

長距離走における走行速度と運動の強度の関係

—ビルドアップ・トレーニングについて—

川上雅之*・榎本 豊**・猪木原孝二*・松原 孝*・太田正和*

*岡山理科大学教養部

**岡山理科大学教務部

(1990年9月30日 受理)

I 緒 言

長距離走は、クーパー (Cooper, K. H.) にも提唱される⁷⁾ ように有酸素運動 (aerobic exercise) の代表的なものである。長距離走において最も重要な課題は、ある一定の速度をいかに長く持続させて走行することができるかということである。当然走行速度が増せば、身体に加わる運動強度も大きくなり^{1) 4) 14) 16) 21)}、持続できる走行距離は知縮される¹⁷⁾。長距離選手にとってある一定の速度で走行距離を延長させることは、記録に挑戦する選手個々に課せられた最大の課題であろう。その課題を解決するための対策は、走行時の速度と選手個々の身体機能の関係について解明することである。運動強度と身体機能の関係については、過去に数多くの研究報告がみられる^{1) 5) 8) 10) ~13) ~20) 22)} が、それらの多くはよく鍛練された優秀な競技能力を備えた著名な選手が対象として取り上げられている。しかし、実際に走行時における運動強度が身体機能に与える影響について解明がとくに必要なのは、競技能力が優秀な者ではなく、逆に競技能力としては未熟な選手及び長距離の愛好者であろう。なぜなら、その人達は、適正なトレーニング負荷を加えることにより、顕著な競技能力の向上が期待できる^{19) 22)} からである。また、不適正なトレーニングは、オーバーワークなどの無理なトレーニング負荷から逆に故障及び障害を引き起こす⁴⁾ ものである。したがって、選手が故障などの障害に陥らないで効果的なトレーニングを遂行するためには、個人のもつ持続的な運動能力を基礎にして、走行速度と走行距離から受ける身体的影響について明確にする必要がある。一般的には持続的な運動能力は、個々の長距離走における最高記録と最大酸素摂取量 (以下 $VO_2 \max$ と称す) によって判定する^{2) 4) 6) 8)}。したがって、適正なトレーニング負荷の範囲は、選手個々の動的な持続的な能力と潜在的にもっている $VO_2 \max$ の両方から検討する必要がある。

本研究は、現在長距離種目の選手がトレーニングの方法として活用しているビルドアップ・トレーニング (build-up training) を取り上げ、心拍数 (以下 HR と称す) を基礎にして、トレーニング中の走行速度と運動強度の関係を明らかにし、トレーニング時の適

正な運動強度の範囲を検索する目的で実験したものである。

これは、build-up training のみならず、今後長距離種目のトレーニング方法において問題になる走速度と持続距離の関係、さらにはトレーニング負荷の範囲、さらには持久的運動時に発現するとされている死点 (dead point)⁴⁾ の機序を解明するための手掛かりになるものといえる。

II 実験方法

1. 被験者

被験者は、年齢が 19.8 ± 1.2 才の大学陸上競技部に所属する男子の中・長距離選手10名である。ただし、実験は、被験者を実験日によりグループA (5名) とグループB (5名) の2グループに分けて実施した。被験者の競技歴は、大体3年から5年間の選手集団である。

被験者の身体的特性については、Table 1 に示すとうりである。

Table 1 The physical characteristics of subjects

	age (y)	B. W. (kg)	H. (cm)	VO ₂ max (ml/m ² •kg)	MBC (l/m.)	HRrest (beats)	HRmax (beats)	VC (l)	FEVI% (%)
No. 1	21	52.1	163.5	57.0	127	58	190	3.49	98.9
No. 2	20	52.3	163.0	75.1	163	58	201	4.38	93.6
No. 3	18	55.4	165.1	60.1	100	55	187	4.01	88.0
No. 4	19	57.3	170.3	54.7	104	44	196	4.98	98.6
No. 5	19	58.9	171.0	73.9	110	67	193	4.47	95.5
No. 6	22	55.5	171.0	61.4	122	61	198	5.08	99.4
No. 7	19	52.8	173.0	58.2	120	58	197	4.35	95.5
No. 8	20	60.6	169.3	82.0	160	66	198	4.68	82.1
No. 9	19	62.2	171.6	53.9	103	49	194	5.32	91.0
No.10	19	55.9	170.0	52.3	100	53	192	4.82	84.7
Mean	19.8	55.5	168.9	62.7	121.9	56.7	194.0	4.56	93.1
SD	1.2	2.8	3.7	10.5	22.8	7.4	4.7	0.4	6.1

2. トレーニングの方法

トレーニングは、走行距離を12000mに定めた build-up training である。build-up training における速度の切り換え区分は、第1次区分がスタートから6000mまで、第2次区分が6000mから9000mまで、第3次区分が9000mから10500mまで、第4次区分が10500mから12000mまでの4段階に区分した。

3. 走行速度の設定

build-up training における走行速度の設定（以下設定速度と称す）は、被験者の1500mの最高記録を100%の競技能力として、1秒間当たりの最高速度を算出し各区分の設定速度を考えた。設定速度は、スタートから6000mまでの第1次区分が約65%から70%、6000mから9000mまでの第2次区分が約70%から75%、9000mから10500mまでの第3次区分が約75%から80%の範囲で各区分毎に走行速度の切り換えをするように考えた。そして、10500mから12000mまでの第4次区分については、各自がフリーに全力走行する区間にした。フリーの区間は、被験者に各々の最高速度の90%以上で走行することを期待している意向をあらかじめ伝えておいた。したがって、設定速度から算出した距離に対する時間は、スタートから6000mまでが75秒/300m、6000mから9000mまでが68秒/300m、9000mから10500mまでが65秒/300mの走行速度になり、10500mから12000mの最終区間については各自の競技能力に応じてフリーに全力走行させた。

4. 運動強度の推定

運動強度は、走行中のHRの動向と最高心拍数（以下HRmaxと称す）からカルボネン（Karvonen, M）⁶⁾の方式によって、HRから推定する運動強度（以下%HRmaxと称す）を算出した。また、走行中のHRの動向から酸素摂取量（以下VO₂と称す）を推定した。VO₂maxは、実験指定日より1週間前に実験室において自転車エルゴメーター（Monark）によるオストランド（Astrand, P, O）⁴⁾の負荷漸増法²⁾によって測定した。走行中のHRは、スポーツ・テスターPE3000（Canon）により1分間毎に胸部誘導法によって測定記録した。採取したHRは、コンピューター・システムにより解析処理した。

5. 競技能力の判定

競技能力の判定は、1500mの自己最高記録を競技能力の100%と考えて、1500mにおける1秒間当たりの走行速度を算出した。したがって、競技能力は、選手個々の1秒間当たりの最高速度で判定した。

6. 実験日

実験日は、グループAが1989年10月24日（天候晴れ・気温18.5℃）、グループBが同年10月31日（天候晴れ・気温19℃）の2日間に分けて実施した。

Ⅲ. 実験結果

1. 走行速度について

被験者の走行速度は、トレーニング時における1500m毎のスプリット・タイムによって1秒間当たりの速度（以下トレーニング速度と称す）を算出した。

Table 2は、トレーニング速度と各自の最高速度に対する比率を示したものである。各自の最高速度に対する比率は、トレーニング速度を1500mにおける自己最高記録時の走

Table 2 The running speed of every 1500m during bulid-up training on 1200m run

	0m-1500m	-3000m	-4500m	-6000m	-7500m	-9000m	-10500m	-12000m
Group A	4.13	4.16	4.10	4.05	4.37	4.37	4.64	
No. 1	67.7	68.2	67.2	66.4	71.6	71.6	76.1	5.43 89.0
No. 2	66.6	67.1	66.1	65.3	70.5	70.5	74.8	5.45 87.9
No. 3	68.0	68.5	67.5	66.7	72.0	72.0	76.4	5.54 91.3
No. 4	67.5	68.0	67.0	66.2	71.4	71.4	75.8	5.58 91.2
No. 5	68.0	68.5	67.5	66.7	72.0	72.0	76.4	5.36 88.3
Group B	4.11	4.09	4.09	4.13	4.37	4.39	4.62	
No. 6	64.9	64.6	64.6	65.2	69.0	69.4	73.0	5.91 93.4
No. 7	67.4	67.0	67.0	67.7	71.6	72.0	75.7	5.24 85.9
No. 8	69.9	69.6	69.6	70.2	74.3	74.7	78.6	5.08 86.4
No. 9	69.5	69.2	69.2	69.9	73.9	74.3	78.2	5.17 87.5
No.10	70.7	70.4	70.4	71.1	75.2	75.6	79.5	4.79 82.4

upper row : running speed of every 1500m (m/sec.)

under row : percentage (%) of the training record to best record on 1500m run

行速度で除した(トレーニング速度/自己最高速度)ものである。また、Fig・1は、被験者の1500m毎のトレーニング速度について示したものである。競技速度とトレーニング速度の関係は、両グループとも大体設定された速度の範囲で各区間を走行している。平均的には、両グループともスタートから6000mまでの速度が最高速度の70%弱であり、各選手とも設定したトレーニング速度の範囲(65%から70%)で走行している。6000mから9000mまでの間のトレーニング速度は、平均的に70%から75%を示し、これも設定速度の範囲(70%から75%)であった。また、9000mから10500mの区間のトレーニング速度は、平均的に75%から80%を示した。これも、設定した速度の範囲(75%から80%)であった。しかし、10500mから12000mまでのフリー走行の区間は、トレーニング速度が82%から94%と被験者間に大きな幅があり、被験者によっては以外にスピードアップがされてなく、90%以上にチェンジアップできている被験者はグループAの中ではNo.3とNo.4の2人、グループBの中ではNo.6が1人であった。また、逆に走行速度が85%程度にしか上昇することのできなかつた被験者は、No.10の1人であり、その速度も4.79m/秒とフリーの走行区間に入る前に比較してトレーニング速度も約3%程度しか上昇されなかつた。

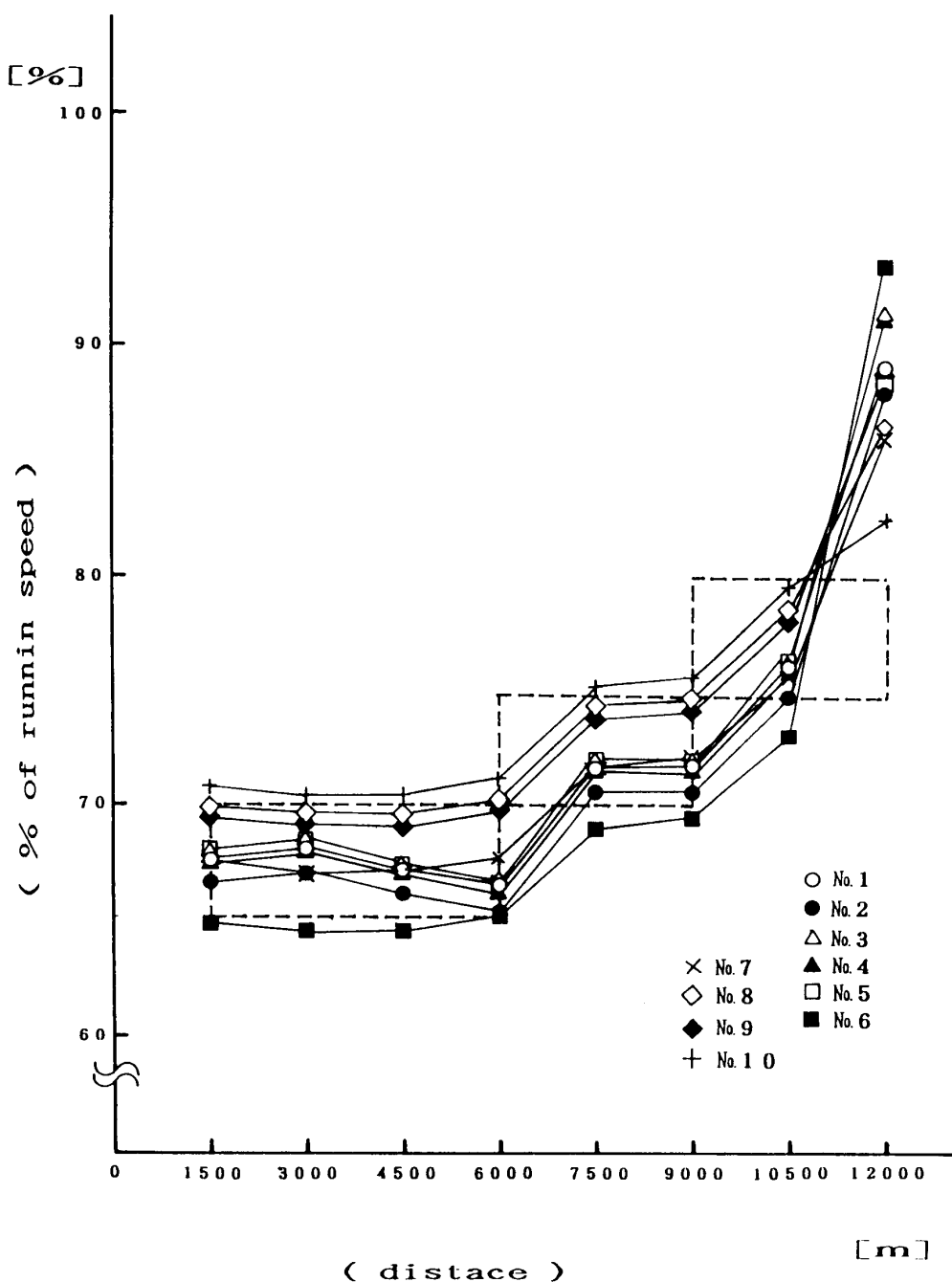


Fig. 1 The training speed of every 1500m during build-up training on 12000m run.

2. 心拍数について

Table 3は、走行中のHRからKarvonenの方式により%HRmaxを算出⁶⁾したものである。走行速度が4.11m/秒(グループA及びグループB)を示したスタートから6000mまでの間の%HRmaxの平均は、71%から77%HRmaxの範囲であった。とくに1500mから6000mまでの4500mの区間は、比較的安定したHRの定常状態(steady state)⁴⁾を示している。ただし、No. 2、No. 3及びNo.10の3人の被験者は、81%から82%HRmaxと

Table 3 The % HRmax of every 1500m during bulid-up training on 12000m run

	0m-1500m	-3000m	-4500m	-6000m	-7500m	9000m	10500m	-12000m
Group A								
No. 1	71.2	70.3	72.4	67.4	72.18	76.27	77.4	84.4
No. 2	77.9	81.1	80.7	78.9	81.4	88.5	96.1	93.1
No. 3	79.4	79.2	80.3	82.2	80.8	82.7	83.8	90.0
No. 4	69.3	74.4	73.7	69.9	71.4	80.0	79.0	87.9
No. 5	72.2	74.0	74.0	74.0	75.1	81.1	83.0	87.8
Mean	74.0	75.8	76.2	74.5	76.2	81.7	83.9	88.6
SD	4.4	4.3	4.0	6.1	4.7	4.5	7.3	3.2
Group B								
No. 6	66.3	72.3	73.0	76.2	80.1	83.8	87.6	92.3
No. 7	67.5	73.5	74.8	73.8	77.4	83.9	86.1	90.1
No. 8	72.9	76.8	74.2	79.2	79.4	83.8	85.2	90.5
No. 9	73.2	74.0	74.2	74.8	76.0	81.6	83.7	87.2
No.10	75.9	79.0	80.5	81.6	82.0	86.1	86.3	93.8
Mean	71.2	75.1	75.3	77.1	79.0	83.8	85.8	90.8
SD	4.1	2.7	3.0	3.2	2.3	1.6	1.4	2.5

他の被験者に比較して高いHRの反応を示した。また、走行速度が4.11m/秒（グループA及びグループB）を示したスタートから6000mまでの間の%HRmaxの平均は、70%から77%HRmaxの範囲であった。とくに1500mから6000mまでの4500mの区間は、比較的安定したHRの定常状態（steady state）⁴⁾を示している。ただし、No. 2、No. 3及びNo.10の3人の被験者は、81%から82%HRmaxと他の被験者に比較して高いHRの反応を示した。また、走行速度が両グループとも4.37/秒を示した6000mから7500mまでの区間は、グループA及びグループBともに80%HRmax前後を示しており、スタートから6000mまでの区間のHRの状態と比較しても大きな変化は認められなかった。しかし、ここでもNo. 2とNo. 3及びNo.10の3人の被験者については、他の被験者に比較して高いHRの反応を示しているが、4500mから6000mまでの状態から考えれば大きな変化とはいえないものであった。また、4.37m/秒（グループA）及び4.39/秒（グループB）の走行速度を示した7500mから9000mまでの区間は、両グループとも大体82%から84%HRmaxを示した。ここでは、No. 2とNo.10の2人の被験者が86%から89%HRmaxという高い状態を示している。走行速度が4.64m/秒（グループA）及び4.62m/秒（グループA）を示した9000mから10500mの区間は、両グループとも平均値が84%から86%HRmaxに上昇している。しかし、全体的には、前区間の7500mから9000mと比較して大きな変化は認められなく、No. 2のように96.1%という高い数値を示している被験者もあるが、その他の被験者については比較的

安定した状態を示した。10500mから12000mまでのフリー走行の区間は、平均的にグループAが5.40m/秒、グループBが5.04m/秒の走行速度を記録した。%HRmaxの平均は、グループAが $88.6 \pm 3.2\%$ HRmax、グループBが $90.8 \pm 2.5\%$ HRmaxと非常に高い反応を示した。しかし、ここではフリー走行の追い込み区間であるにもかかわらず、%HRmaxが90%まで到達していない被験者がNo.1, No.4とNo.5及びNo.9の4名もいる。この点については、今後%HRmaxと走行速度及び持続距離の関係について明確にする必要がある。

3. 最大酸素摂取量から推定した運動強度

VO₂maxから推定した走行中の運動強度は、走行中のHRから推定したVO₂maxの何パーセント（以下%VO₂maxと称す）⁴⁾に当たるかということをもとに求めたものがTable 4に示した数値である。スタートから6000mまでの区間は、平均的にグループAが73%から75

Table 4 The % VO₂max of every 1500m during bulid-up training on 12000m run

	0m-1500m	-3000m	-4500m	-6000m	-7500m	-9000m	-10500m	-12000m
Group A								
No.1	81.6	80.4	82.4	77.7	82.1	85.9	87.0	93.4
No.2	65.8	67.2	66.9	65.5	67.4	72.7	78.3	76.0
No.3	66.0	65.9	66.6	67.8	66.9	68.1	68.7	72.5
No.4	81.6	85.4	84.9	82.0	83.1	89.6	88.9	95.5
No.5	72.9	74.4	74.4	74.4	75.4	80.5	82.1	86.2
Mean	73.6	74.7	75.0	73.5	75.0	79.4	81.0	84.7
SD	7.9	8.4	8.5	6.8	7.7	8.9	8.0	10.2
Group B								
No.6	71.4	75.9	76.4	78.9	81.9	84.6	87.5	91.1
No.7	77.1	82.2	83.3	82.5	81.1	91.1	93.0	96.4
No.8	54.4	56.8	55.2	58.2	58.3	60.9	61.7	64.9
No.9	80.8	81.5	81.6	82.0	83.0	87.2	89.0	91.5
No.10	85.6	87.9	89.0	89.9	90.2	93.3	93.4	99.1
Mean	73.9	76.9	77.1	78.3	78.9	83.4	84.9	88.6
SD	12.1	12.0	13.0	11.9	12.1	13.0	13.2	13.7

VO₂max、グループBが74%から79%VO₂maxであった。しかし、No.1, No.4, No.7, No.9及びNo.10の5人の被験者は、80%VO₂maxという比較的高い数値を示した。6000mから7500mの区間は、グループAが75%VO₂max、グループBが78.9%VO₂maxと前区間に比較して大きな変化は認められなかった。7500mから9000mまでの区間は、グループAが79.4%VO₂max、グループBが83.4%VO₂maxであり、全体的には前区間より約4%か

ら5%程度の上昇が認められるものであった。個人的には、No.4, No.7及びNo.10の3人の被験者が90%VO₂max以上の高い数値を示している。9000mから10500mの区間は、平均的にグループAが81.0%VO₂max, グループBが84.9%VO₂maxを示したが、前区間と比較して大体同程度の状態を示しており、呼吸機能においても安定した steady state を維持している。しかし、ここでもNo.7及びNo.10の2人の被験者は、90%VO₂max以上の高い数値を示した。10500mから12000mのフリー走行の区間は、平均的にグループAが84.7%VO₂max, グループBが88.6%VO₂maxを示した。そして、%VO₂maxが90%以上を示した被験者は、No.1, No.4, No.6, No.7, No.9及びNo.10の6人の被験者であった。また、No.8の被験者については、逆に64.9%VO₂maxしか認めることができなかった。

4. 競技能力と走行速度の関係

被験者の競技能力とトレーニング速度の関係は、Table 2 及び Table 3 の数値から両者の相関関係について調べた。グループAの相関関係は、スタートから1500mまでが $r=0.51$, 1500mから3000mまでが $r=0.46$, 3000mから4500mまでが $r=0.52$, 4500mから6000mまでが $r=0.55$ であった ($P<0.1$)。また、6000mから7500mまでの相関関係数は $r=0.50$, 7500mから9000mまでは $r=0.29$, 9000mから10500mまでは $r=0.10$, 10500mから12000mまでは $r=-0.40$ であった ($P<0.1$)。これらの相関関係は、いずれもの区間においても低い関係しか認められなかった。グループBの相関関係は、スタートから1500mまでが $r=0.29$, 1500mから3000mまでが $r=0.19$, 3000mから4500mまでが $r=0.15$, 4500mから6000mまでが $r=0.21$ であった ($P<0.1$)。また、6000mから7500mまでの相関関係数は $r=0.04$, 7500mから9000mまでは $r=0.06$, 9000mから10500mまでは $r=0.23$, 10500mから12000mまでは $r=-0.63$ であった ($P<0.1$)。ここでも、グループAと同様にいずれもの区間においても両者の相関関係は低いものしか認められなかった。つぎに、10500mから12000mの走行速度が、自己最高記録から計算して90%以上にアップしたNo.3, No.4及びNo.6の3人の被験者について各区分毎の傾向を調べた。No.3のスタートから12000mまでの走行速度と%HRmaxの相関関係は、 $r=0.94$ ($P<0.01$) であり、回帰方程式は $Y=0.34x+57.9$ が求められた。No.4については、相関係数が $r=0.89$ ($P<0.01$) であり、回帰方程式は $Y=0.52x+37.8$ であった。No.6については、相関係数が $r=0.81$ ($P<0.01$) であり、回帰方程式は $Y=0.52x+42.6$ であった。逆に10500mから12000mのトレーニング速度が自己最高記録から計算して82.4%しかアップしなかったNo.10については、相関係数が $r=0.92$ ($P<0.01$) であり、回帰方程式は $Y=0.88x+0.6$ であった。しかし、各被験者とも build-up training における走行速度とHRの反応は、低い勾配の上昇率しか認められない直線式であった。

IV. 考 察

長距離種目のトレーニング方法である build-up training は、比較的遅い速度からス

タートして段階的に速度を速めながら身体的負荷を強め、持久的能力を養成するトレーニング方法である⁴⁾。このトレーニングの特色は、競技能力が異なる集団を同一にトレーニングすることのできる事が利点でもある。しかし、build-up training における問題点は、競技能力の異なる集団を同一にトレーニングするため、負荷する運動の強度とその切り換え時期が重要な鍵になる²⁰⁾²²⁾。すなわち、トレーニング時の走行速度の設定とスピードの切り換え時期の検討ということである。これは、build-up training のみならず陸上競技における長距離種目のトレーニングを遂行していくうえで、考えなければならない共通の課題といえる。また、スピードの切り換え区分については、比較的長い距離の build-up training を負荷する場合には、その区間を大きく4区分に分割して走行速度の設定をする必要がある。なぜなら、持久的運動能力を向上させるためには、第1段階が運動開始から steady state の形成、第2段階が steady state の形成から走行速度の維持、第3段階が運動強度の引き上げ、第4段階がさらに運動強度を高め身体の機能的な追い込みをはかる時期の4段階で構成する必要がある¹⁾⁴⁾¹⁹⁾²²⁾。

今回の実験は、競技能力的に差のある集団を同一にトレーニングした場合に、身体に現れる反応から build-up training におけるチェンジアップ率について検索しようとしたものである。したがって、スタートからフリー走行の区間に入るまでの10500mまでの間は、設定速度を被験者個々の最高記録から算出した最高速度に対して、トレーニング速度を65%から80%の範囲で各区間毎のチェンジアップ率を考えた。これは、競技能力的にバラツキのある集団を同一にトレーニングする場合、全員の被験者が走行可能な速度を維持するためである。問題は、トレーニング速度が80%からフリー走行の区間に入った時の走行速度の維持についてである。つまり、フリー走行の区間に入った時に、被験者がどの程度のスピードにチェンジアップできるかということである。さらに今回の実験のように、フリー走行の区間が1500mという比較的短い距離の場合には、個人の最高速度に対してどの程度の比率で走行速度をチェンジアップし、そのスピードを維持することが可能であるかということである。そのような意味において、今回の実験はトレーニング時に被験者の身体に現れる影響として、HR及びVO₂を基礎にして%HRmax と%VO₂max から運動強度を考え、トレーニング速度の検討をしたものである¹⁾⁶⁾。

設定したトレーニング速度は、スタートから steady state の形成がなされるまでの1500mの区間と、steady state の形成がなされ身体の機能を維持させて走行する1500mから6000mまでの4500mの間は、走行速度が65%から70%の設定した速度の範囲に維持されており、速度的にはトレーニングの競技能力差について問題がないものと考えられる。steady state の形成は、Astrand⁴⁾、黒田⁸⁾、村瀬⁹⁾、榎本³⁾、加賀谷⁵⁾等の報告に見られるように、今回の実験においても steady state の発現時間がスタートから2分から4分間で認められており、距離的には1500m以降に steady state が構築されるものと判断して差し支えないといえる。しかし、%HRmax から考えた場合、2名の被験者に安静時

のHRが低いにもかかわらず、80%HRmax 以上の反応が確認されているということは、第1次区分において予測した運動強度の領域を越えており、競技能力及びVO₂max からトレーニング集団の範囲について検討する必要があると思う。これは、%VO₂max についても同様の結果が確認されており、競技能力的にバラツキが大きな集団の場合、競技能力のみでトレーニング強度の設定をすることには少々無理があるといえよう。しかし、持久的な運動能力として山地²¹⁾²²⁾、Astrand⁴⁾、Costill^{10)~13)}等は運動性徐脈及びHRとVO₂の関係を取り上げている。このことは、安静時のHRが低く、運動時においてHRの反応が少ないということは、運動時のVO₂も高いということを示しており、持久的運動時におけるHRの反応と運動強度の関係については慎重に検討する必要がある。これらの関係因子は、今後 build-up training における運動強度の設定を考えるうえで、重要な決定因子になるものといえる。build-up training の運動強度の設定が最終のフリー走行の区間のスピードを決定する鍵になるからである。つぎに、第2次区分である6000mから9000mまでの3000mの間の速度は、設定した速度の70%から75%の範囲に維持されている。また、%VO₂max については、第1次区分にあたるスタートから6000mまでの区間よりも、むしろ第2次区分の方が安定したVO₂を示しているようであり、呼吸機能としては比較的無理のない安定した状態を示しているものと判断できる。したがって、競技能力的にバラツキの大きな集団の場合、第2次区分に導入するまでの第1次区分の走行速度を、62%から70%で設定するよりも60%から65%で設定する方が距離進行時におけるスピードアップの切り換えとしては、身体の機能に影響が少ないと考えられる。なぜなら、競技能力の差により身体機能に及ぼす反応が異なるからである。しかし、%HRmaxは、7500mから9000mまでの1500mの間が平均的に4%から5%の上昇率が確認されている。これは、Astrand⁴⁾のいう距離進行にともなう循環機能の疲労現象の発現と判断することができる。したがって、第2次区分の走行速度を65%から75%の範囲で切り換えた場合の steady stateの維持は、距離的に考えて7500mから9000mまでの間が限界点とみることができる⁹⁾。中でも2人の被験者は、7%から9%の上昇率が確認されており、とくに循環器系機能への影響が大きいようである。さらに、第3次区分にあたる9000mから10500mまでの1500mの間は、設定速度を75%から80%に上昇させたにもかかわらず、各被験者とも安定した速度で遂行している。しかし、各被験者の%HRmax 及び%VO₂max は、平均的に80%を越え始めている。この結果は、距離進行による呼吸・循環機能の疲労現象と同時に個々の競技能力的な差にも顕著な動向が発現し始めたことを意味するものである。とくに、%HRmax 及び%VO₂max がともに90%を越えている被験者については、トレーニング強度としては非常に大きな負荷になっていることを身体の反応から伺うことができる。したがって、build-up training におけるグループ分類は、競技能力と潜在的な持久的能力によってある程度の集団を構成しなければ、トレーニング時の設定速度を決定するうえで無理が生じるといえる。なぜなら、競技能力によってトレーニング途中のチェンジアップ

率に無理があり、最終区分に全力走行する走力が維持できないからである。山地は、 VO_2 とHRの関係について、両者は正比例の関係にあり、 VO_2 は作業強度の高まりに比例して増加すると述べて²¹⁾ いる。これは、潜在的に選手個々がもつ持続的な能力である VO_2 が長距離走行時の距離の延長を決定する重要な因子になるものといえよう。また、最終区間の第4次区分である10500mから12000mは、被験者が各自の競技能力に応じてフリーに全力走行する区間であり、少なくとも速度を90%以上にアップさせることを期待した。つまり、build-up training の目的が、ある程度の速度を維持しながら距離進行と負荷強度を高め、最終区間に最大限の追い込みを負荷することにより個々の呼吸・循環機能を向上させることである。これは、過負荷の原則 (over load) に基づき、身体機能の向上を期待するものである⁴⁾。しかし、現実的には今回の実験で90%以上の走行速度にチェンジアップした被験者は、3名であり第3次区分から第4次区分にチェンジアップする率が10%上昇されることについては、競技能力的に劣るものについては無理があるであろう。それは、%HRmax 及び% VO_{2max} がいずれの被験者も、90%以上に追い込みがなたれているにもかかわらず、走行速度が上昇していないということである。第2次区分及び第3次区分の設定速度に問題があり、競技能力から走行速度の範囲について検討する必要がある。この点について Davies¹⁵⁾、Costill¹¹⁾ 等は、最大作業が近づくにつれて VO_2 は増加するがHRはある一定の数値より高くはならないという。つまり、長距離種目においてトレーニング強度を検討するうえで、選手個々の競技能力とHRmax 及び VO_{2max} の3点の関係を究明することが重要な鍵になる。ただし、今回の実験において確認できたことは、ある程度の競技能力を備えた競技者で呼吸・循環機能が優れている者については、build-up training のトレーニング速度を各区分毎に10%のチェンジアップ率で切り換えをしても、フリー走行の区間を90%以上の速度に上昇させ、スピードを維持させることが可能と思われる。しかし、競技能力的に低い競技者には、トレーニング速度の上昇を10%で切り換えることについては、フリー走行の区間である程度のスピードを維持することには少々無理が生じるといえよう。つまり、build-up training を負荷するうえで、効率的なトレーニング効果を期待しようとしたとき、被験者の集団は競技能力的に同程度のものでスピードアップの切り換えをはかる必要があるものといえる。したがって、今後 build-up training の運動強度及び距離の区分を検討するうえで、ある程度選手個々の競技能力及び呼吸・循環機能から集団の構成と分類を追求していく必要があるであろう。また、build-up training における分割の距離区分については、走行距離から検討しなければならない問題である。

V. 要 約

陸上競技歴の浅い競技者に、12000mの build-up training を負荷し、走行中のHRから走行速度と身体機能の関係について調べたところ、つぎのことが判明した。

1. 第1次区分であるスタートから6000mまでの間の走行速度は、被験者の最高速度から考えて65%から70%に設定したところ、被験者の%HRmax 及び%VO₂max について大きな影響もなく走行速度を維持することができた。
2. 第2次区分である6000mから9000mまでの3000mの間の走行速度は、被験者の最高速度から考えて70%から75%の速度に設定した。その結果、%VO₂max が90%以上、%HRmax が88%程度の値を示した被験者がみられたが、各被験者とも設定した走行速度を維持することができた。
3. 第3次区分である9000mから10500mまでの1500mの間の走行速度は、被験者の最高速度から考えて75%から80%の速度に設定した。ここでも、%VO₂max が90%以上、%HRmax が96%を示す被験者がみられたが、走行速度は各被験者とも維持することができた。
4. 第4次区分は、10500mから12000mまでの1500mの間であり、フリーに全力走行する区間である。この区間のスピードは、平均で88.3%までスピードアップすることはできたが、期待値の90%以上にチェンジアップできた被験者は3名しかいなかった。
5. 以上の結果、競技能力の異なる集団を同一にトレーニングする build-up training において、競技能力的に大差のない集団であれば、走行速度が最高速度の65%から70%の範囲でスタートし、各区間毎の速度の切り換えを10%の範囲でチェンジアップすることは、適当な運動強度の範囲と考えられる。しかし、競技能力及びVO₂max が低位の者には、フリーに走行する区間のスピードを90%以上にチェンジアップし走行させるためには、途中区間のスピードの切り換えを10%の率でチェンジアップするには少々無理があるといえる。

参考文献

- 1) 朝比奈一男他：作業強度の生理的水準について，体力科学，20：190-194，1971
- 2) American College of Sports Medicine，：The recommended quantity and quality of exercise for developing and mainaining fitness in the healthy adults，Med. Sci. Sports，10，7-10，1978
- 3) 榎本豊他：VO₂max から推定するロングインターバル・トレーニングの身体的影響-5000m 走の場合-，岡山理科大学紀要，25A，349-360，1990
- 4) Astrand P.-O.， et al.，：Textbook of Work physiology，Mcgraw-hill，295-518，1970
- 5) 加賀谷熙彦：持久走成績の持久性指標としての意義，体育の科学，vol. 36，352-356，1986
- 6) Karvonen, M., et al., : The effects of training on heart rate, Ann. Med Exper. Fenn., 35, 307-315, 1957
- 7) Cooper, K.H., : The new aerobics, T. Evans and Company, 25-180, 1970
- 8) 黒田善雄他：日本人一流選手の最大酸素摂取量，第1報，日本体育協会スポーツ科学研究室報告，1968
- 9) Gutin, B., et al. : Oxygen consumption in the first stages of strenuous work as a function of prior exercise, J. Sports Med., 16, 60-65, 1976

- 10) Costill D.L., et al., : Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med. Sci. Sports*, 5, pp. 248-252, 1973
- 11) Costill, D.L. et al., : Determinants of marathon running success. *Int. Z. Angew. Physiol.* 29 : 249-254, 1971
- 12) Costill, D.L. et al., : Glycogen utilization in leg muscles of men during level and uphill running. *Acta Physiol. Scand.* 91 : 475-481, 1974
- 13) Costill, D.L. : Metabolic responses during distance running. *J. Appl. Physiol.* 28 : 252-255, 1970
- 14) 新畑茂充他 : 中高年ランナーの血清脂質について, *スポーツ医学*, vol. 7, no. 7, 805-810, 1990
- 15) Davies, C. T. M. : Limitation to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. *J. Appl. Physiol.* 24, pp. 700-706, 1968
- 16) Drinkwater, D.L. et al., : Responses of young female track athletes to exercise. *Med. Sci. Sports.* 3 : 56-62, 1972
- 17) 野田晴彦 : マラソントレーニングにみるトレーニングの限界, *スポーツ医学*, vol. 7, no. 5, 573-577, 1990
- 18) 松井秀治 : 女子マラソン選手の体力, *体育の科学*, vol. 33, 193-197, 1983
- 19) 村瀬豊他 : 発育期にある陸上競技中・長距離優秀選手の有酸素的作業能, および長距離走行中の酸素摂取水準, *体育学研究*, vol. 17, no. 5, 273-274, 1973
- 20) 高松薫他 : 持久走における心拍数と酸素摂取水準との関係に及ぼす運動経過時間の影響, *体育学研究*, vol. 28, no. 2, 153-161, 1983
- 21) 山地啓司 : 心拍数の科学, p 17, p 19, 大修館, 1981
- 22) 山地啓司他 : 持久性トレーニング(強度, 時間, 頻度, 期間)の最大酸素摂取量への影響, *体育学研究*, vol. 32, no. 3, 167-175, 1987

The Correlation between Running Speed and Work Load by the Build-up Training on 12000m Run Inferred from Heart Rate (HR) and Maximal Oxygen Uptake (VO_2max)

Masayuki KAWAKAMI*, Yutaka ENOMOTO**, Koji INOKIHARA*,
Tkashi MATSUBARA* and Masakazu OHTA*

*Faculty of Liberal Arts and Science

**Department for Academic Affairs

Okayama University of Science

1-1 Ridaicho, Okayama 700, JAPAN

(Received September 30, 1990)

The purpose of this study was analysis on the results of physical function affected by the build-up training of 12000m run from maximal oxygen uptake (VO_2max). The subjects in this study were middle and long distance runners of 10 male college students of 18 to 22 (19.8 ± 1.2). The influence of physical function was analysis by the results of heart rate(HR) during 12000m run.

The following results were obtained :

- 1) The second stage of build-up training between start and 6000m in 12000m run. The training speed of first stage was from 65% to 70% of best record on 1500m race of the each subjects.
- 2) The second stage of build-up training between 6000m and 9000m in 12000m run . The training speed of the second stage was from 70% to 75% of best record on 1500m race of the each subjects.
- 3) The third stage of build-up training between 9000m and 10500m in 12000m run. The training speed of the third stage was from 75% to 80% of best record on 1500m race of the each subjects.
- 4) The fourth stage of build-up training between 10500m and 12000m in 12000m run. The training speed of the fourth stage was from 82% to 93% of best record on 1500m race of the each subjects.
- 5) Therefore, the most important things on the build-up training $\%VO_2max$ and $\%HRmax$ per running speed of each runner by the work load during build-up training.