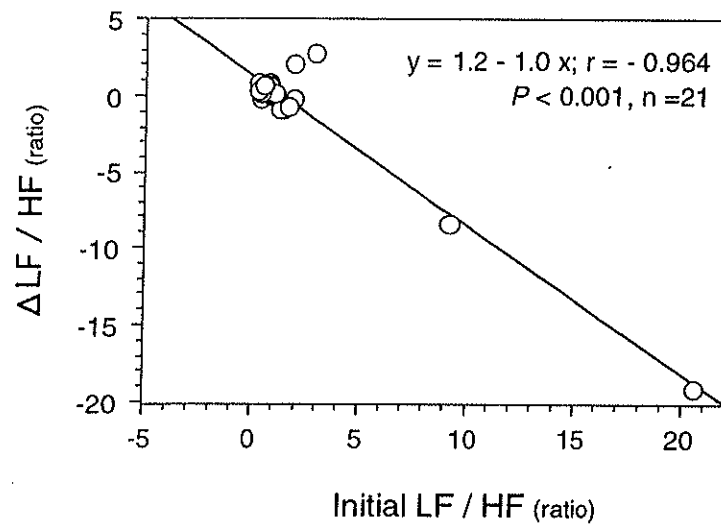


Fig. 4-6 The relationship between initial the LF/HF and post-training change in LF/HF (Δ LF/HF).

び LF/HF に有意な変化はみられなかった。実験 1-2 では、運動習慣のない健常男子大学生を対象に 8 週間の持久性トレーニングとそれに続く 4 週間の脱トレーニングを行ったところ、トレーニング後に $\dot{V}O_2\text{max}$ が有意に増大し、脱トレーニング 4 週後にも有意な高値が持続した。HF は 8 週間のトレーニング期間後に有意に増大し、脱トレーニング 2 週後までトレーニング終了時の水準を維持したが、その後に減少し、脱トレーニング 4 週後とトレーニング前値との間に有意差は認められなかった。一方、LF/HF にはトレーニング及び脱トレーニング期間において有意な変化は認められなかった。これらの結果より、今回行った強度及び継続期間の持久性トレーニングでは、若齢健常者の心臓副交感神経系活動水準は亢進するが、亢進効果の持続は 4 週間以内であり、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増大効果の消失に先行して効果が消失する可能性が示唆された。一方、心臓交感神経活動水準に有意な変化は生じにくいことが示唆された。ただし、トレーニング前の心臓交感神経系活動水準が高い場合には、トレーニングによって低下する可能性もあると考えられた。

心拍変動パワースペクトル解析を用いた横断的研究 (Goldsmith et al. 1992 ; 田辺ら 1993) において、持久性トレーニングを行っている健常男性では、運動習慣のない健常男性に比べて、HF が有意に高いことが示されている。心拍変動の時間領域解析を用いた縦断的研究 (Seals et al. 1988) では、中高年男性に週 3 回から 4 回の持久性トレーニングを 30 週間にわたって行ったところ、 $\dot{V}O_2\text{max}$ の増大に伴って、安静時の心臓副交感神経系活動水準の亢進が生じたことが示唆されている。実験 1-1 とほぼ同時期に心拍変動パワースペクトル解析を用いて行われた縦断的研究 (Al-Ani et al. 1996) では、心臓副交感神経系活動水準は持久性トレーニングにより有意に上昇した。すなわち、本研究の実験 1-1, 2 でも、これらの先行研究における結果と一致して、持久性トレーニングによる持久性体力水準の増大に伴い、心臓副交感神経系活動水準が上昇することが示唆された。

心臓副交感神経系活動水準 (HF) と持久性体力水準 ($\dot{V}O_2\text{max}$) との関連を検討した横断的研究 (Goldsmith et al. 1997) では、両指標間に有意な相関関係があることが認められているが、実験 1-2 では、 $\dot{V}O_2\text{max}$ と HF の間には、トレーニング開始前及び終了後において、あるいはトレーニング前後の値を合わせても有意な相関関係は認められなかった。また、それぞれの変化量の間にも有意な相関関係は認められなかった。これらの結果には、本研究における被験者数が少ないことが影響しているかも知れない。また、先行研究

(Goldsmith et al. 1997) では 24 時間の平均的な HF を評価しているが、本研究 (実験 1-2) における HF の測定時間は 1 日のうちの 5 分間であり、測定時間が短いことが評価の誤差を大きくしているのかもしれない。

トレーニング開始前の HF とトレーニングによる HF の変化量との間に有意な相関関係が認められた。すなわち、トレーニング強度が同じであっても、トレーニング開始前の心臓副交感神経系活動水準が低いほどトレーニング効果が大きい可能性が示唆された。あるいは、逆に、トレーニング前の心臓副交感神経系活動水準の高い場合には、同一強度のトレーニングによって得られる効果は小さいとも考えられる。

実験 1-1 において、トレーニングにより生じた HF の上昇は、脱トレーニング後の 4 週以内に低下し、トレーニング前の値と比べて有意差がなくなった。糖尿病患者において 12 週間の持久性トレーニングの効果を検討した研究 (Howorka et al. 1997) によると、心血管系の自律神経機能異常が軽度の患者において、トレーニング後に心臓副交感神経系活動水準の亢進が生じたが、その効果は脱トレーニング 4~6 週の間に行った測定では消失していた。ただし、脱トレーニング 4 週以前においては測定が行なわれていない。先行研究 (Howorka et al. 1997) でのトレーニングは、最大運動能力の 65%未満の自転車エルゴメーター運動を 1 回 30 分、週 2 回であり、本研究 (実験 1-2) ではトレーニング強度をトレーニング開始時における $\dot{V}O_2\max$ の 70%に固定し、1 回 60 分、週 3~4 回行った。トレーニング終了時の $\dot{V}O_2\max$ の平均値から推定するとトレーニングの後半でのトレーニング強度は $\dot{V}O_2\max$ の約 60%であったと推測される。一方、先行研究 (Howorka et al. 1997) ではトレーニング中の目標心拍数を心拍数予備の 65%未満に設定したので、両者の負荷強度に大きな差はないと思われるが、1 回の持続時間とトレーニング頻度からみて、本研究におけるトレーニングを先行研究 (Howorka et al. 1997) と比べると、トレーニングの持続期間は短いにしても、週当たりのトレーニング量は多いと考えられる。すなわち、心臓副交感神経系活動水準におけるトレーニング効果の低下は、単位期間当たりのトレーニング量が上回っても、脱トレーニング 4 週間以内に生じた。このように脱トレーニング後の早い時期に心臓副交感神経系活動水準におけるトレーニング効果が消失することは、本研究により始めて明らかにされたことである。しかも、通常、有疾患患者における運動療法は乳酸性閾値 (lactate threshold: LT) あるいは VT を目安に行われることが多く、本研究や先行研究 (Howorka et al. 1997)

に比べてトレーニング強度が低く、単位期間当たりのトレーニング量も少ない場合が多いと考えられる。したがって、通常の有疾患者における運動療法のように、トレーニング量あるいはトレーニング強度がより低い場合には、低下の時期がさらに早まる可能性も考えられる。それゆえ、よりトレーニング強度とトレーニング量の低い場合においても、今後、脱トレーニングの影響を検討する必要があると思われる。

実験 1-1, 2 では、持久性トレーニングにより心臓交感神経系活動水準の指標である HF/LF には有意な変化は生じなかった。健常者を対象にした横断的研究（田辺ら 1993）では、競技経験年数が 4 年以上の高校生、大学生スポーツ選手は、同年齢の一般学生よりも、午後及び睡眠中の心臓交感神経系活動水準が有意に低いことが示唆されている。また、慢性心疾患者を対象に、最大心拍数の 80% 強度で 8 週間の持久性トレーニングを行った検討（Coats et al. 1992）、及び心筋梗塞後の患者を対象に、最大心拍数の 60~80% 強度で 8 週間の持久性トレーニングを行った検討（Malfatto et al. 1996）では、心臓副交感神経系活動水準の亢進と同時に心臓交感神経系活動水準の低下も生じることが示唆されている。実験 1-1 では、比較的長期間のトレーニングで、1 回当たりのトレーニング量（走行距離）も多かったが、トレーニングの大部分は VT 以下の強度のジョギングであり、トレーニング強度はそれほど高くなかったため、心臓交感神経系活動水準に有意な変化が生じなかったのかもしれない。しかし、実験 1-2 におけるトレーニング強度及び継続期間は、有疾患者におけるトレーニングと同程度だったと考えられるが、心臓交感神経系活動水準に有意な変化は認められなかった。ただし、トレーニング前の心臓交感神経系活動水準が高かった 2 名ではトレーニング後に心臓交感神経系活動水準が著明に低下したので、持久性トレーニングが及ぼす心臓交感神経系活動水準への効果には、トレーニングの強度と量に加えて、対象者のトレーニング前の病態や心臓自律神経系活動水準、あるいは持久性体力水準が影響している可能性が考えられる。尿中のカテコラミン排泄量や血中カテコラミン濃度を交感神経系活動の指標にした研究では、健常男性に 2 ヶ月間の持久性トレーニングを施行してもトレーニング後の尿中カテコラミン排泄量は変化しないこと（Brundin and Cernigliaro, 1975）、長距離走選手と水泳選手の血中カテコラミン濃度は非鍛錬者よりも低値であること（Jost et al. 1990）などが報告されている。これらの報告は、心臓交感神経系活動を特異的に評価したものではないが、トレーニング強度や対象者の持久性体力水準によって、トレーニングが自律神経系活動に及ぼす影

響が異なるという推測を支持するものであると思われる。おそらく、本研究で行った程度の強度及び継続期間の持久性トレーニングでは、一般の健常な若齢男性において心臓交感神経系活動水準は有意な変化を生じにくいのかも知れない。ただし、本研究では、トレーニング前の心臓交感神経系活動水準が高い場合には効果が期待できる可能性が示唆された。また、一般の健常者でも、さらに高強度のトレーニングを長期間継続すれば、心臓交感神経系活動水準に変化が生じる可能性も考えられる。

持久性トレーニングにより心臓副交感神経系活動水準の有意な増大が認められても、その効果は比較的短期間の脱トレーニングにより消失することが本研究により初めて示唆された。心臓副交感神経系機能の改善は心臓の電氣的安定性を向上させ、心事故の予防にも有効であると考えられるが、トレーニングを継続しないと効果の持続が期待できないので、心臓副交感神経活動水準の向上及び維持には持久性トレーニングの継続が必要不可欠であると考えられた。一方、心臓交感神経系活動水準に有意な変化は生じなかったが、初期水準が高いとトレーニングによって心臓交感神経系活動水準が減少する可能性があると考えられた。

4.5 要約

心拍変動パワースペクトル解析を用いて、持久性トレーニング及び脱トレーニングが安静時心臓自律神経系活動水準に及ぼす影響を検討した。実験 1-1 では、フルマラソンへの参加を目的とした 7 ヶ月間の持久性トレーニングに参加した健常な男子大学生を対象に、トレーニング前後における安静時心臓自律神経系活動水準の変化を検討した。その結果、トレーニング後にトレーニング群の $\dot{V}O_2\max$ が有意に増大し、心臓副交感神経系活動水準の有意な亢進が認められた。一方、非トレーニング群の心臓自律神経系活動水準に有意な変化は認められなかった。実験 1-2 では、運動習慣を持たない健常男子大学生を対象に、8 週間の持久性トレーニング (70% $\dot{V}O_2\max$, 60 分, 3~4 回/週) 及びそれに続く 4 週間の脱トレーニングを実施し、心拍変動パワースペクトル解析を用いて、安静時心臓自律神経系活動水準の変化を検討した。その結果、8 週間のトレーニング後、 $\dot{V}O_2\max$ が有意に増大し、心臓副交感神経系活動水準は有意に亢進した。さらに、心臓副交感神経系活動の初期水準及びトレーニング後の変化量の間には有意な負の相関関係が認められた。心臓副交感神経系活動水準の亢進は脱トレーニング 2 週後まで続いたが、その後減少し、脱トレーニング 4 週後にはトレ

ーニング効果がほぼ消失していた。安静時心臓交感神経系活動水準にトレーニング及び脱トレーニング期間において有意な変化は認められなかったが、初期水準と 8 週間のトレーニング後の変化量の間には有意な負の相関関係が認められた。以上の結果から、持久性トレーニングを継続することで、心臓副交感神経系活動水準を亢進させることができるが、その効果は比較的短期間の脱トレーニングによって消失すると考えられた。一方、心臓交感神経系活動水準には大きな影響を及ぼさないが、初期水準が高い場合には、トレーニングによって心臓交感神経系活動水準が低下する可能性があることも示唆された。