

心拍数から考える山間部走とトレーニング

—— ロングインターバル・トレーニングと運動強度 ——

川上 雅之・猪木原孝二・松原 孝・岩崎 英人*

岡山理科大学 教養部

*山陽学園女子短期大学

(1992年9月30日受理)

1. 緒 言

陸上競技において山間部を利用したトレーニングは、総合的な体力強化のためのトレーニングとして中長距離の選手に比較的良好に活用されるもの²⁾⁸⁾²⁶⁾である。それは、山間部という特殊な環境から平地を利用したトレーニングよりトレーニングの効果が顕著に得られるということから、試合期を離れて走り込みを中心とした鍛練期のトレーニングとして、しばしば活用されるところのものである⁸⁾²⁸⁾³⁰⁾。さらに山間部を利用したトレーニングは、普通のトラックを中心としたトレーニングでは得ることができない、総合的な体力の強化がトレーニング効果として期待できることにある⁶⁾⁸⁾。つまり、山間部という特殊な環境条件の変化からくる不規則的な運動刺激が、心肺機能のみならず総合的な筋力の強化にも繋がるという理想的なトレーニング^{1)6)8)25)27)~30)}である。しかし、持久力の養成を目的としたトレーニングにおいて重要なことは、トレーニングにおける負荷強度の設定である⁶⁾⁸⁾。とくに山間部のトレーニングでは、選手の競技能力の相違がトレーニング強度の設定にも直接的に影響するもので、選手の競技能力を十分把握したうえでトレーニング強度を設定しなければならないものである。また山間部のトレーニングは、顕著なトレーニング効果が期待できると同時に、故障等のマイナス面の要素も多分に含んでいると考えられる⁶⁾⁸⁾。なぜなら、山間部のトレーニングは、アップダウンという環境条件の変化が運動強度の変化になって顕著なトレーニング効果を得ることができるが、反面トレーニングの方法を間違えば選手に能力以上の負荷を要求するため、オーバーロードになり故障の原因にもなる²⁾⁶⁾⁸⁾。したがって、山間部のトレーニングでは、適正なトレーニング強度の設定とトレーニングコースの選択を十分に吟味して、トレーニング計画を編成しなければならないといえる。それは、上り坂及び下り坂と平地の組み合わせを運動負荷との関係から、コースの条件として考える必要がある。さらに、より大きいトレーニング効果を期待するためには、各区分間におけるペースの設定ということが重要な条件になるといえよう。

そこで今回は、上り坂及び下り坂と平地の三種類を組み合わせたコースをトレーニングの場所に選定した。そして、各区分毎に走行速度が身体に与える影響について究明するこ

とを目的に、心拍数から走行速度と運動強度の関係について検討した。

その結果、山間部を利用した坂道走行をインターバル・トレーニングに活用する際の重要課題であるトレーニング速度と運動強度の関係について、運動中の心拍数から分析したところ、適正なトレーニング速度と運動強度の関係が確認できたので報告する。

2. 実験方法

1. 被験者

被験者は、大学の陸上競技部に所属する年歳が19歳、20歳と21歳の3名の男子長距離選手である。

被験者の陸上競技歴は、大体8年から9年間の経験があり、陸上競技における競技能力としては中堅の選手に該当する。

被験者の身体的な特性については、Table 1に示すとおりである。

2. 方法

トレーニングの場所は、鳥取県大山寺近郊の山間部(標高約900m)を利用して実施した。

トレーニングのコースは、1600mの上り坂(傾斜勾配12%)、1500mの下り坂(傾斜勾配11%)及び900mの平地の3種類の区間を組み合わせた周回コース(4km)を選んだ。

トレーニング時の負荷強度については、すべての区間を被験者個々の競技能力の80%に相当する速度で走行することをあらかじめ選手に指示した。

実施した時期は、1991年7月31日から8月6日までの駅伝合宿期間中の8月1日(以下1st. Tと称す)と8月3日(以下2nd. Tと称す)の2日間に今回のトレーニングを負荷した。トレーニング日の天候は、外気温が30°C前後の晴天日であった。トレーニングの時間は、午後4時から6時30分までである。またインターバル・トレーニングは、1st T. が3回、2nd T. が2回の負荷回数で実施した。トレーニングとトレーニングの間のインターバルは、15分から17分間の動的休息(ジョギング)を採用した。

Table 1 physical characteristics of subjects

	sub. 1	sub. 2	sub. 3
age(y)	21	22	19
height(cm)	171.0	164.5	170.5
weight(kg)	56.0	52.0	57.0
VC(l)	4.19	4.69	4.96
VO ₂ max(ml/kg. min.)	73.9	75.1	53.9
MBC(l/min.)	140	163	116
HRrest(beats/min.)	56	58	56
HRmax(beats/min.)	198	201	192
Hb(g/dl)	12.4	14.3	14.6

3. 結 果

1. 上り坂走行と心拍数

上り坂走行と心拍数の関係は、坂道の傾斜角度と走行距離が運動の負荷強度を示すものであり、それらの環境条件が心拍数に及ぼす影響は非常に大きいものであると考えられる¹⁾⁶⁾⁸⁾。今回の実験に利用した上り坂走行における環境条件は、走行距離が1600mで傾斜角度が12%の上り坂コースである。傾斜勾配が12%の上り坂は、運動の負荷強度としては非常に大きな運動強度であり、走行速度についても平地走行時の体感速度とは大きな相違があるものと考えられる。

上り坂区間における走行速度は、1st T.の第1回目（以下1st. T-1と称す）では sub. 1が3.04m/sec, sub. 2及び sub. 3が3.31m/secであった。被験者のトラックの1500mにおける最高記録から算出する平均走行速度は、sub. 1が6.25m/sec, sub. 2及び sub. 3が6.33m/secである。したがって、トレーニング速度は、被験者のトラック走行時の平均走行速度に対して sub. 1が48.6%, sub. 2及び sub. 3が52.3%に相当する速度であった。1st. T.の第2回目（以下1st. T-2と称す）における走行速度は、sub. 1が3.24m/sec, sub. 2及び sub. 3が3.38m/secであった。これは、被験者の平地における平均走行速度に比較して sub. 1が51.8%, sub. 2及び sub. 3が53.4%に相当する走行速度であった。また1st. T.の第3回目（以下1st. T-3と称す）における走行速度は、sub. 1が3.48m/sec, sub. 2及び sub. 3が3.29m/secであった。これは、被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が55.7%, sub. 2及び sub. 3が52.0%に相当する走行速度といえる。したがって、1st. T.のトレーニング速度は、被験者の平地における平均走行速度に対して大体49%から56%に相当する速度でトレーニングが遂行されたことになる。つぎに2nd. T.の第1回目（以下2st. T-1と称す）における走行速度は、sub. 1が3.13m/sec, sub. 2及び sub. 3が2.81m/secであった。これは、被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が50.0%, sub. 2及び sub. 3が44.4%に相当する走行速度であった。2st. T.の第2回目（以下2st. T-2と称す）の走行

Table 2 The mean of heart rate (beats/min.) during uphill training

	sub. 1	sub. 2	sub. 3
1st. T-1	165.2 (10.2)	163.7 (18.0)	160.4 (20.0)
1st. T-2	164.0 (17.7)	156.0 (25.4)	167.3 (19.0)
1st. T-3	157.5 (16.4)	161.9 (16.1)	132.7 (32.9)
2nd. T-1	162.0 (13.1)	152.2 (12.7)	138.9 (24.3)
2nd. T-2	160.1 (18.5)	164.0 (16.6)	158.1 (14.4)

() : S. D.

速度は, sub. 1, sub. 2及び sub. 3のいずれの被験者においても3.25m/secを示した。これは, 被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が52.0%, sub. 2及び sub. 3が51.3%に相当する速度である。したがって, 2st. Tのトレーニング速度は, 被験者の平地における平均走行速度に対して大体45%から52%に相当する速度でトレーニングが遂行されることになる。これは, 1st. Tのトレーニング速度に比較して2st. Tの方が平均で5%程度低いトレーニング速度であった。

被験者の実験室における最高心拍数(以下 HRmax-Lと称す)は, Table 1にみられるとおりである。Table 2は, 上り坂走行におけるトレーニング中の平均心拍数(以下 HRmean-Tと称す)について示したものである。

上り坂走行における HRmean-Tは, 被験者の HRmax-Lに比較して大体80%から90%に相当する運動強度であった。また HRmean-Tは, 各被験者とも標準偏差が非常に大きく(±10から30)認められている。そして被験者がトレーニング中に最高心拍数(以下 HRmax-Tと称す)に到達する時間は, 走行開始後4分から5分経過した後に確認されている。これは, 距離的にみてスタート後約700mから800mに相当する距離である。また HRmax-Tに到達する時間は, トレーニング回数の増加に伴い, 走行速度に相違は認められないが次第に遅くなる傾向が認められた。

Fig. 1は, sub. 3における1st. T-1のトレーニング中の心拍数の経過について示したトレンドグラフ(以下グラフと称す)である。このグラフでは, HRmax-Tに到達するまでの経過及び定常状態の形成が確認できる。グラフにみる HRmax-Tは, 被験者の HRmax-Lの約90%に相当するものである。したがって, 上り坂区間におけるトレーニング速度と運動強度の関係は, 走行速度が平地走行時の50%程度であるが, 運動強度は90%の負荷強度

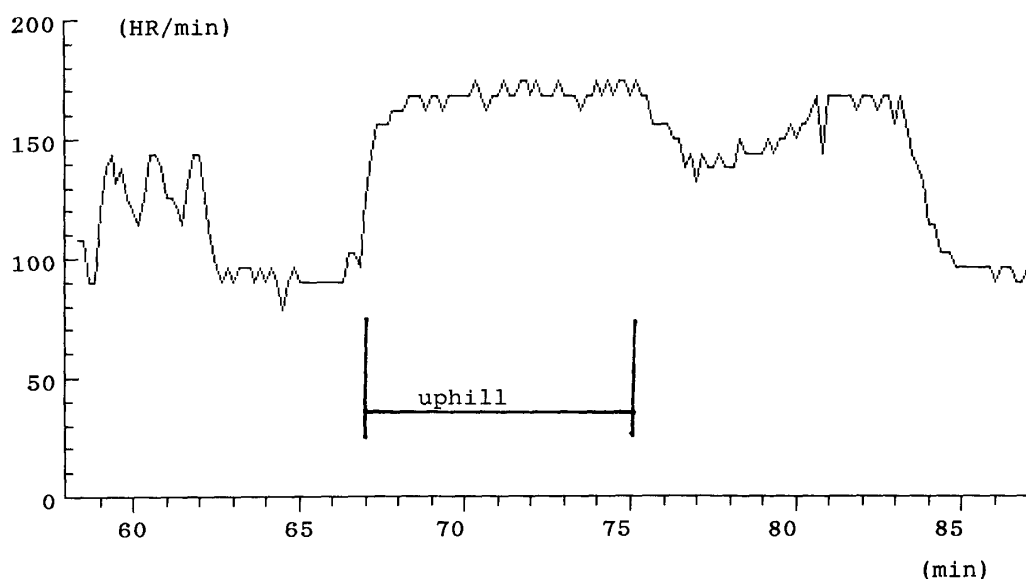


Fig. 1 Heart rate during uphill training of sub.3

として発現しているといえよう。

2. 下り坂走行と心拍数

今回の下り坂走行に利用したコースは、傾斜勾配が11%で1500mの距離である。傾斜勾配が11%の下り坂走行は、被験者のランニングフォームが身体の機能に大きな影響を与えらるゝと考えられる⁴⁾¹⁰⁾。つまり、下り坂走行が身体に与える影響とは、加速度的に加わる速度の上昇からくる膝関節及び腰、内臓への衝撃の影響である⁸⁾。また落下重からくる総体的筋力の相違が、運動強度の相違となって現れるものである⁹⁾。

下り坂区間における平均走行速度は、1st. T-1では sub. 1が4.87m/sec, sub. 2及び sub. 3が4.81m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が77.4%, sub. 2及び sub. 3が76.0%に相当する速度であった。1st. T-2における走行速度は、sub. 1が5.50m/sec, sub. 2及び sub. 3が5.26m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が88.0%, sub. 2及び sub. 3が83.1%に相当する速度である。さらに1st. T-3における走行速度は、sub. 1が6.17m/sec, sub. 2及び sub. 3が6.36m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度に比較して sub. 1が98.7%, sub. 2及び sub. 3が100.5%に相当する速度であった。したがって、1st. T の走行速度は、平地における走行速度に対して大体76.0%から100.5%に相当する速度でトレーニングが遂行されたことになる。また2st. T-1における走行速度は、sub. 1が5.12m/sec, sub. 2及び sub. 3が4.53m/sec であった。これは、被験者の平地走行における平均走行速度に対して sub. 1が81.9%, sub. 2及び sub. 3が71.6%に相当する速度であった。2st. T-2の走行速度は、sub. 1及び sub. 2が5.52m/sec, sub. 3が4.19m/sec の走行速度であった。これは、被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が88.3%, sub. 2が87.2%, sub. 3が66.2%に相当する速度であった。これらの走行速度は、被験者の平地における平均走行速度から考えて大体66%から89%に相当する速度であった。ここでもトレーニング速度は、1st-T に比較して2nd-T の方がトレーニング速度が遅くなる傾向が認められた。しかし被

Table 3 The mean of heart rate (beats/min.) during downhill training

	sub. 1	sub. 3	sub. 3
1st. T-1	149.2 (7.7)	158.6 (7.9)	150.6 (11.8)
1st. T-2	168.0 (5.3)	171.3 (6.3)	157.4 (7.1)
1st. T-3	179.3 (5.8)	161.0 (12.1)	164.8 (15.3)
2nd. T-1	155.6 (7.0)	164.2 (17.8)	129.4 (10.9)
2nd. T-2	165.9 (6.4)	170.1 (4.1)	144.2 (11.6)

() : S. D.

験者は、下り坂コースということもあって上り坂コースに比較してトレーニング速度も最高速度に近いが、それ以上の速度でトレーニングを遂行している。下り坂走行における心拍数は、Table 3に示すとおりである。下り坂走行時の心拍数は、上り坂走行時のHRmax-Tに比較して急激な下降形態を示している。しかし心拍数の動向は、上り坂区間と同様にある一定の時間を経過した後に、定常状態を形成することが確認できる。定常状態は、被験者によって相違はみられるが、下り坂走行に移行して約2分後に確認された。距離的には、下り坂走行に入って大体600mから800mに相当する距離である。定常状態における心拍数は、1st. T-1の sub. 1が 145.4 ± 3.75 beats/min., sub. 2が 153.5 ± 4.15 beats/min., sub. 3が 143.4 ± 5.18 beats/min. であった。これは、被験者のHRmax-Lに比較して74%から77%に相当するものであった。1st. T-2では、sub. 1が 163.3 ± 2.71 beats/min., sub. 2が 176.6 ± 3.07 beats/min., sub. 3が 154.0 ± 4.38 beats/min., であった。これは、被験者のHRmax-Lに対して81%から88%に相当するものである。1st. T-3では、sub. 1が 180.9 ± 4.80 beats/min., sub. 2が 171.2 ± 5.49 beats/min., sub. 3が 161.3 ± 17.0 beats/min. であった。これは、被験者のHRmax-Lに比較して84%から92%に相当するものであった。HRmean-Tは、トレーニング回数の増加に伴い高くなる傾向が認められている。また2st. T-1においては、sub. 1が 151.0 ± 2.30 beats/min., sub. 2が 149.0 ± 5.14 beats/min., sub. 3が 124.7 ± 5.66 beats/min. であった。これは、被験者のHRmax-Lに比較して65%から77%に相当するものであった。2st. T-2においては、sub. 1が 162.0 ± 2.91 beats/min., sub. 2が 168.0 ± 2.35 beats/min., sub. 3が 144.0 ± 11.92 beats/min. であった。これは、被験者のHRmax-Lに比較して76%から84%に相当するものである。ここでも、トレーニング回数の増加に伴い、HRmean-Tが高くなる傾向が認められた。Fig. 2は、sub.1の1st. T-1における

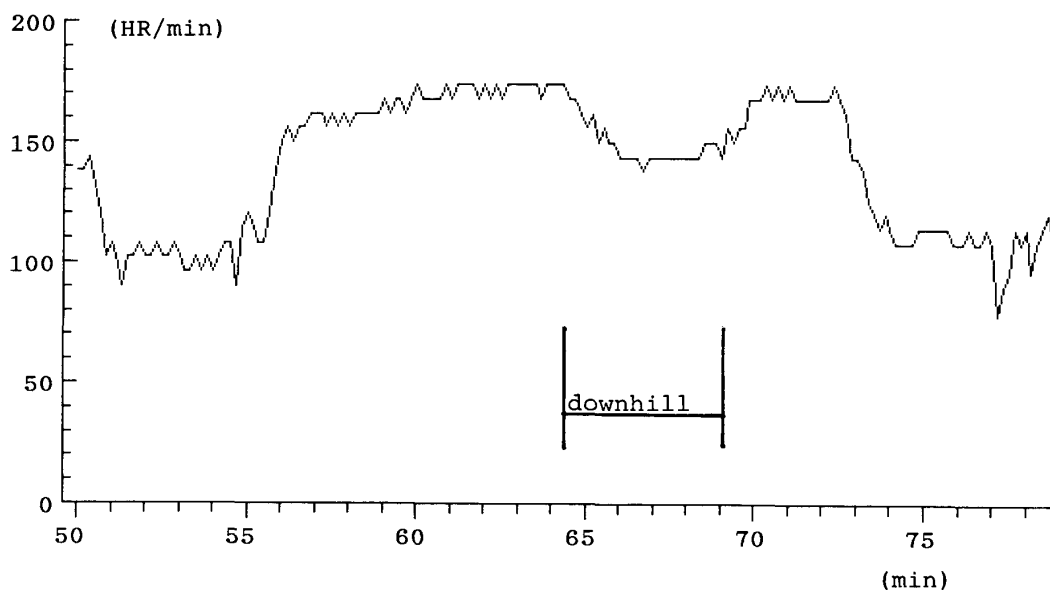


Fig. 2 Heart rate during downhill training of sub.1

心拍数の動向を示したグラフである。このグラフによっても明らかなように、下り坂区間に入った当初の心拍数は、急激な下降線をたどるがある一定の時期から定常状態の形成を認めることができる。定常状態での心拍数は、被験者の HRmax-L に比較して65%から84%の範囲であった。したがって、走行距離と運動強度の関係は、90%から100%のトレーニング速度に該当するものが70%前後の運動強度に相当するものである。

3. 平地走行と心拍数

平地走行に利用したコースは、今回のインターバル・トレーニングの中では最後の部分にあたる900mの距離である。とくにこの区間は、下り坂から平地走行に転換する部分であり、走り方としては非常に難しい区間といえる⁸⁾。

この区間の平均走行速度は、1st. T-1では sub. 1が4.95m/sec, sub. 2及び sub. 3が4.92 m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度の sub. 1が79.2%, sub. 2及び sub. 3が77.7%に相当する速度であった。1st. T-2における走行速度は、sub. 1が5.56 m/sec, sub. 2及び sub. 3が4.93m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度からすると sub. 1が89.0%, sub. 2及び sub. 3が77.9%に相当する速度といえる。さらに1st. T-3における走行速度は、sub.1が5.42m/sec, sub. 2及び sub. 3が5.63m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度に対して sub. 1が86.7%, sub. 2及び sub. 3が88.9%に相当する速度であった。これらの走行速度は、被験者の平地における平均走行速度の78%から89%に相当する速度である。また2st. T-1における走行速度は、sub. 1が5.03c/sec, sub. 2が4.92m/sec, sub. 3が4.89m/sec であった。これは、被験者の平地における平均走行速度の sub. 1が80.5%, sub. 2が77.7%, sub. 3が77.3%に相当する速度である。2st. T-2では、sub. 1, sub. 2及び sub. 3がともに5.26m/sec の走行速度を示した。これは、平地における平均走行速度に対し sub. 1が84.2%, sub. 2及び sub. 3が83.1%に相当する速度であった。これらのトレーニング速度は、被験者の平地における平均走行速度の78%から85%に相当する速度といえる。これは、トレーニング前にあらかじめ

Table 4 The mean of heart rate (beats/min.) during training of the flat-ground

	sub. 1	sub. 3	sub. 3
1st. T-1	167.6 (5.0)	166.4 (7.2)	163.3 (7.3)
1st. T-2	178.1 (5.7)	169.4 (4.7)	157.3 (17.2)
1st. T-3	180.8 (10.7)	172.6 (15.1)	145.2 (18.6)
2nd. T-1	168.7 (4.2)	107.4 (12.6)	143.0 (16.2)
2nd. T-2	172.9 (5.3)	176.8 (3.1)	153.5 (12.4)

() : S. D.

め指示した競技能力の80%に相当する速度で、トレーニングが遂行したことになる。しかしトレーニング速度は、1st. T に比較して2nd. T の方が低下する傾向が認められた。平地走行における心拍数は、Table 4 に示すとおりである。この区間における心拍数は、上り坂走行時に確認された HRmax-T に近いが、それ以上の高い数値が認められた。とくに平地走行における HRmax-T の発現は、平地走行に移行して40秒から80秒後に確認されている。これは、距離にして250m から400m を経過した後に認められている。また、定常状態での HRmean-T は、1st. T-1の sub. 1が 169.5 ± 2.71 beats/min., sub. 2が 170.7 ± 3.14 beats/min., sub. 3が 165.4 ± 6.54 beats/min., 1st. T-2の sub. 1が 179.5 ± 5.40 beats/min., sub. 2が 173.1 ± 2.18 beats/min., sub. 3が 158.0 ± 20.80 beats/min., 1st. T-3の sub. 1が 183.2 ± 4.66 beats/min., sub. 2が 176.3 ± 11.6 beats/min., sub. 3が 153.3 ± 15.60 beats/min. であった。これは、被験者の HRmax-L に比較して80%から93%に相当するものである。また、2nd. T における定常状態での HRmean-T は、2nd. T-1が 171.0 ± 4.54 beats/min., sub. 2が 169.2 ± 2.53 beats/min., sub. 3が 157.4 ± 2.63 beats/min., 2nd. T-2の sub. 1が 175.1 ± 4.50 beats/min., sub. 2が 178.4 ± 2.80 beats/min., sub. 3が 155.0 ± 8.42 beats/min. であった。これは、被験者の HRmax-L に比較して81%から89%に相当するものである。ここでも、1st. T に比較して2nd. T の方が HRmax-T が低くなる傾向が認められた。Fig. 3 は、sub. 1の1st. T-1における心拍数の動向を示したグラフである。グラフは、平地走行に入り心拍数が下り坂走行時に比較して急激な上昇線をたどるが、ある一定の時期を経過した後に定常状態を形成している。この間の HRmax-T は、被験者の HRmax-L に対して95%以上の運動強度を認めることができる。したがって、走行速度と運動強度の関係は、走行速度の85%に対して80%から95%の運動強度が確認された。

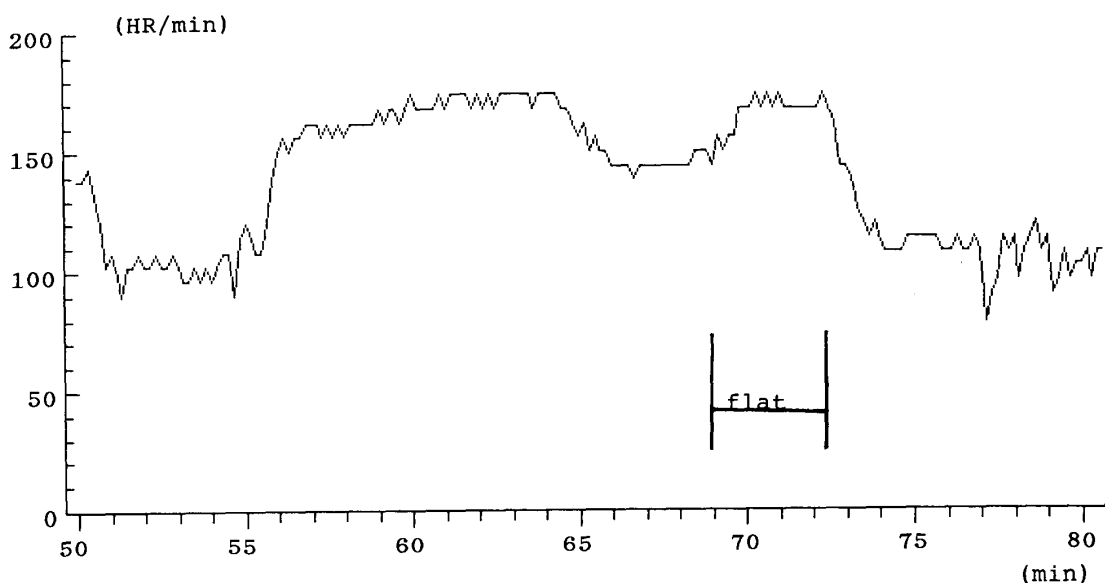


Fig. 3 Heart rate during flat-ground training of sub.1

4. トータルでの心拍数

今回の実験に利用したトレーニングコースは、上り坂と下り坂及び平地の3種類を組み合わせたものである。これは、単に山間部の不規則な環境の変化が加わるトレーニングコースではなく、上り坂、下り坂及び平地を明確に区分したものである。コースは、トータル距離を4kmに定めて、インターバル・トレーニングという形式で実施した。とくに今回のコースは、上り坂及び下り坂区間の傾斜勾配が非常に大きく、被験者には運動の負荷強度としては非常に大きな身体的負担を要求するものであった。被験者の5000mにおけるトラックでの平均走行速度は、sub. 1, sub. 2及びsub. 3ともに、5.6m/secである。トータル距離での走行速度は、1st. T-1が平地における平均走行速度の72%から75%, 1st. T-2では77%から79%, 1st. T-3では83%から84%であった。したがって、1st. Tの走行速度

Table 5 The mean of heart rate (beats/min.) during interval training of 4km

	sub. 1	sub. 3	sub. 3
1st. T-1	160.8 (11.6)	162.6 (14.0)	157.8 (16.9)
1st. T-2	167.3 (14.2)	163.9 (18.9)	162.4 (16.6)
1st. T-3	167.9 (17.3)	163.7 (15.4)	143.5 (30.2)
2nd. T-1	161.2 (11.3)	136.9 (26.0)	136.6 (20.3)
2nd. T-2	164.1 (14.9)	168.1 (13.2)	153.1 (14.5)

() : S. D.

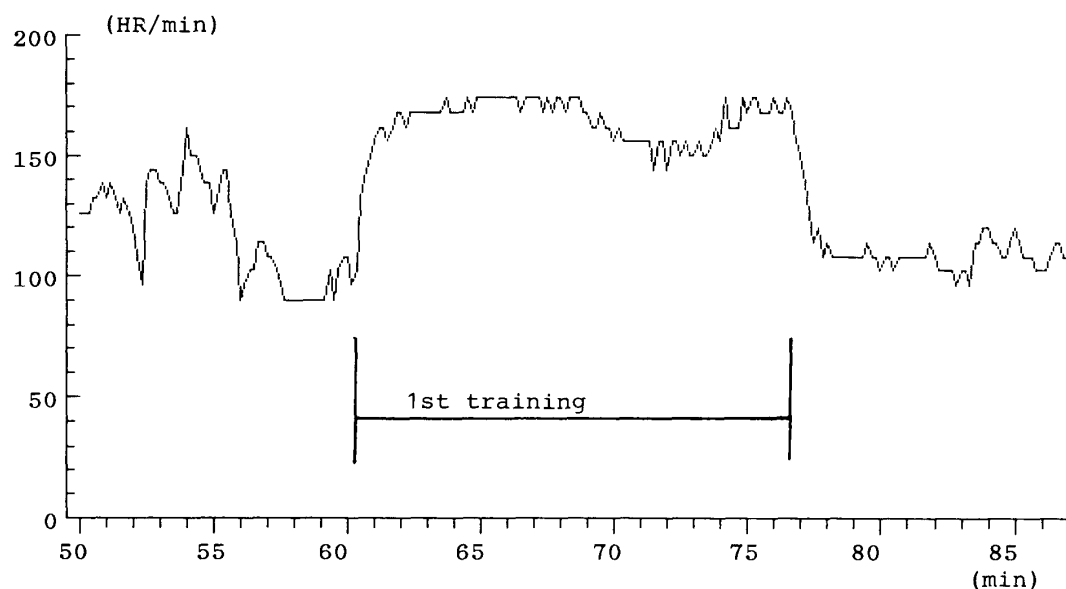


Fig. 4 Heart rate during interval training of sub.2

は、平地における平均走行速度の80%前後の速度でトレーニングを遂行したことになる。また、いずれの被験者においてもトレーニングの増加に伴い、走行速度が上昇している傾向が認められた。2nd. T-1においては、平均走行速度が66%から74%、2nd. T-2では72%から78%であった。ここでもトレーニングの増加とともに、各被験者の走行速度が上昇する傾向が認められた。そして心拍数の動向については、Table 5に示されるように、被験者の HRmax-L から考えて80%から90%に相当するものが確認されている。したがって、今回の組み合わせコースによるトレーニングでは、平地における平均走行速度の66%から84%のトレーニング速度に対して、被験者の HRmax-L を基準に運動強度でトレーニングが遂行されたことになる。

トレーニングとトレーニングの間のインターバルは、15分から17分間の動的休息を採用した。休息期の回復状況は、HRmax-L に対して 1st. T-1と1st. T-2の間の回復率が sub. 1が56.8%、sub. 2が55.4%、sub. 3が51.6%を示した。1st. T-2と1st. T-3の間においては、sub. 1が58.8%、sub. 2が52.5%、sub. 3が50.1%であった。また2nd. T-1と2nd. T-2では、sub. 1が55.6%、sub. 2が53.3%、sub. 3が48.0%の回復率を示した。したがって、インターバル・トレーニングにおける休息期の回復率は、被験者の HRmax-L に対して49%から59%であった。

Fig. 4は、1st. T-1における sub. 2の全体的な心拍数の動向をグラフで示したものである。グラフでは、各区間における心拍数の動向から運動強度と定常状態の形成を確認することができる。

4. 考 察

筆者らは、過去に各種トレーニングにおける走行速度と運動強度の関係について報告している⁵⁾⁷⁾⁹⁾。今回の研究も、それらの研究を継続的に発展させたものである。

本研究の主な目的は、山間部を利用したロングインターバル・トレーニングの適正な運動強度の検索ということである。とくに山間部を利用したインターバル・トレーニングは、トレーニング効果としては非常に顕著なものが認められる反面、トレーニング計画の編成が非常に難しいといわれる⁶⁾⁸⁾。それは、山間部という環境条件に対するトレーニング強度の設定が、トレーニング効果に大きく影響するからである。つまり、山間部のトレーニングで大切なことは、コースの選定とトレーニング強度の設定といえる。ここでいうところのトレーニング強度とは、トレーニング時の走行速度であり、トレーニング間のインターバルでの時間配分である²⁾³⁾⁶⁾²¹⁾²⁴⁾。さらに山間部のトレーニングにおいて考慮しなければならないことは、トレーニングコースによって運動強度にも変化が生じるということである。トレーニングコースの選択は、同時にトレーニング強度を意味するもの⁸⁾であり、トレーニングコースの決定がトレーニング効果にも大きく影響するといえる⁶⁾。したがって、より高いトレーニング効果を得るためには、コース条件として上り坂、下り坂及び平地の区間を

いかに効果的に組み合わせるかということであろう。今回の実験は、それら山間部のトレーニングがもっている特有の条件を考慮したうえで、環境条件と運動強度を走行速度との関係から究明しようとしたものである。

そのため今回の実験は、上り坂、下り坂及び平地の区間を明確にコース区分し、区間毎の走行速度と運動強度の関係について究明することにした。

今回のトレーニングコースは、傾斜勾配が12%で1600mの上り坂と傾斜勾配が11%で1500mの下り坂及び900mの平地区間を明確に区分し、組み合わせた4kmのコースである。4kmのインターバル・トレーニングは、ロングインターバル・トレーニングにあたるものである⁶⁾⁸⁾。トレーニング強度は、被験者の競技能力の約80%の走行速度で走るようにトレーニングイメージとして指示した。実質的には、コースによって傾斜勾配に相違があるため、走行速度に相違が生じるのは当然のことである。しかしトレーニング速度は、被験者の頭の中にトレーニングイメージが存在している限り、区間によって実質的な走行速度の相違はあっても運動強度、すなわち心拍数に大きな変化は認められないということ想定⁶⁾⁸⁾して、トレーニングを実施した。なぜなら被験者は、トレーニング速度として常に80%のイメージ速度を頭に描いて、トレーニングを遂行すると考えられるからである。今回の上り坂区間における実質的な走行速度は、平地における平均走行速度に対して約50%であった。これは、上り坂の傾斜勾配から考えて当然の速度低下である。問題は、心拍数から考察するトレーニング速度と運動強度の関係である。今回の実験における上り坂区間の走行速度と心拍数の関係は、平地走行に対する走行速度の50%がHRmax-Lの80%から90%に相当する運動強度で実行されている。これは、筆者らが過去の研究資料において報告した平地における走行速度と運動強度の関係と大体同程度の運動強度^{5)7)~9)}であるといえる。したがって、インターバル・トレーニングにおける走行速度は、平地における平均走行速度の80%が上り坂走行(12%勾配)の約50%に相当するものであるといえる。なぜなら、平地と上り坂におけるトレーニング強度を比率で対比した場合、両者の対比がほぼ同じ強度になるからである。つまり、山間部における走行速度と運動強度の推定は、環境条件により傾斜勾配が異なるため一様に判断することは非常に難しいが、今回の場合は平地における平均走行速度の大体3分の2程度のトレーニング速度の配分で考えれば、競技能力の80%に相当する運動強度になるといえよう。またトレーニング速度と同様に重要なことは、トレーニング距離と定常状態の形成である。有酸素運動をトレーニングとして活用する際の基本は、実施する運動に人体の機能が適応し、かつ酸素を取り入れながら運動を継続することである。¹²⁾¹³⁾これは、基本的に定常状態が成立する運動を意味するものである¹¹⁾。とくに上り坂という環境条件から考えられることは、走行速度のみならず傾斜角度はもちろんのこと、走行距離がトレーニングの運動強度として本人の機能に大きな影響を与えるということである¹⁶⁾¹⁷⁾。また定常状態の形成は、体力の相違によって発現する時期も異なり、個人差も非常に大きいものである。今回の定常状態の形成は、時間的には走行開始後4分

から5分間、距離にして700mから800mを経過した後に認められている。これは、平地走行時の定常状態の形成が大体3分から5分という各種の研究報告⁶⁾⁸⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²²⁾²³⁾にみられる時間的経過と傾向的には同様のものではあった。したがって、上り坂においてもロングインターバル・トレーニングを負荷する場合の距離的条件は、800m以上の距離を最低限度確保しなければ、人体の機能がトレーニングの環境に適応¹⁹⁾する前に、新しい環境に移行することになる。これは、有酸素運動がトレーニングの目標にする持久力を養成する領域を脱するものといえよう⁶⁾⁸⁾。

つぎに下り坂区間における走行速度と運動強度の関係は、上り坂から下り坂区間にコースが移行するために走行姿勢と走行速度の転換が、運動強度に大きな影響を及ぼすものと考えられる。今回の実験においてこの区間の走行速度は、被験者の平地における平均走行速度の約70%から100%のトレーニング速度で走行している。これは、トレーニング前に指示した被験者の最高速度の80%というトレーニングイメージの速度をはるかに越えているものであるが、下り坂という傾斜勾配が作用して加速度的にスピードアップになっているものと考えられる。この区間における運動強度は、被験者のHRmax-Lに対して約70%から90%の範囲の運動強度が確認されている。しかし、ここでも下り坂という特殊な環境条件から、上り坂区間に比較して心拍数が急激な減少傾向を示しており、本当の意味での運動強度の推定は、定常状態の期間をこの区間における運動強度として推定する必要があると考える。⁶⁾⁸⁾¹⁹⁾。なぜなら、この区間における心拍数の動向は、急激な減少の後に定常状態が形成されており、トレーニング環境に人体の機能が適応するのは定常状態の形成をもって、この区間の運動強度として判断しなければならないといえる。その意味において、今回の下り坂区間における定常状態は、上り坂から下り坂区間コースが移行して、時間的には約2分、距離的にして大体600mから800mを経過した後に定常状態を形成している。定常状態での心拍数は、HRmax-Lに対して65%から84%の範囲にあった。これを、上り坂走行時の運動強度と比較して考えた場合、下り坂走行時の運動強度との格差は10%から15%の相違がある。なぜならば、上り坂走行と下り坂走行における走行速度の相違をコースという環境条件との兼ね合いから比率計算した限りでは、同じ速度であるにもかかわらず人体に加わる運動負荷強度には相違が認められるからである。つまり、運動時における人体の機能に対する負担度から考えると、上り坂走行から下り坂走行へのトレーニングの組み合わせは、呼吸・循環機能に対する変化と刺激ということからみて、トレーニング効果の向上としては非常に意義深いものと考えて差し支えないといえる。それは、上り坂走行では90%に近い運動刺激と仕事量が要求されたが、下り坂走行では65%程度まで運動強度が低下している。これは、インターバル・トレーニングの特徴であるウェーブ型波形の下りを意味するもので、インターバル的な回復期の役割を兼ねていると考えられるから⁶⁾¹⁸⁾²⁰⁾である。ただし、それは定常状態の形成が確認され、800m以上の距離をトレーニングコースとして確保しなければ、今回の上り坂及び下り坂を組み合わせたコースのトレーニング

効果の価値は半減するといえよう。なぜなら、今回のトレーニングが持久力の向上を目的としたものであり、定常状態の形成を考えた距離的設定がなければその目的を完遂することはできないといえるからである。

さらに下り坂から平地走行に切り換わる区間は、上り坂から下り坂の区間に移行する以上にランニング姿勢の切り換えが難しいと考えられる。なぜなら、下り坂区間において加速的にスピードアップがなされ、走行姿勢がストライド走法になっており、平地走行では本来の自分の走法に切り換えなければならないからである。さらには、下り坂走行時の体感速度を平地走行時の速度にいかにはやく切り換えるかということである。今回の平地区間における走行速度は、被験者の平地における平均走行速度に対して78%から89%のスピードでトレーニングが遂行されている。これは、トレーニング速度として設定した80%のイメージを体感速度として維持しているものである。また、平地区間における運動強度は、被験者のHRmax-Lに対し75%から90%の運動強度が認められている。これは、筆者らが過去の研究報告において確認した平地走行における走行速度とそれに対する運動強度とほぼ同程度の身体的負担度^{5)7)~9)}であった。したがって、トレーニング速度と運動強度の関係は、トレーニング当初に設定したトレーニング速度によってトレーニングが遂行されたことになる。しかし、この区間においても、他の区間と同様に環境条件の変化による人体の機能の環境への適応ということが問題になる。つまり、平地区間における心拍数の上昇と定常状態の形成ということである。定常状態におけるHRmeanは、HRmax-Lに対して80%から90%の運動強度である。これは、平地走行に移行してから時間的には60秒、距離にして350mに相当するものであった。つまり、この区間における定常状態の形成は、他の区間に比較して非常に早い時期に認められている。これは、トレーニングにおける走行距離がすでに3kmを経過しており、人体の機能が運動環境に適応するのが、他の区間に比較して早く適応状態を作るものであろう。

これらの条件をトータルで考えた場合、3種類の組み合わせコースということから各コース毎の走行速度の切り換えと運動強度の推定が非常に難しいトレーニングといえる⁶⁾。それは、被験者個々の持久的能力のみならず総体的な筋力の相違¹⁸⁾が山間部を利用したインターバル・トレーニングにおいては運動強度になるためである。したがって、山間部におけるトレーニングを計画する場合には考慮しなければならないことは、それぞれの環境条件から被験者の競技能力を踏まえたうえで走行速度を設定しなければならない。また同時に、人体の機能が適応状態に入る時間及び距離を考慮したうえでトレーニングコースの選定と走行距離及びトレーニング強度を設定する必要がある。なぜなら上り坂走行は、下り坂及び平地走行に比較して人体に加わる運動強度が非常に大きなものになって発現するからである。また運動強度は、同時にコースの組み合わせということもトレーニングの条件の中に含まれるものである。

またインターバル・トレーニングは、とくにトレーニングとトレーニングの間の休息時

間の配分が大きな意味をもつものである。今回のトレーニングにおけるインターバルは、時間的に15分から17分間の動的休息を採用した。インターバルでの回復状況は、HRmax-Lに対して50%から59%の間に回復率を示している。これは、インターバル・トレーニングに要する時間と同比率で配分したものであり、回復状況から考えて過去の研究報告²⁾⁶⁾⁸⁾にみられる6割の回復という条件に該当しており、適切なインターバルの時間配分であるといえよう。

5. 要 約

本研究は、山間部を利用したロングインターバル・トレーニングの走行速度と運動強度の関係を究明する目的で実験したところ、坂道走行時のトレーニング速度と運動強度の関係についてつぎのことが判明した。

1. 上り坂区間における走行速度は、平地における平均走行速度の50%のスピードで計画することが望ましい。これは、平地における平均走行速度の80%に相当するものであった。トレーニング速度の50%に該当する運動強度は、HRmax-Lの90%に相当するものであった。また定常状態の形成は、スタートして5分、距離にして800m経過した後確認された。
2. 下り坂区間における走行速度は、平地における平均走行速度の95%のトレーニング速度で計画することが望ましい。これは、平地における平均走行速度の75%に相当するものであった。トレーニング速度の95%に該当する運動強度は、HRmax-Lの75%に相当するものであった。また定常状態の形成は、上り坂から下り坂に移行して時間的には2分、距離にして700m経過した後確認された。
3. 平地区間における走行速度は、平地における平均走行速度の80%のトレーニング速度で計画することが望ましい。トレーニング速度の80%に該当する運動強度は、HRmax-Lの80%に相当するものであった。また定常状態の形成は、下り坂から平地に移行して時間的には60秒、距離的にして350m経過した後確認された。
4. 以上の結果から、上り坂及び下り坂と平地の組み合わせによる4kmのインターバル・トレーニングでは、それぞれの区間毎に走行速度と運動強度との関係を平地走行時の平均走行速度との比率から計算する必要があるといえる。またトレーニングとトレーニングの間の休息時間は、トレーニングに要する時間と同じ比率で配分することが望ましいものであった。

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) 浅見俊雄他：スポーツトレーニング，朝倉書店，1985
- 3) American College of Sports Medicine, : The recommended quality and quality of exercise for

- developing and mainaining fitness in the healthy adults, *Med. Sci. Sports*, **10**, 7—10, 1978
- 4) 石河利寛：スポーツとからだ, 103—140, 岩波書店, 1991
 - 5) 榎木豊他：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—500m 走の場合—, *岡山理科大学紀要*, 25A, 349—360, 1990
 - 6) Astrand P. —O., et al., : *Texpbook of Work physiology*, Mcgraw-hill, 295—518, 1970
 - 7) 川上雅之：長距離走における走行速度と運動強度の関係—ビルドアップ・トレーニングについて—, *岡山理科大学紀要*, 26A, 365—378, 1992
 - 8) 川上雅之他：保体学概論, 180—217, 小林出版, 1990
 - 9) 川上雅之他：ショートインターバル・トレーニングと心拍数の関係, *岡山理科大学紀要*, 27A, 311—324, 1991
 - 10) 久保田競：ランニングと脳, 21—34, 朝倉書店, 1988
 - 11) 加賀谷照彦：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
 - 12) Karvonen, M., et al., : The effects of training on heart, rate, *Ann. Med Exper. Fenn.*, **35**, 307—315, 1957
 - 13) Cooper, K. H. : *The new aerobics*, M. Evans and Company, 25—180, 1970
 - 14) 黒田善雄他：日本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書, 1968
 - 15) Gutin, B., et al, : Oxgen consumption in the first stages of strenous work as a function of prior exercise, *J. Sports Med.*, **16**, 60—65, 1976
 - 16) Costill D. L., et al., : Fractional utilization of the aerobic capacity during dstance running. *Med. Sci. Sport*, **5**, pp. 248—252, 1973
 - 17) Costill, D. L. et al., : Determinents of marathon running success. *Int. Z. Angew. Physiol.* 29 : 249—254, 1971
 - 18) Costill, D. L. et al., : Glycogen unutilization in leg muscles of men during level and uphill running. *Acta Physiolo. Scand.* 91 : 475—481, 1974
 - 19) Costill, D. L. : Metabolic responses during distance running. *J. Appl. Physiol.* 28 : 252—255, 1970
 - 20) 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. 805—810, 1990
 - 21) 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*, 28—2, 153—161, 1983
 - 22) Davies, C. T. M. : Limitation to the prediction of maximum oxygenintake from carfiac frequency measurements. *J. Appl. Physiol.* **24**, pp. 700—706, 1968
 - 23) Drinkwater, D. L. et al., : Responses of yong female track athletese to exercise. *Med. Sci. Sports.* 3 : 56—62, 1972
 - 24) 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及び長距離走行中の酸素摂取水準, *体育学研究*, 17—5, 273—274, 1973
 - 25) 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
 - 26) 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
 - 27) 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
 - 28) 山地啓司：心拍数の科学, pp. 17, pp. 19, 大修館, 1981
 - 29) 山地啓司：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
 - 30) 山地哲司：心臓とスポーツ, 47—119, 162—183, 共立出版, 1982

The Correlation between Work Load and Long-Interval Training of 4km Run Inferred from Heart Rate

Masayuki KAWAKAMA, Koji INOKIHARA, Takashi MATSUBARA
and Hideto IWASAKI*

Faculty of Liberal Arts and Science

Okayama University of Science

1-1 Ridaicho, Okayama 700 Japan

**Sanyo Gaken Junior College*

1-14-1 Hirai, Okayama 703 Japan

(Received September 30, 1992)

The purpose of this study was analysis on the results physical function affected by the long interval training of 4km inferred from heart rate. The subjects in this study were long distance runners of 3 male college students of 19 to 21. The influence of physical function was analysis by the results of heart rate during 4km run.

The following results were obtained :

- 1) The training speed during uphill training of 1.6km between about 50% of best record on the training and 90% of HRmax of the subjects.
- 2) The training speed during downhill training of 1.5km between about 95% of best record on the training and 75% of HRmax of the subjects.
- 3) The training speed during flat-ground training of 900m between about 80% of best record on the training and 80% of HRmax of the subjects.
- 4) Therefore, the most important things on the long-interval training for the timetable of the training speed of 80% and 80% HRmax of work load.