

DA  
2027  
1020  
(43)

博士論文

スポーツと運動における  
心臓自律神経系活動の変化と適応

平成 11 年度

筑波大学大学院 体育科学研究科

菅原 順

寄贈  
菅原順氏

00003631

## 目次

表のタイトル一覧	iv
図のタイトル一覧	v
本研究で使用する略号と記号	viii
<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 研究の背景	1
1.2 本研究の目的	3
<b>第2章 文献研究</b>	<b>4</b>
2.1 心臓自律神経系活動の評価法	4
2.1.1 安静時の心臓自律神経系活動	4
2.1.2 運動時及び終了後の心臓自律神経系活動	8
2.2 心臓自律神経系活動の臨床的意義	10
2.3 心臓自律神経系活動と持久性トレーニング	11
2.3.1 安静時の心臓自律神経系活動と持久性トレーニング	11
2.3.2 運動終了後の心臓副交感神経系活動回復応答と持久性トレーニング	14
2.4 心臓自律神経系活動と生体リズム	14
2.5 心臓自律神経系活動と疲労	16
<b>第3章 本研究の課題，仮説，手法，用語の定義，限界</b>	<b>20</b>
3.1 本研究の課題	20
3.2 本研究の仮説	22
3.3 本研究で用いた心臓自律神経系活動の評価方法	23
3.3.1 安静時心臓自律神経系活動水準の評価	23
3.3.2 運動終了後の心臓副交感神経系活動回復応答の評価	25
3.4 本研究で使用する用語の定義	27
3.5 本研究の限界	28
<b>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）</b>	<b>30</b>
4.1 緒言	30
4.2 方法	30
4.3 結果	33
4.4 考察	37
4.5 要約	45

第 5 章 運動終了後の心臓副交感神経系活動回復応答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 1-3, 4, 5)	47
5.1 若齢者での検討	47
5.1.1 緒言	47
5.1.2 方法	47
5.1.3 結果	50
5.1.4 考察	56
5.1.5 要約	58
5.2 中高齢者での検討	59
5.2.1 緒言	59
5.2.2 方法	59
5.2.3 結果	61
5.2.4 考察	66
5.2.5 要約	68
第 6 章 心臓自律神経系活動と生体リズムとの関連 (課題 2 : 実験 2)	69
6.1 緒言	69
6.2 方法	69
6.3 結果	70
6.4 考察	72
6.5 要約	77
第 7 章 心臓自律神経系活動とトレーニング状況との関連 (課題 3 : 実験 3-1, 2)	78
7.1 緒言	78
7.2 方法	78
7.3 結果	83
7.4 考察	89
7.5 要約	102
第 8 章 総合討論	103
8.1 本研究の目的	103
8.2 本研究で得られた成果と意義, 及び今後の課題	103
8.2.1 課題 1 : 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	103
8.2.2 課題 2 : 心臓自律神経系活動と生体リズムとの関連	106
8.2.3 課題 3 : 心臓自律神経系活動とトレーニング状況との関連	109
第 9 章 結論	112

謝辭	．．． 113
引用文献	．．． 114
Appendix	．．． 123
付記	．．． 125

## 表のタイトル一覧

### 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)

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

### 第5章 運動終了後の心臓副交感神経系活動回復応答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1-3, 4, 5)

#### 5.1 若齢者での検討

Table 5-1 Changes in physiological parameters with exercise training and detraining.

#### 5.2 中高齢者での検討

Table 5-2 Physiological characteristics of subjects.

Table 5-3 Physiological responses to exercise of old and young people.

Table 5-4 Physiological responses to exercise of trained and untrained old people.

### 第6章 心臓自律神経系活動と生体リズムとの関連 (課題2: 実験2)

Table 6-1 Physiological characteristics of subjects.

Table 6-2 Descriptive data for dependent variables in the morning and the evening and summary of ANOVA and t-test results.

### 第7章 心臓自律神経系活動とトレーニング状況との関連 (課題3: 実験3-1, 2)

Table 7-1 Physiological responses to exercise.

Table 7-2 Simple correlation coefficients matrix between indices of athletic condition (n = 17).

Table 7-3 Changes in score of profile of mood states (POMS).

## 図のタイトル一覧

### 第2章 文献研究

Fig. 2-1 Power spectrum of heart rate fluctuations in the adult conscious dog (A). Power spectrum of heart rate fluctuations under parasympathetic blockade and combined parasympathetic and sympathetic  $\beta$ -adrenergic blockade (B). (Akserlod et al. 1981)

Fig. 2-2 Heart rate responses to changes in posture. A: instantaneous heart rate in supine position. Note prominent high-frequency oscillations (respiratory sinus arrhythmia). B: power spectrum of A. Note small low-frequency (LO-FR) peak and prominent high-frequency (HI-FR) peak. C: instantaneous heart rate in standing position. Note prominent LO-FR oscillations. D: power spectrum of C. Note prominent LO-FR peak and small HI-FR peak. (Pomeranz et al. 1985)

### 第3章 本研究の課題, 仮説, 手法, 用語の定義, 限界

Fig. 3-1 Analysis of post-exercise heart rate decrease.

### 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)

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.

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 ( $\Delta$ HF).

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

第5章 運動終了後の心臓副交感神経系活動回復応答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1-3, 4, 5)

5.1 若齢者での検討

- Fig. 5-1 The relationship between  $\dot{V}O_{2\max}$  and  $T_{30}$  at 80%VT.
- Fig. 5-2 The change in the  $T_{30}$  with exercise training and detraining. Data are expressed as mean  $\pm$  SD.
- Fig. 5-3 The relationship between the initial  $T_{30}$  and the change in the  $T_{30}$  after the 8-week training.
- Fig. 5-4 The relationship between the changes in  $\dot{V}O_{2\max}$  and the  $T_{30}$  after the 8-week training.

5.2 中高齢者での検討

- Fig. 5-5 Changes in the  $T_{30}$  after 4-month exercise training in middle-aged (right side) and elderly (left side) females. Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

第6章 心臓自律神経系活動と生体リズムとの関連 (課題2: 実験2)

- Fig. 6-1 Changes in  $T_{30}$ . ▲: morning-type, ●: evening-type ■: intermediate-type. Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

第7章 心臓自律神経系活動とトレーニング状況との関連 (課題3: 実験3-1, 2)

- Fig. 7-1 Protocol of exercise test.
- Fig. 7-2 The relationship between the  $\% \Delta HR_{30}$  at 40%VT and 80%VT.
- Fig. 7-3 Relationships between the  $T_{30}$  and the  $\% \Delta HR_{30}$  (A: 80%VT, B: 40%VT).
- Fig. 7-4 The relationship between  $\dot{V}O_{2\max}$  and the  $\% \Delta HR_{30}$  at 80%VT.
- Fig. 7-5 The daily change in physiological parameter, temperature, humidity, and running distance. Data are expressed as mean  $\pm$  SE.
- Fig. 7-6 The  $\% \Delta HR_{30}$  in morning following light training day (L-TR) and morning following hard training day (H-TR). Data are expressed as mean  $\pm$  SD.
- Fig. 7-7 The  $\% \Delta HR_{30}$  for the 3rd - 8th day and 14th - 19th day. Data are expressed as mean  $\pm$  SD.

- Fig. 7-8 The relationship between the running distance of previous day and the  $\% \Delta HR_{30}$ .
- Fig. 7-9 The relationship between the running distance of previous day and the morning heart rate.
- Fig. 7-10 Relationships between the running distance of previous day and the morning body mass (A) or the urinary volume (B).

## 第 8 章 総合討論

- Fig. 8-1 The relationship between HF and  $T_{30}$ .



## 本研究で使用する略号と記号

ACTH	: adrenocorticotropin hormone	副腎皮質刺激ホルモン
cAMP	: cyclic adenosine 3' 5'-monophosphate	サイクリック（環状）AMP
FFT	: Fast Fourier Transform	高速フーリエ変換
GH	: growth hormone	成長ホルモン
HF	: High Frequency	心拍変動パワースペクトル解析より得られる高周波成分
LF	: Low Frequency	心拍変動パワースペクトル解析より得られる低周波成分
LF/HF	: LFとHFの比	
LT	: lactate threshold	乳酸性閾値
MEM	: Maximum Entropy Method	最大エントロピー法
MIBG	: Metaiodobenzylguanidine	放射性同位元素の種類
$\% \Delta HR_{30}$	: 運動終了後 30 秒間の心拍数減少率	
POMS	: Profile of Mood State	気分を調べる心理検査
RPE	: ratings of perceived exertion	自覚的疲労度
PRL	: prolactin	プロラクチン
QOL	: quality of life	自立度と生活の質
SCN	: suprachiasmatic nuclei	視床下部視交叉上核
$T_{30}$	: 運動終了後 30 秒間の瞬時心拍数回復過程の時定数	
Tl-201	: 放射性同位元素の種類	
$\dot{V}CO_2$	: carbon dioxide production	二酸化炭素排出量
$\dot{V}E$	: ventilation	換気量
$\dot{V}O_{2max}$	: maximal oxygen uptake	最大酸素摂取量
$\dot{V}O_2$	: oxygen uptake	酸素摂取量
VT	: ventilatory threshold	換気性閾値