

## 運動処方における「快適強度」の意味

### Implication of Preferred Intensity as the Alternative Criterion for Health Related Exercise Prescription

中 村 好 男\*

Yoshio Nakamura\*

#### Abstract

The goal of this study was to investigate the physiological meaning of “preferred intensity” as a maneuver for exercise prescription aimed at health promotion. Twelve students volunteered as subjects in this study. The subjects were assigned to the cycling (C) or running (R) group according to their preference. They performed two exercise trials at a self-selected pace of cycling or running. The objectives were set at the duration of 30-min for the first trial and the distance of 40km or 16km for the second trial of the C or R group. All subjects completed the objectives. Variables measured included heart rate, rate of perceived exertion (RPE), blood lactate (LA), blood glucose, hematocrit, blood pressure (BP), tympanic temperature, and body weight. It took  $97.4 \pm 7.3$  and  $83.9 \pm 10.9$  min to complete the second trial of C and R, respectively. At the first trial (30-min exercise) R showed a higher heart rate level than C (161 vs. 147 bpm). While the heart rates during the second trial were similar to the first one, RPE was higher and the  $\Delta$ LA and  $\Delta$ BP were lower than the first one. Even though the subjects were allowed to take *ad libitum* supplemental foods or beverages available at the aid station, they could not fill the energy expenditure and water loss. These results indicate the mutual interaction among the parameters of exercise prescription, suggesting the importance of the conceptual breakthrough to establish “preferred exercise” for individual health promotion.

#### 1 緒 言

健康の維持増進のためには日常の運動習慣が重要であるといわれる。その条件を与えるのが運動処方である。ところで、従来の運動処方は、必要とされる条件を定めて、それを「与える」ことに主眼がおかれていた。例えば、「心臓血管系の機能

を増進するためには最大酸素摂取量の50-80%の強度で15-30分間の全身運動を週に3-5日行う」とか、「減量のためには40-50%程度の強度で週に2000kcal以上行う」といったように、守られべき条件が定められることになる。これに対し、身体運動自体は個々人が「生み出す」もので

---

\*スポーツ科学科

\*Department of Sports Sciences

あるという観点から、被験者の主観に基づいたペースや内容で運動することを勧めるという考え方もある<sup>9)</sup>。これは、運動の内容は本質的には本人が時々を選択する (preferred) ものであるという前提に立脚しているものである。したがって、従来の運動処方に比べて運動条件の基準は緩やかであり、コンプライアンスの問題を不問にできるという可能性を秘めるばかりでなく、近年注目されている「日常生活の活動度」<sup>13)27)</sup>を高めるためにも重要である。ところが、被験者が各自の好みで選択する運動内容の生理学的な位置付けは、「preferred intensity」についての研究<sup>10)24)</sup>が散見されるだけで必ずしも明らかではない。

中島(1995)<sup>24)</sup>は、同一の被験者が「好みの強度」でランニングと自転車走行を行った際の心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度 (RPE) の3種の強度指標を比較した結果、ランニングの方が生理学的に見て高い強度を選択する傾向にあることを示した。しかも、その際の RPE は同一ではなく、ランニングの方が「よりきつい」状態を選ぶことも同時に示されている。両運動状態で「好み」の内容が異なる可能性もあり、それが両試行の「好みの強度」の差を生じさせたかもしれない。橋本ら<sup>14)15)</sup>は、被験者が選択すべき基準として「快適ペース」をとりあげ、その効果を検証しているが、従来の運動処方との関連を把握するためにはその生理的評価が十分ではない。

そこで、本研究では、被験者が選択すべき運動強度として「快適ペース」を指示し、その状況を生理学的な観点からあきらかにしようとした。特に検証しようとした問題は、「快適ペース」走行時の生理的応答に及ぼす運動の持続時間ならびに運動種目の影響である。運動時間の影響については、30分間の運動と1時間以上におよぶ運動を心拍数をモニタさせながら実施した際に、「選択される」心拍数レベルと生理的応答を試行間で比較した。運動種目は、自転車走行とランニングの2種とし、このどちらかから1つの運動様式を「選択した」被験者が、その運動を上記の2試行を行った際の生理的応答を、被験者群間で比較することによって、運動種目の影響を検証した。

## 2 方法

### 2.1 実験概要

本実験は、中村ゼミ (身体運動の生理科学) の95年度の夏期集中補講の題材として行われた。その日程ならびに概要は以下の通りである。

6月13日～

7月20日 事前測定。(後述)

7月21日 (金) 予備運動。(後述)

7月22日 (土) 主運動。

ただし、7月21日～23日は追分セミナーハウスに宿泊し、軽井沢プリンスホテル前道路 (通称「プリンス通り」) ならびに国道18号バイパスを利用して、実験を行った。その他は、所沢キャンパスの運動生理学実験室にて行った。参加した学生数は、27名 (2年生13名、3年生14名) であった。内3年生1名は、追分での実験には参加できなかった。

### 2.2 被験者

被験者は、自転車運動群 (以下C群) 6名およびランニング群 (以下R群) 6名の計12名であり、6月12日のミーティングに出席した学生22名の中から募集した。完全に自由意志で希望したとはいいきれないが、結果として、4名がC群を希望し、6名がR群を希望、2名がどちらでもよいと申し出た。そこで、どちらでも良いと申し出た2名はC群とした。被験者は、全ての説明を受けた後に同意書に署名した上で、実験に参加した。

C群の使用した自転車は、5名がロードレーサーであり、1名がオールテラインバイク (通称マウンテンバイク) であった。これらは、被験者の希望によってどちらかを選択させた。C群の被験者は自分では上記自転車を所有してはならず、長時間のサイクリングの経験もなかった。これらの自転車は軽井沢での実験前に予め用意し、各被験者は事前にポジションの調整を行った上で所沢キャンパス内にて簡単に練習した。実験時に被験者が着用するためにレーサパンツとグローブを用意し、被験者の好みによって着用させた。靴は各自の所有しているアップシューズなどを使用した。R群の被験者は、すべての自分の所有する服装および靴を使用した。

実験走行においては、各群6名の内2名ずつに

伴奏者を同行させた。伴奏者は自転車およびランニングの鍛練者であり、被験者の「快適ペース」に合わせて余裕をもって随行することができる者であった。

### 2.3 事前測定

各被験者の酸素摂取量 ( $\dot{V}O_2$ ) と心拍数 (HR) との関係を設定するために、自転車エルゴメータ (C群) あるいはトレッドミル走 (R群) による3段階運動負荷試験を行った。被験者は気温24℃、湿度60%に設定されたトレッドミル室 (472室) にて胸部電極と呼気ガス採取用マスクを装着し、運動を行った。運動時間は各段階5分の計15分であった。負荷強度は、心拍数が概ね100, 130, 160拍/minとなる程度とし、各段階の1~2分の間に目標の±10拍/minの範囲に入るように検者が調整した。各段階2分経過後は、心拍数が目標からはずれても、再調整は行わなかった。

運動中には、 $\dot{V}O_2$ ならびにHRを1分毎に連続して測定した。 $\dot{V}O_2$ の測定にはミナト医科学社製の呼吸代謝測定装置 (MG-300, RM-300) を用いた。この測定装置は、マスクの排気口に接続された蛇管の反対端に熱線流量計を装着し、その開口部上方から約230ml/minの流量で吸引されたサンプルガスのO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>濃度を、ジルコニア式O<sub>2</sub>センサならびに赤外線CO<sub>2</sub>センサによって計測している。流量とガス濃度のデータは、デジタル化された後に吸引のむだ時間を差引いた後に掛け合わされて、1分毎の平均値が算出された。これを各分の呼気流量の平均値で割ることによって、平均ガス分圧を算出し、その後通常ダグラスバッグ法<sup>32)</sup>に準じて $\dot{V}O_2$ を算出している。HRは、日本光電社製の心電図監視計 (ライフスコープ) を用い、各1分毎の胸部双極誘導のRR間隔の平均値を計算した。12名の被験者のうち1名は、心室性期外収縮を示したが、1)頻発しないこと、2)負荷強度の増大とともに消失したこと、3)本人がその存在を中学生の時から認知していて定期的に医師の診断を受けながらも運動の制限を指示されていないこと、の理由により、被験者になることを妨げなかった。またその心室性期外収縮は代償性休止期を伴っていたので、期外収縮によるR

波もそのままHRの算出に用いた。

各段階の最後の1分間の $\dot{V}O_2$ とHRを用いて、以下の直線回帰式を算出した。

$$\dot{V}O_2 (l/min) = a \times HR (\text{拍}/min) + b \quad (1)$$

この回帰式は、2.4, 2.5節における運動中の酸素消費量 ( $\hat{V}O_2$ ) の推定 (2.6.6項参照) のために用いられた。

### 2.4 予備運動

各被験者の「快適ペース」での運動強度を知るために、7月21日 (金) の午後2時~4時に予備運動を行った。その内容は、平地での30分間の自転車走行 (C群) あるいはランニング (R群) であった。場所は、「プリンス通り」であり、予め指定した約1.5kmの区間を繰返して往復した。軽井沢市成沢9番地前のコース内の歩道に測定場所 (スタート/ゴール地点) をもうけた。走行区間の両端の折返し地点には連絡員を配置し、被験者の安全を確保した。当日は交通量も少なく走行には支障がなかった。

被験者は、準備および所定の測定をすませた後に、5~10分程度の間隔で順番に走行を開始した。被験者は心拍モニター (2.6.1項参照) を携帯し、経過時間ならびに心拍数を知ることができた。30分経過時にはなるべくスタート/ゴール地点の近くにくるように、被験者に対して事前に指示するとともに、測定場所の連絡員も適宜指示して、運動時間が30分を大幅に経過しないように配慮した。

被験者は胸部に電極を装着して、運動中の心拍数を測定した。主運動の参考とするために、運動中5分から30分の心拍数の平均値を算出した (2.6.1項参照)。また、運動前後の血中乳酸濃度 (2.6.2項参照)、運動終了時のRPE (2.6.3項参照) ならびに血圧と鼓膜温 (2.6.4項参照) を測定した。これらの測定値は、当日の夕刻に各被験者に告知した。

### 2.5 主運動

主運動は、7月22日 (土) の午前10時~午後3時の間に行われた。走行場所は、「プリンス通り」ならびにそれと交差する国道18号バイパスを使用

した往復8kmの区間であった。前日とほぼ同じ場所をスタート／ゴール地点とした。走路の標高は935m～940m（スタート／ゴール地点の標高は937m）と、ほぼ平坦であった。

C群およびR群の被験者は、各々上記コースを5往復（40km）、および2往復（16km）走行した。走行ペースは被験者の自由に任せたが、できるだけ「快適」と感じるペースで走るようにと、指示した。その際、前日に測定した運動中の心拍数（5分から30分の平均値）を参考にして走行しても構わないと告げた。所要時間は、両群とも1時間30分前後（3節参照）であった。

スタート／ゴール地点に測定車を設置した。また、同所と国道18号バイパスの折返し地点の2箇所に飲食物補給車を設置した。したがって、走行中にC群では9回、R群では5回（プリンス通りを南行する際にも立寄れるため）の補給が可能であった。補給所では表1に示した飲食物が用意された。同所では、被験者は立止まることができ、好きなものを好きなだけ摂取することが許された。

全ての飲食物ならびにその量は、測定所に待機している検者によって記録された。

## 2.6 測定

予備運動および主運動においては、以下の測定が行われた。

### 2.6.1 心拍数

ポーラー社のバンデージ XL またはサイクロバンデージによって走行中の心拍数を計測した。被験者は専用の電極ベルトを胸部に装着した。被験者の左腕あるいは自転車に装着された記録／表示装置によって、走行中の心拍数を表示するとともに、1分間毎の平均心拍数を記録した。

予備運動では5分から30分までの平均心拍数を算出した、また、主運動においては、5分から終了までの平均心拍数を算出した。

### 2.6.2 採血

予備運動および主運動の前後に指先より採血を

表1：主運動で用意した飲食物とその熱量比

品 目	分量	熱量(kcal/100g)
ポカリスウェット(1.5L)	4本	24
午後の紅茶(1.5L)	2本	18
ミネラルウォーター(1.5L)	4本	0
オレンジジュース(1.5L)	1本	40
キャロットジュース(1L)	1本	37
カロリーメイトドリンク(缶)	5本	100
エネルゲン(1.5L)	16本	21
ウーロン茶	3.5L	0
アップルジュース(1L)	2本	44
ヨーグルトドリンク(1L)	1本	65
ウィダーエネルギーイン	19個	89
ウィダービタミンイン	19個	39
カロリーメイト(棒)	4箱	500
チョコレート	1袋	543
バナナ	16本	87
おにぎり	16個	148
バランスアップ	3本	500

行った。穿孔はオーレットで行い、 $50\mu\text{l}$ のキャピラリーで2本採血した。そのうち1本は乳酸濃度ならびに血糖値の分析に、もう一本はヘマトクリットの分析に供された。乳酸の分析にはSPORT-S1500 (YSI) が用いられた。また、血糖値の分析にはアントセンス (ダイキン工業) を用いた。両器とも酵素電極法による携帯型の機器であるが、後者は糖尿病患者のモニタ用で、小型電極を用いて特に小さく作られており、精度の点でやや難点があるかもしれない。

### 2.6.3 主観的運動強度 (RPE)

予備運動および主運動の終了時に RPE<sup>5)26)</sup>を測定した。

### 2.6.4 血圧, 体温

予備運動および主運動の前後に、血圧ならびに鼓膜温を計測した。血圧の測定は座位にて水銀式血圧計を用いて計測した。拡張期血圧の同定には第五点を用いた。鼓膜温の測定には赤外線体温計 (FirstTemp 2000A) を用いた。

### 2.6.5 体重

主運動の前後に電子式デジタル精密体重計 (UC-300, エーアンドディ社) によって体重を計測した。ここで用いた体重計は、 $50\text{g}$ 単位で計測できるようになっていた。被験者は、靴および靴下を脱ぎ、その他は運動する服装で体重計に乗った。運動後も同じ服装で乗ったため、運動後の体重にはシャツなどに残っている汗が含まれている。

### 2.6.6 エネルギー消費量

主運動中のエネルギー消費量 ( $E_e$ ;  $\text{kcal}$ ) を以下の様に推定した。まず、各被験者毎に事前に算出した(1)式に主運動中の平均心拍数 ( $\overline{\text{HR}}$ : 2.6.1項参照) を代入して、次式によって主運動中の酸素消費量 ( $\hat{V}O_2$ ) を推定した。

$$\hat{V}O_2 = (a \times \overline{\text{HR}} + b) \times T \quad (2)$$

ただし、 $T$  は主運動の所要時間 (分) である。次に、運動中の推定  $\hat{V}O_2$  から、次式によって  $E_e$  を算出した。

$$E_e = \hat{V}O_2 \times 5 \quad (3)$$

ただし、(3)式中の5は  $V_{O_2}$  に対する消費エネルギーの換算係数 (単位;  $\text{kcal/l}$ ) である。

### 2.6.7 水分損失量

主運動前後の体重 (それぞれ  $W_{b1}$ ,  $W_{b2}$ ;  $g$ ) と運動中の飲食重量 ( $W_s$ ;  $g$ ) ならびに運動中の推定  $E_e$  から、以下の式によって水分損失量 ( $E_w$ ;  $g$ ) を算出した。

$$E_w = W_{b2} - W_{b1} + W_s - E_e \times 0.188 \quad (4)$$

ただし、(4)式中の0.188は糖および脂肪が50%ずつ利用されたと仮定した時の消費重量の換算係数 (単位;  $g/\text{kcal}$ ) である。

### 2.6.8 内省報告

主運動実施日 (7月22日) の夕方、被験者に主運動実施時の感想を記させた。

## 2.7 データ処理

得られた結果は、個人個人を区分して記述した。また、運動前後の測定値については、その差を求め、前後差の対の比較を行った。全ての変数について、群間の比較を行った。有意水準は0.05とした。有意な差が認められなかったものについては、本文中で記述を省略したものもある。

## 3 結果

### 3.1 事前測定

事前測定における各段階の心拍数が目標心拍数 (100, 130, 160拍/分) から20拍/分以上逸脱した事例はなかった。また、いずれの例でも、心拍数と  $\hat{V}O_2$  の関係は概ね直線となった。

### 3.2 予備運動

主運動の前日に行われた予備運動時の測定結果を表2に示した。

各々の被験者には「快適ペース」での運動を指示したわけであるが、RPEについては10~13の範囲で、言語表現としては「楽である」と「ややきつい」のどちらかとなり、個人間の差は大きな

運動処方における「快適強度」の意味

表2：予備運動での測定結果

被験者	血中乳酸 (mmol/l)			鼓膜温 (°C)			血圧 (mmHg)		心拍数 (bpm)	RPE
	運動前	運動後	Δ	運動前	運動後	Δ	運動前	運動後		
C1	1.43	2.22	0.89	37.3	37.6	0.3	128/78	142/70	142	10
C2	1.06	2.35	1.29	37.2	36.7	-0.5	158/80	176/68	133	12
C3	1.99	2.83	0.84	37.4	36.8	-0.6	128/60	132/72	155	13
C4	1.93	4.00	2.07	37.5	37.7	0.2	128/68	128/56	150	11
C5	1.00	3.14	2.14	37.5	37.5	0.0	122/60	136/28	166	12
C6	1.26	2.29	1.03	36.8	36.2	-0.6	122/70	130/66	138	11
平均	1.45	2.81	1.38	37.3	37.0	-0.2	131/71	142/60	147	11.6
SD	0.39	0.63	1.35	0.2	0.5	0.4	12/8	16/15	12	1.0
R1	1.54	1.53	-0.01	37.2	37.8	0.6	130/82	150/62	157	12
R2	2.02	2.65	0.63	37.6	37.5	-0.1	130/74	132/70	156	12
R3	1.94	4.96	3.02	37.2	39.2	2.0	98/50	112/52	164	13
R4	1.79	1.84	0.05	37.5	38.0	0.5	146/76	150/50	161	12
R5	1.04	2.95	1.91	38.1	38.2	0.1	134/68	152/60	167	13
R6	0.87	1.17	0.30	37.9	36.8	-0.9	130/78	150/58	160	12
平均	1.53	2.52	0.98	37.6	37.9	0.4	129/71	141/59	161	12.3
SD	0.44	1.25	1.12	0.4	0.7	0.9	18/12	17/8	4	0.6

かった。しかし、運動時 HR および血中乳酸濃度については個人差が大きく、運動後の血中乳酸濃度が 4 mmol を超える被験者も 2 名いた。

平均値でみると、R 群の HR が C 群よりも有意に大きかった。ただし、RPE、鼓膜温、血圧および血中乳酸濃度については群間には有意差はなかった。

運動前後での変化については、血中乳酸濃度ならびに収縮期血圧が有意に増加した。

表3：主運動時の気象条況

時刻	気温 (°C)	湿度 (%)	気圧 (hPa)	天候
10:10	22.8	80		雨
11:00	20.7	100	900	雨
12:00	20.5	91		曇
13:00	25.3	80		曇
14:00	28.2	62	899	晴
15:00	25.5	55		快晴

### 3.3 主運動

#### 3.3.1 環境

主運動時の気象条件を表3に示した。午前中は小雨で気温も低く、運動すること自体が「快適」とはいえない状況であったが、正午からは雨もあがり、後半6名の被験者の走行時には暑く感じるほどであった。

#### 3.3.2 時間

各被験者の走行した時間ならびに所要時間を表4に示した。所要時間は、C群では97.4±7.3分、R群では83.9±10.6分であり、両群間に有意な差はなかった。

#### 3.3.3 心拍数、血中乳酸濃度、RPE

表5に主運動における心拍数、血中乳酸濃度、RPEの測定結果を示した。被験者C2は、心拍数データの解析の過程でデータを消失させてしまい、結果を得ることができなかった。

表4：各被験者の走行時刻ならびに所要時間

被験者	開始時刻	終了時刻	所要時間 (分：秒)
R1	10:20:00	11:44:43	84:43
C1	10:28:00	11:59:00	91:00
R2	10:31:00	11:54:37	83:37
C2	10:35:00	12:17:40	102:40
R3	10:38:00	12:20:20	102:20
C3	11:15:00	12:42:50	87:50
R4	12:55:00	14:13:25	78:25
C4	12:58:00	14:44:20	106:20
R5	13:01:00	14:25:25	84:25
C5	13:06:00	14:40:40	94:40
R6	13:09:00	14:19:10	70:10
C6	13:15:00	14:56:45	101:45

主運動時の運動強度にかかわる変数については、いずれも群間に有意な差は認められなかった。運動前後での血中乳酸濃度の値には有意な差があった。

この主運動は、予備運動の翌日に行われたものであり、気象条件が一部異なるものの、被験者は前日の「快適ペース走行」での強度を実感し、かつ、その測定結果は前日夕方に知らされていた。また、主運動の走行時にも腕時計型の心拍数を装着して、運動中の心拍数を常時観察することができた。したがって、概ね同等の運動強度となることが予想される。表5の結果と予備運動(30分間)の結果とを比較すると、心拍数、血中乳酸濃度については予備運動と同様に個人差が大きかった。平均値についてみると、心拍数については両試行間で同等であるが、運動前後の血中乳酸濃度の増加量については予備運動よりも主運動の方が少なかった。

RPEについては、12名中10名は予備運動と同様に10~13の範囲にあったが、R群の2名は15、16と「きつい」というカテゴリーの強度を訴えた。予備運動時のRPEよりも2ポイント以上上回った被験者はC群、R群共に3名ずつ(C1, C4, C6, R1, R3, R5:計6名)いた。また、逆に2ポイント下回った被験者がR群に1名(R4)いた。

表5:主運動の心拍数、血中乳酸濃度、ならびに RPE

被験者	心拍数 (bpm)	血中乳酸( $mmol/l$ )		RPE	
		運動前	運動後		$\Delta$
C1	142	0.71	1.06	0.35	12
C2	—	1.33	1.14	-0.19	12
C3	158	0.84	1.81	0.97	13
C4	151	1.23	1.21	-0.02	13
C5	168	1.05	1.95	0.90	11
C6	140	1.07	1.70	0.63	13
平均	152	1.04	1.48	0.44	12.3
SD	12	0.23	0.39	0.48	0.8
R1	159	1.10	1.19	0.09	15
R2	155	1.43	0.97	-0.46	13
R3	167	1.35	1.75	0.40	16
R4	169	0.92	1.84	0.92	10
R5	166	1.08	1.62	0.54	15
R6	158	1.50	1.49	-0.01	12
平均	163	1.23	1.48	0.24	13.5
SD	6	0.23	0.34	0.48	2.3

この結果は、運動の持続に伴ってだんだんと「きつい」という状況を選択していく場合が多いということを示している。ただし、平均値については主運動の方がやや高いものの有意な差は認められなかった。

### 3.3.4 血糖、ヘマトクリット、血圧、鼓膜温

表6に、主運動前後の血糖、ヘマトクリット(Ht)、血圧、鼓膜温の値を示した。

血糖値については、運動中の飲食の量ならびにタイミングが大きく影響するが、運動中の摂取栄養量が0であった被験者R3についても運動後の血糖値が78mg/dlに留まっており、血糖値が維持されたのは補給ができるような条件が整えられたためだけとはいえない。運動後の血糖値はC群の方が高い傾向にある。C群の方が補給回数が多いことが影響したかもしれないが、その差は有意ではない。ただし、今回の測定結果は標準値と比べて高い例が多く、中には200mg/dlを超える例も

運動処方における「快適強度」の意味

表 6:主運動中の血糖値、ヘマトクリット(Ht)値、血圧、鼓膜温

被験者	血糖値(mg/dl)		Ht 値(%)		血圧(mmHg)		鼓膜温(°C)	
	運動前	運動後	運動前	運動後	運動前	運動後	運動前	運動後
C1	134	188	44	45	140/42	128/68	37.4	36.5
C2	121	135	47	47	152/60	172/92	36.9	35.5
C3	108	157	43	43	112/64	136/72	37.3	37.1
C4	129	148	45	45	148/62	122/68	38.0	37.4
C5	150	248	41	44	152/48	118/46	37.5	37.4
C6	138	204	40	42	132/68	126/68	37.2	36.7
平均	130	180	43	44	139/57	134/69	37.4	36.8
SD	14	42	3	2	16/10	20/15	0.4	0.7
R1	128	188	45	44	142/50	148/52	36.9	36.5
R2	118	142	43	46	116/52	118/52	37.4	36.8
R3	96	78	36	34	92/60	102/42	37.1	36.9
R4	159	229	44	43	142/70	122/74	37.6	38.0
R5	150	119	50	50	122/82	122/78	38.2	38.7
R6	137	173	46	—	122/62	132/90	37.5	37.8
平均	131	155	44	43	123/63	124/65	37.5	37.4
SD	23	53	5	6	19/12	15/19	0.5	0.9

散見された。これらは絶対ありえない値とはいえないが、携帯型の簡便な機器で測定したために十分な測定精度が得られなかった可能性もある。

Ht 値については、運動前後でほとんど変化がなかった。また、群間にも差はなかった。血圧についても、運動後の値は前値と同等であり、群間の差もなかった。ただし、収縮期血圧の値を試行間で比較すると、運動前値には有意差はないが、運動後の値は予備運動の方が有意に高かった。「快適ペース」といっても、30分程度の運動では血圧がやや高値を示すものの、そのままのペースで運動を継続すると、血圧が安定するということになる。

鼓膜温については、群間に差はなく、運動前後の差も有意ではなかった。ただし、雨で気温の低かった午前中に走行した被験者では、いずれも鼓膜温が低下しており、これらの被験者に限って言えばその差は有意であった。

### 3.3.5 体重変化, エネルギーバランス, ならびに水分バランス

表 7 に、主運動中の体重変化ならびにエネルギーバランス、水分バランスを示した。

主運動中は自由な飲食を可能にしたにもかかわらず、12名中10名で体重が減っており、1kg以上減少した被験者も2名いた。特にR群での体重減少が顕著であり、平均値で見てもC群に比べて体重減少量が有意に大きかった。

主運動中のエネルギーバランスについては、個人差はあるもののその過不足は顕著ではなく、両群間にも有意な差は認められなかった。

主運動中の水分バランスについては、C1~C4以外の被験者では、運動中の水分(飲料)の摂取量が発汗による損失量よりも100g以上少なかった。午前中は気温も低く湿度も高かったため、水分摂取量が抑制された可能性がある。しかし、C1~C3とR1~R3とはほぼ同等の気象状況で走行しており、天候の影響だけで説明することはできない。水分バランス( $\Delta_3$ )については、午前に走行した

表7:主運動中の体重変化、エネルギーバランス、ならびに水分バランス

被験者	体重 (kg)		エネルギーバランス (kcal)			水分バランス (g)			$\Delta_3$
	運動前	運動後	$\Delta_1$	消費量	摂取量	$\Delta_2$	損失量	摂取量	
C1	69.35	69.85	0.50	1085	625	-460	194	264	70
C2	66.40	66.45	0.05	2319	298	-2021	435	409	-26
C3	67.40	67.25	0.15	1089	408	-681	286	320	34
C4	63.50	63.40	-0.10	993	178	-815	599	598	-1
C5	72.85	72.55	-0.30	1312	533	-779	1001	404	-597
C6	71.85	71.50	-0.35	1179	460	-719	930	613	-317
平均	68.36	68.50	-0.06	1330	417	-913	574	435	-139
SD	3.20	3.13	0.28	497	161	557	305	131	240
R1	72.80	71.70	-1.10	1242	23	-1219	1206	339	-867
R2	67.45	66.90	-0.55	1167	66	-1101	583	326	-257
R3	48.50	48.20	-0.30	649	0	-649	593	421	-172
R4	67.10	65.90	-1.20	1404	395	-1009	1796	471	-1325
R5	54.90	54.20	-0.70	965	56	-909	867	348	-519
R6	60.50	59.65	-0.85	1541	56	-1485	828	267	-561
平均	61.88	61.09	-0.78	1161	99	-1062	979	362	-617
SD	8.24	8.01	0.31	320	147	284	420	66	388

$\Delta_1$ : [運動後-運動前]  $\Delta_2$ : [摂取量-消費量]  $\Delta_3$ : [摂取量-損失量]

被験者と午後の被験者の平均値の間には有意な差がなく、R群とC群の間には有意差が認められた。R群では飲料摂取の機会がC群よりも少ないということが影響した可能性もあるが、水分摂取量自体には両群間で有意な差が認められないことから、水分バランスに認められた両群間の差異は、両群間の水分摂取行動の差に起因するのではなく発汗量の差に起因するものといえよう。

## 4 論議

### 4.1 運動処方 of 諸問題

#### 4.1.1 成立と変遷

「運動処方」という用語は1960年頃に生まれ<sup>18)</sup>、1968年 WHO が開催した「成人の望ましい体力に関する科学委員会」<sup>17)</sup>の論議を契機として、1970年代にその大枠が定まった。例えば、アメリカでは1971年からアメリカスポーツ医学会 (ACSM) によって「運動負荷試験と運動処方の指針」の作成が始り、1973年に第一版<sup>1)</sup>が刊行された。また、1978年には「フィットネスの維持向上のための適

正な運動の質と量」と題する公式見解<sup>2)</sup>が発表された。そこでは、「最大酸素摂取量の50~80%の強度で15~60分の持続的運動を週に3~5日行う」という基準が示された。日本でも1971年から体育科学センターによる研究が開始され、1976年には「健康体力づくりマニュアル」<sup>3)</sup>が刊行された。内容としては、運動の強度と時間との対応関係を強調した点を除いては ACSM の指針とほぼ同等であった。

1980年代に入ると、これらの指針に基づく運動処方が広く実践されるようになったが、一方で、様々な疑問や批判が投げかけられるようになった。例えば、米国公衆衛生局では最大酸素摂取量の60%以上で週に3日20分以上運動するという基準をもうけ、1990年までに基準以上の運動をしている人の割合を18~64歳で60%以上、65歳以上では50%以上とする目標を立てた<sup>33)</sup>。しかし、実際にその基準を満たした人の割合は8~22%にとどまり<sup>6)</sup>、現場の関係者からは、強度の目標値自体が非現実的だという声が高まるようになっていた<sup>22)</sup>。当時

の基準では、庭いじりや散歩といった身体活動は、 $60\% \dot{V}_{O_{2max}}$ 以上の運動に比べて容易で日常的であるにもかかわらず、「運動」としては認知されていなかったのである。そして、そのような信念は、日常的に活動的になり得る人々の運動意欲に水を差す恐れがあるとも警告された<sup>20)</sup>。また、運動プログラムのコンプライアンスも問題であった。一般の運動プログラムにおける平均的なドロップアウトの割合は約45%<sup>12)</sup>、ACSMの基準に従ったものでは25~35%<sup>28)</sup>であると報告されている。つまり、日常的な身体活動が様々な疾患のリスクを減らし体力を向上させることがわかっているのに、与えられた処方に従う(Comply)ことができず、みすみす不活動になっていく人々がいる、という現実があった。

このような状況の下で、ACSMは1990年に上記公式見解を改訂するにあたって、「健康」と「体力」との区別を行い、そこで定める基準は体力を維持向上させるためのもので、健康増進のためには別の見解が必要であることを明言した<sup>3)</sup>。それを受けて、1995年にはCDCと共同で「身体活動と健康」と題する報告を刊行した<sup>27)</sup>。そこでは、「(ちょっとした機会を積み重ねて)身体活動の総計が毎日30分以上になるようにして、身体活動による1日のエネルギー消費の総計を200kcal以上になるようにしよう」という指針が示されている。これは、日常生活の運動習慣を高めることで健康を増進させようという狙いの下で、従来の運動処方が課してきた束縛を取り除く試みの一つであるといえる。ところが、実際には日常の身体活動の機会を増やすような行動変容の方法としての運動処方の意義は十分には解明されていない。それどころか、運動実践を伴わない健康教育や認知/行動療法でも代替できるといわれている<sup>3)</sup>。

#### 4.1.2 新たな運動処方の模索

運動処方では、運動の強度、時間、頻度、種類という4つの変数を規定することが多い。このうち、コンプライアンスに大きく影響するのは運動の強度である<sup>9)</sup>。運動強度の指標としては、酸素摂取量( $\% \dot{V}_{O_{2max}}$ )や心拍数(HR)が用いられるが、その基準は次のように決定されてきた。例え

ば、あるグループをトレーニングさせて、40%の強度では $\dot{V}_{O_{2max}}$ の平均値が有意には増加しないが50%の強度でトレーニングすると有意に増加するという結果から、 $\dot{V}_{O_{2max}}$ を向上させるためには50% $\dot{V}_{O_{2max}}$ 以上の強度で行うべきであるという基準ができる。ところが、個人個人に注目すると、30%や40%の強度でも $\dot{V}_{O_{2max}}$ が向上する人もいるし、50%強度でトレーニングしても向上しない人もいる。このような個人差は、従来の運動処方の基準には組み込むことができなかった。それどころか、万人を対象とする効果を保証するために、強度の基準はより高いレベルに設定される傾向にあった。なにしろ、95%の人々に効果が現われるほどに十分なレベルまで強度を高めないで、「有意な」効果があるとは認められないのである。

「処方の基準が少々強くなってしまっている人がいても、怪我をしなければ良いではないか」と考えられるうちは問題ないのであるが、実際の所はその悪影響は重篤ではない愁訴とコンプライアンスの低下として発現したのであった。40%程度の強度でも辛く感じる人もいるし、60%でも物足りなく感じる人もいる。「辛さ/物足りなさ」は運動に伴う様々な感覚刺激の認知の程度を反映するが、同じ認知レベルを得るために必要な感覚刺激の量が、体力の低い人や内向的な人では少ない<sup>21)</sup>。「辛さ」は生理的な負荷を過大にして筋骨格系の障害の危険を高める<sup>29)</sup>。したがって、体力の低い人ほど紋切り型の運動処方についていけない可能性が高い。

このような問題を解決する手法として注目されているのが、運動実施者の主観に基づいた運動強度の設定(preferred intensity)である。なにしろ、自分で強さ(ペース)を定めるのであるから、そのコンプライアンスについて考える必要がない。各自の好みによって選択される強度は、体力レベルが高いほど大きくなる。Bar-Orら(1972)<sup>4)</sup>は中年男性を対象とした実験を行い、それが活動的で肥満度の少ない被験者では肥満傾向にある座業従事者よりも高くなると報告した。ただ、その相対強度はどちらの群も50% $\dot{V}_{O_{2max}}$ 程度であると報告しているが、持久的競技選手では75% $\dot{V}_{O_{2max}}$ に達するという報告<sup>11)</sup>もあり、体力レベルが高いほど各自が選択する相対強度も高くなると考えられ

ている。つまり、弱い人は弱いなりに、強い人は強いなりに、各自にみあったレベルの強度で運動できるという「ある種の基準」を与える可能性がある。

もちろん、「弱いなり」といってもそれが所望の効果をもたらさなければ意味がないのであるが、身体トレーニングの効果は被験者の体力レベルに依存し、同じ内容のトレーニングであっても、体力の弱い人ほど大きな効果が得られることが知られている。言い替えると、体力の低い人ほど低い強度でも効果を現わしやすいくということになる。したがって、*preferred intensity* という運動処方基準にトレーニング効果を期待するのは自然なことであったといえる。

#### 4.2 快適強度の意味

本研究では、自転車とランニングという2種類の運動様式について、種目の選択を被験者の嗜好に委ね、*preferred mode and intensity* の条件下で比較を行い、さらに、運動を30分間行わせた場合と、1時間30分程度行わせた場合とで、快適ペース運動の生理応答に及ぼす運動時間の影響を検討した。その主要な知見は、以下のとおりである。

1. 30分間の快適ペース運動の強度を心拍数から見ると、R群がC群よりも高かった。しかし、RPEおよび血中乳酸濃度からみた運動強度には種目間で有意差がなかった。
2. 心拍数をモニターしているという条件下で、運動時間が長くなっても快適ペースの平均心拍数は30分間運動の場合と同等だった。しかし、終了時のRPEは30分運動より高くなる例が多く、前後の血中乳酸濃度増加量については逆に長時間運動の方が少なかった。
3. 飲食の補給を十分に行っても、快適ペースの運動中に消費されるエネルギーと水分を賄うことは困難であった。

##### 4.2.1 運動種目の比較

心拍数、RPE、血中乳酸濃度は、(直線的かどうかは別にして) いずれも負荷強度の増大に対応し

て増加する変数である。したがって、運動強度の指標とすることができる。これら相互の関係は被験者によっても異なるが、同一の被験者であっても運動種目によって異なることが知られている。例えば、Hassmen (1990)<sup>10)</sup>は、座業従事者(S)、自転車選手(C)、マラソンランナー(R)、オールラウンド選手(A)の4群について自転車運動とランニングにおける上記3種の強度指標間の関連を調べた。心拍数とRPEとの関係をプロットすると、SとAでは同一のRPEであってもランニングのほうが自転車運動より心拍数が高くなるが、Cではその差はほとんどなく、逆にRでは差が倍加した。RPEが心拍数やその他諸々の生理刺激情報の総合されたものだと考えるならば、ランニングや自転車といった特異的な動作のトレーニングによって、当該動作での「きつさ」を認知するためにより多くの生理情報を必要とする(言い替えると、「鈍く」なる)ようになるということを示し、上記結果は意味している。そして、もともとの「認知の感度/鈍さ」は運動種目によって異なり、ランニングの方が自転車運動よりも「低い/鈍い」ということになる。*preferred intensity* あるいは快適ペースといっても、被験者は生理レベルというよりはむしろ認知レベルの情報に基づいて強度あるいはペースを選択するわけであるから、心拍数などの生理指標でみた運動強度には種目間の差異があることが予想される。

中島(1995)<sup>24)</sup>は、同一の被験者が「好みの強度」でランニングと自転車走行の両方を行った際の運動強度を比較し、ランニングの方が運動中の平均心拍数が高くなることを示した。このことは、「快適ペース」という同一の指示の下で同様に運動したとしても、循環系の生理的応答が異なる可能性があることを意味している。ただし、実験終了後に両種目の嗜好を尋ねたところ、ほとんどの被験者は自転車走行のほうが快適であると回答した。本研究では、種目の選択を被験者の嗜好に委ねたが、やはり先の結果と同等の結果が得られた。すなわち、この両種目間に見られる「選択される強度」の差異は、被験者の嗜好によるというよりも種目特有の運動形態に起因するものといえるだろう。ただし、Ceci & Hassman (1991)<sup>7)</sup>は、同一

のRPEでのトレッドミル走とフィールド走との心拍数を比較し、後者のほうが高くなることを示した。したがって、本研究で観察された種目間の差異は、運動力学的な「動き」の差異に起因するというだけでなく、環境も含めた様々な要因が包括的に影響していると考えたほうが良いだろう。

#### 4.2.2 運動時間の影響

本実験で行った予備運動と主運動とは、いずれも「快適ペース」での走行を指示しており、被験者に与えられた選択強度の指示は同一である。しかも、主運動時には、被験者は前日の予備運動時の平均心拍数を目標にして走行することが許された。両者の違いは大ざっぱに言えば走行距離であるといえる。その観点から本研究の結果をみると、運動中の平均心拍数は両試行間で同等であった。もちろん、心拍数をモニターしているという条件下であるので、平均心拍数が同等であるというのはある意味で当然の結果であるが、終了時のRPEは30分の予備運動より高くなる例が多く、前後の血中乳酸濃度増加量について逆に長時間運動の方が少なかったという点は、注目に値する。自転車エルゴメーターによる一定負荷強度の長時間運動において、RPEの経時的変化は、 $\dot{V}_{O2max}$ やHR、換気量の経時的増大(ドリフト)と対応しない<sup>19)</sup>ことが知られているので、本研究で見られた運動持続に伴うHRとRPEの乖離自体は驚くことではないが、HRがほぼ一定に保たれ、血中乳酸濃度ならびに血圧の上昇が抑制されたにもかかわらず、RPEが増大する原因は不明である。Robertsonら(1990)<sup>30)</sup>は、長時間運動時のRPEに及ぼす血糖値の重要性を指摘しているが、本研究では主運動後の血糖値は運動前よりも高い傾向(予備運動に比べてRPEが2ポイント以上増加した6名の被験者のうち4名は運動後で血糖値が増大している)にあり、本研究のRPEの増大を血糖値から説明することはできない。同様に、Ht値あるいは体温で説明することもできない。

#### 4.2.3 長時間運動時のエネルギーおよび水分のバランス

著者<sup>25)</sup>は、昨年度の本誌においてATを基準と

した自転車運動の処方の事例を報告し、予測した時間で完走できたものの、飲食を自由に摂取させても摂取エネルギー量および水分量が消費エネルギー量ならびに発汗量を下回っていることを示した。本研究では、ATという基準が快適ペースに置き換わっただけで、C群の被験者は前年同様に40kmを走ったわけであるが、やはり、飲食共に需要を満たすことができなかった。

しかし、消費エネルギーに対する摂取量の差が最も大きく2000kcalを上回った被験者C2でさえ、運動後の血糖値は前値を下回っておらず、この程度の運動の場合では体内のグリコーゲンと脂肪とでエネルギー需要を賄うことができると考えられる。また、摂取した水分量もほとんどの被験者で大幅に不足したが、Ht値は運動前後でほとんど変化しておらず、摂取飲料不足が脱水を招来するというものもなかった。したがって、2時間以内の快適ペース運動であれば、飲食の不足があってもそれ自体が危険をもたらすものではないといえることができるだろう。

では、2時間以上継続したらどうなるだろうか。水分に関しては運動中の暑熱条件にもよるが、困難な事態に陥ることは想像に難くない。栄養についても、2000kcalを大幅に上回るエネルギー源を体内蓄積に求めるのは現実的ではない。ところで、Mylesら(1986)<sup>23)</sup>は、運動時のRPEを「報告させる(response)」プロトコルと、事前に指示したRPEでの運動を「やらせる(production)」プロトコルとで、負荷強度とRPEとの対応を調べたところ、両者は一致するものの、長時間にわたって一定負荷あるいは一定RPE運動を行わせた場合、前者ではRPEが経時的に増大し、後者では負荷が低下することを示した。ある意味ではあたりまえの結果であるが、主観的強度を常に意識して運動していれば、疲労に応じて自然と負荷を低下させるように応答できるということから、後者のほうがより安全な処方であると結論されている。ひるがえって、前年の著者の報告と本研究とを比較すると、前者ではATという強度を「与えている」のに対して、後者は「快適ペース」を意識させているという点で、Mylesら<sup>23)</sup>の対比と類似している。すなわち、「快適ペース」という主観的強

度を常に意識させている限り、飲食の供給が必要量を満たさなかったとしても、血糖値の低下やHt値の低下という事態が生じた時点で、「快適ペース」を維持するために物理的強度あるいは生理的強度が自然と減じられていくという可能性が高い。

#### 4.3 運動処方展望

本研究を通じて達成しようとしている著者の最終的な目標は、健康増進のための望ましい運動処方の姿を探索することである。そのために、現時点で注目されている「perferred intensity」について生理学的意味を探ったのが本研究の当面の目的であった。しかし、実際の所は真の意味での「perferred intensity」を実現することは難しい。例えば、本研究の予備運動では30分間という目標時間が「与え」られ、主運動においては40kmあるいは16kmという距離が「与え」られている。本研究の被験者は事前の説明において「途中で棄権してもなんら不利益にならない」ことが十分に伝えられ、同意書への署名に際してもその記述を目にしている。しかしながら、いざ運動が始まってみると、「途中で止めてもよい」という意識は薄くなっていくようである。主運動直後の被験者の内省報告の中には、「辛かった」、「快適とはいえない」、「不快だった」、「快適ではなくなってしまった」というような記述が散見された。

先にも記したが、運動処方では運動の強度、時間、頻度、種類という4つの変数を規定することが多い。快適ペースでのperferred intensityは、このうちの強度についての基準/目標を取り除く試みであるといえる。しかしながら、上記のように、時間/距離の目標が定められていれば、強度を随意に選択してもよいとはいえ、途中で止めることはNo-complianceであり、場合によってはドロップアウトと同等に感じられる可能性がある。その目標が時間であれば、ペースを落とすことで疲労感に対処しても時が解決するが、走行距離が目標となるとペースを落とすという対処が逆に苦しみを増大させることにつながるかもしれない。ある被験者は直後の内省報告の中で、「16kmを完走するということは私にとってそれ自体あまり快適で

はなかったもので、とにかく早く終わらせたかった」と記していた。この被験者も、実験前には一応被験者を志願したわけで、いやいややらされたと感じているわけではないと思われる。しかし、いざ雨の中を走行してみると不快感を禁じることができず、それでもなお「止めること」よりも「早く終わらせること」を「選択していた」ということは、注目に値する。つまり、強度だけを被験者の嗜好に委ねたとしても、他の要件で基準あるいは目標が定められているかぎり、コンプライアンスの問題を完全に解決することにはならない。おそらく、運動処方を規定する4つの変数は数値にならないところで相互に関連していて、完全な独立変数とはいえないのであろう。「perferred intensity」をさらに発展させて真の意味で「perferred exercise」とするためには、全ての変数をperferredする必要がある。それを「処方」とよべるかどうかは不明だが、1980年代以降の「運動処方」が歩んできた道が、その基準の緩和と日常生活での活動度を高めるという行動変容への指向とみなすならば、「処方」という用語の束縛から逃れる努力も一考に値するであろう。

#### 追記、謝辞

本実験は、私が担当する演習I（身体運動の生理科学）の授業の一環として行われたものであり、履修しているすべての学生および教務補助員が参加した。その参加者および役割分担は以下の通り。中島葉子（健康科学専攻D1：監督）、佐藤吉朗（健康科学専攻M2：伴走）、栗原耕次（伴走）、高桑俊介、高野一郎、加藤浩、寺田新、青山憲司、浦野剛、西巧、吉田国夫、田畑有希子、奥村悟、諏訪隆丸、佐藤成展（以上被験者）、松岡美奈子、若林幹子、玉瀬理枝、耕田和佳、堀内祐樹、北出篤史、新村万里、安井博美（以上測定）、福島豊司、元岡幸子（以上補給）、浅野邦義（連絡）、田沼礼子、須加井道子（以上記録）、堀田義勝（自転車調達整備）。さらに、前年の教務補助員であった林直亨君（大阪大学助手）にも協力頂いた。

なお、軽井沢での実験にあたっては、井出製菓株式会社（軽井沢町成沢9-130）の協力をいただき、同社前の歩道に実験本部を設けることができ

た。ここに記して感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) American College of Sports Medicine : Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lea & Febiger, 1973.
- 2) American College of Sports Medicine : Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. Med. Sci. Sports Exerc., 1978.
- 3) American College of Sports Medicine : Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. Med. Sci. Sports Exerc., 22 : 265-274, 1990.
- 4) Bar-Or, O., et al.: Physiological and perceptual indicators of physical stress in 41 to 60 year old men who vary in conditioning level and body fat. Med. Sci. Sports Exerc., 4 : 96-100, 1972.
- 5) Borg, G.: Perceived exertion as an indicator of somatic stress. Scand. J. Rehab. Med., 2: 92-98, 1970.
- 6) Caspersen, C.J. et al.: Status of the 1990 physical fitness and exercise objectives-evidence from NHIS 1985. Public Health Rep., 101: 587-592, 1986.
- 7) Ceci, R. and Hassmen, P.: Self-monitored exercise at three different RPE intensities in treadmill vs. field running. Med. Sci. Sports Exerc., 23: 732-738, 1991.
- 8) Dishman, R.K. and Sallis, J.: Determinants and interventions for physical activity and exercise. In: C. Bouchard (Ed.) Physical Activity, Fitness, and Health. Human Kinetics Publishers, 1994, pp. 214-238.
- 9) Dishman, R.K.: Prescribing exercise intensity for healthy adults using perceived exertion. Med. Sci. Sports Exerc., 26: 1087-1094, 1994.
- 10) Dishman, R.K., et al.: Responses to preferred intensities of exertion in men differing in activity levels. Med. Sci. Sports Exerc., 26: 783-790, 1994.
- 11) Farrell, P.A., et al.: Increase in plasma  $\beta$ -endorphin/ $\beta$ -lipotropin immunoreactivity after treadmill running in humans. J. Appl. Physiol., 52: 1245-1249, 1982.
- 12) Franklin, B.A.: Program factors that influence exercise adherence: practical adherence skills for the clinical staff. In: R.K. Dishman (Ed.), Exercise Adherence: Its Impact on Public Health. Human Kinetics Publishers, 1988, pp. 237-258.
- 13) Gordon, N.F., et al.: Life style exercise: A new strategy to promote physical activity for adults. J. Cardiopulmonary Rehabil., 13: 161-163, 1993.
- 14) 橋本公雄ほか：快適自己ペース走による感情の変化に影響する要因—ジョギングの好き嫌いについて—。スポーツ心理学研究, 20 : 5-12, 1993.
- 15) 橋本公雄ほか：快適自己ペース走の再現性の検討。健康科学, 16 : 57-64, 1994.
- 16) Hassmen, P.: Perceptual and physiological responses to cycling and running in groups of trained and untrained subjects. Eur. J. Appl. Physiol., 60: 445-451, 1990.
- 17) 猪飼道夫：望ましき成人の体力とその維持—WHOの会議から—。体育の科学, 18 : 739-743, 1969.
- 18) 猪飼道夫：運動処方。体育の科学, 21 : 236-239, 1971.
- 19) Ljunggren, G.R., et al.: Prolonged exercise at a constant load on a bicycle ergometer: ratings of perceived exertion and leg aches and pain as well as measurements of blood lactate accumulation and heart rate. Int. J. Sports Med., 8: 109-116, 1987.
- 20) Montana, T.: From activity to eternity. Phys. Sportsmed., 14(6): 156-164, 1986.
- 21) Morgan, W.P.: Psychological components

- of effort sense. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26: 1071-1077, 1994.
- 22) Murphy, P.: Reaching objectives for 1990 doubtful. *Phys. Sportsmed.*, 13(10) : 50-58, 1985.
- 23) Myles, W.S. and Maclean, D.: A comparison of response and production protocols for assessing perceived exertion. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55: 585-587, 1986.
- 24) 中島葉子：快適と感じる運動の生理学的評価。早稲田大学修士論文, 1995.
- 25) 中村好男：初心者を対象としたサイクリング運動処方事例～初めての走行で40km/2時間走行は可能か～。人間科学研究, 8 : 191-198, 1995.
- 26) 小野寺孝一, 宮下充正：全身持久性運動における主観的強度と客観的強度との対応性。体育学研究, 21 : 191-203, 1976.
- 27) Pate, R.R., et al.: Physical activity and public health: A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273: 402-407, 1995.
- 28) Pollock, M.L.: Prescribing exercise for fitness and adherence. In: R.K. Dishman (Ed.), *Exercise Adherence : Its Impact on Public Health*. Human Kinetics Publishers, 1988, pp. 259-277.
- 29) Pollock, M.L. et al.: Injuries and adherence to walk/jog and resistance programs in the elderly. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23: 1194-1200, 1991.
- 30) Robertson, R.J., et al.: Blood glucose extraction as a mediator of perceived exertion during prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 61: 100-105, 1990.
- 31) 体育科学センター編：健康づくり運動カルテ。講談社, 1976.
- 32) 体育科教育研究会編：「体育学実験・演習概説」, 大修館書店, 1979.
- 33) US Dept of Health and Human Services (PHS) publication: *Promoting health/preventing disease: objectives for nation*. 1980.