

## 長距離走における乳酸蓄積臨界点での走行速度と心拍数に関する研究

野原隆彦\*・足立 稔\*\*・羽根田紀幸\*\*\*

### Studies of the Relationship between OBLA Speed and Heart Rate during Distance Running

(distance running, OBLA speed, heart rate)

Takahiko NOHARA\*, Minoru ADACHI\*\*, Noriyuki HANEDA\*\*\*

This study investigated a possibility of estimating the OBLA (onset of blood lactate accumulation) speeds (SP-OBLA: running speed at the OBLA) of middle- and long-distance runners from their heart rates. Thus, we examined the relationship between the running speed on a field and the heart rate, and also examined the relationship between the running speed and the heart rate, respectively corresponding to OBLA, with the help of 23 male runners belonging to a long-distance relay road race team of a high school.

The results of our measurements indicate that (1) the running speed and the heart rate while running of middle-distance correlate to a high degree, that (2) the time records of 3,000 m and 5,000 m and the SP-OBLA correlate, that (3) the SP-OBLA and HR-OBLA (heart rate in SP-OBLA) are not correlated, and that (4) although the time records of 3,000 m and the HR-OBLA are not correlated, the running speed of 5,000 m and the HR-OBLA correlate. From these facts, we can conclude that measurement of the SP-OBLA and the heart rate at the same time once a year enables coach to instruct a runner to maintain his SP-OBLA on a road race or long-distance race by monitoring his heart rate with a measuring device.

本研究は、陸上の中・長距離選手の乳酸蓄積臨界点での走行速度、即ちOBLA・スピード (SP-OBLA) を心拍数によって推しはかることが可能かどうかを検討することを目的として、中・長距離走の選手(高校駅伝部の男子生徒23名)を対象として、グラウンド走における、走行速度と血中乳酸値ならびに心拍数の関係について調査した。また、SP-OBLAと、OBLAに相当する心拍数(HR-OBLA)の関連についても合わせて調査した。

その結果、中距離走における、走行速度と血中乳酸値ならびに心拍数とは極めて良く相関することが分かった。また、3,000 m, 5,000 m走の平均走行速度とSP-OBLAとは相関関係にあることが分かった。また、SP-OBLAとHR-OBLAとの相関は認められなかった。しかし、3,000 m走での平均走行速度とHR-OBLAとの相関は認められなかったが、5,000 m走の平均走行速度とHR-OBLAには相関が見られた。

このことから、練習の際に、SP-OBLAと心拍数を同時に測定しておけば、ロードレースなどの長距離走・競技会で、コーチが競技中の選手の心拍数をモニターすることによって、選手の走行中のSP-OBLAを維持させることが可能であると思われた。

#### はじめに

各種競技スポーツの競技力向上や試合前のコンディショニングをより効果的に行うために、運動生理学や栄養学ならびにスポーツ医学の観点からの研究は、これまで数多く行われている。特に、長距離陸上競技では、有酸素的作業能力の指標となる最大酸素摂取量

( $\dot{V}O_2 \max$ ), ならびに、血中乳酸濃度より求めた乳酸性閾値(LT: lactate threshold)<sup>1) 2) 3) 4) 5)</sup>あるいは、血中乳酸濃度が4 mMol/Lとなる時点(OBLA: onset of blood lactate accumulation)の運動強度<sup>6) 7)</sup>と言った生理的指標が、競技成績と高い相関関係にあることが認められている。しかし一方で、無酸素性運動と乳酸の蓄積との関係が必ずしもはっきりしないこと<sup>8)</sup>や、無酸素性閾値(AT: anaerobic threshold)が特定されないこと<sup>9)</sup>などの指摘もあり、血中乳酸濃度の急増(乳酸の蓄積)が、有酸素運動から無酸素運動へ変化するのに伴った、換気の変化によるものとするWassermanらの

\*保健管理センター Health Administration Center

\*\*岡山大学教育学部

Faculty of Education, Okayama University

\*\*\*どれみクリニック・基常小児科

Motozune Pediatrics, Doremi Clinic

当初の仮説（運動強度がLTを超えると水素イオン濃度が増加するので換気が亢進し、過剰のCO<sub>2</sub>が排泄されるので、そのポイントから非観血的にLTが測定できるとした。また、このポイントをATと名付けた。この名称は無酸素的解糖の最終産物であるとの見解に基づくものである。）<sup>10)</sup>には否定的な見解も多い。したがって、ATとLTが同義であることを前提にした、ATあるいはLTの研究成果が実際のトレーニングに応用されている例はまだ少ない。さらに、心拍数と血中乳酸濃度との関係も様々な競技種目で研究されており<sup>11) 12)</sup>、健康の維持・増進のための適正な運動強度を求めるためにATを指標とした研究や<sup>13)</sup>、心拍動解析に基づいた運動強度の判定基準を求める研究もある<sup>14)</sup>が、これらの研究は短時間内の運動に限られており、競技力向上のためのトレーニング強度を、心拍数のみでモニタリングすることは比較的困難とも思われる。また、血中乳酸濃度の測定には、ある程度の採血時間を要するため、長時間持続した運動中の血中乳酸濃度の測定は困難を伴うと思われるが、可及的に採血時間を短くすることや、競技種目の選択によっては、長時間の運動における心拍数と血中乳酸濃度の相関の予測を出すことが出来ると思われる。

ところで、OBLAでの運動強度は乳酸の生成と消却が平衡した状態における運動強度と定義され、有酸素運動と無酸素運動の境界(aerobic-anaerobic threshold)とされる。したがって、OBLAは最大運動時の持久性能力および、持久性トレーニングの強度指標として用いられている。さらに、OBLAに相当する走速度、すなわち“OBLA・スピード(SP-OBLA)”が長距離走の記録と密接な関係がある<sup>6)</sup>ことから、SP-OBLAの測定は、陸上長距離走におけるコンディションの把握、記録予測やペース配分、トレーニング処方決定する場合に、極めて有用となっている<sup>7)</sup>。

## 目 的

今回我々は、高校駅伝部選手の長距離走の能力調査を依頼されたが、陸上の中・長距離選手の運動能力を調査するためにはSP-OBLAの測定が極めて重要であると考えた。さらに、トレーニングにSP-OBLAを取り入れる際に、毎回のトレーニングの度に血中乳酸値を測定することが困難であることから、年1回の測定によるSP-OBLAと心拍数の相関を利用して、普段のトレーニングにおいてはSP-OBLAを心拍数で代用することが可能かどうかを検討するために、中・長距離走選手を対象として、グラウンド走による走行速度と心拍数

の関係、ならびにSP-OBLAと、OBLAに相当する心拍数(HR-OBLA)の関連を調べた。

## 方 法

対象：本研究の意義・内容を十分に説明して了解を得た高校駅伝部の男子生徒23名(15~18歳)を対象にして調査を行った(表1)。

表1 被験者のプロフィール

ID	性	年齢	身長(cm)	体重(kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
A	男	17	166	53	19.2
B	男	17	175	62	20.2
C	男	17	165	53	19.5
D	男	17	172	52	17.6
E	男	17	160	50	19.5
F	男	16	168	58	20.5
G	男	18	172	61	20.6
H	男	16	173	59	19.7
I	男	15	174	60	19.8
J	男	15	166	46	16.7
K	男	16	?	45	?
L	男	16	169	48	16.8
M	男	15	164	52	19.3
N	男	17	171	63	21.5
O	男	16	177	59	18.8
P	男	16	165	48	17.6
Q	男	15	174	65	21.5
R	男	15	161	49	18.9
S	男	17	177	60	19.2
T	男	15	156	48	19.7
U	男	16	169	55	19.3
V	男	15	172	53	17.9
W	男	15	169	54	18.9

グラウンド走によるSP-OBLAの測定(23名)：

スピード：被験者2~3名とペースメーカー1名を1グループとし、4分間の一定スピード走行と1分間の休憩をセットにして、180 m/minのスピードから320 m/minのスピードまで20 m/minずつ増やす、間欠式スピード漸増法を用いて調査した。すなわち、決められたスピードで走ることが出来るように事前に練習したペースメーカーが時計を見ながら指定された速度で走行し、被験者はペースメーカーのスタートした後に1秒ずつ遅れてスタートして、前走者との距離を守って走行した。  
心拍数：各々のスピード走行中の心拍数は、スタート直後から5秒毎に(1分間の休憩時間を除いて)パルスウォッチ(ハートレイト・モニターH2: ポー

ラエレクトロ社) により記録され、後から読み取った。

採血：耳朶採血は、スタート地点から720, 800, 880, 960, 1,040, 1,120, 1,200, 1,280 mの地点にて、予め決められた選手について行なった。

乳酸値：血中乳酸濃度の測定は、走行直後の1分間の休憩中に20  $\mu$ lのマイクロ・ピペット (Drumond Scientific Company) により、上記の地点で耳朶採血を行い、採血直後に溶血剤添加希釈液 (YS 2315保存用キット：(株)日科機バイオス) を加え氷中保存して置き、後でLactate Analyzer (YS モデル1500スポーツ：(株)日科機バイオス) を用いて測定した。

以上のようにして、走行スピード、心拍数、および血中乳酸値からSP-OBLAとHR-OBLAを測定した。

3,000 m走における平均走行速度とSP-OBLA, HR-OBLAの関係調査：

3,000 m走は23名について、最近1ヶ月以内の自己ベスト記録から、その時の平均走行速度とSP-OBLA, HR-OBLAの関係を調査した (データは省略)。さらに、9名について、タイムトライアル走での走

行中の心拍数をスピードの変化とともにハートレート・モニターで経時的に記録し、SP-OBLA, HR-OBLAとの関連を検討した (表5-A, B)。

5,000 m走における平均走行速度とSP-OBLA, HR-OBLAの関係調査：

5,000 m走は15名について、最近1ヶ月以内の自己ベスト記録から、その時の平均走行速度とSP-OBLA, HR-OBLAの関係を調査した (表3)。さらに、陸上競技会に出場した7名については、ハートレート・モニターを付けて出場して貰い、その記録を調査の対象にした。

検定：相関係数の検定には、ピアソンの方法を用いた。

### 結果および考察

グラウンド走におけるSP-OBLAと心拍数、乳酸値の測定結果を表2に示す。その中から代表例として、I選手の結果を図にした (図1)。図1中の直線(a)は、最小二乗法により走行速度と心拍数の関係を一次式で近似した場合の直線である。これらの相関係数は0.983~0.999であり、平均0.995 ( $P < 0.001$ ) と非常に高

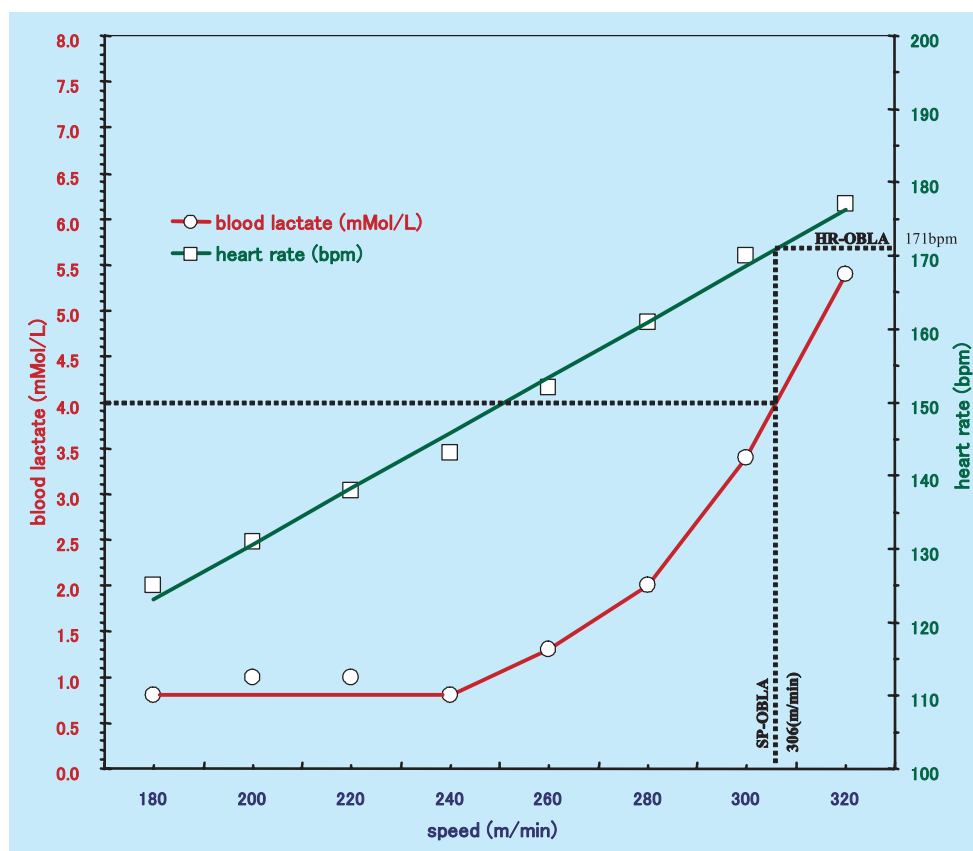


図1 走行速度と乳酸値、心拍数との関係

図は表2よりI選手の例を図にしたものである。図中の直線(a)は、最小二乗法により走行速度と心拍数の関係を一次式で近似した場合の直線であり、曲線(b)は走行スピードと血中乳酸値の関係を示す。本例では、260~280 m/minのスピード領域付近を臨界点として血中乳酸値が急激に上昇しているため、I選手は270 m/minのスピードでLT(=AT)に達することになる。

表2 走行速度、血中乳酸値および心拍数の関係

ID		lactate (mMol/L)	heartrate (bpm)	respiration rate(/min)	ID		lactate (mMol/L)	heartrate (bpm)	respiration rate(/min)
A	rest	1.0			G	rest	0.8		
	180m/min	1.0	136	8		180m/min	1.1	136	7
	200m/min	0.9	140	8		200m/min	0.8	142	7
	220m/min	1.2	152	10		220m/min	2.4	147	7
	240m/min	1.2	156	10		240m/min	1.2	154	11
	260m/min	1.1	169	15		260m/min	1.4	158	13
	280m/min	1.3	182	19		280m/min	1.6	168	15
	300m/min	3.0	191	19		300m/min	2.7	175	17
	320m/min	5.2	201	20		320m/min	4.9	179	
B	rest	0.9			H	rest	1.1		
	180m/min	2.0	130	9		180m/min	1.1	141	6
	200m/min	2.1	136	9		200m/min	0.8	140	7
	220m/min	1.6	145	11		220m/min	1.2	152	7
	240m/min	1.7	155	13		240m/min	1.5	158	7
	260m/min	2.1	170	15		260m/min	1.8	168	7
	280m/min	2.8	176	15		280m/min	2.0	174	7
	300m/min	4.4	188	17		300m/min	4.9	183	8
	320m/min	7.4	196	19		320m/min	6.8	190	8
C	rest	1.3			I	rest	0.8		
	180m/min	1.8	123	6		180m/min	0.8	125	7
	200m/min	0.7	132	7		200m/min	1.0	131	9
	220m/min	0.8	139	8		220m/min	1.0	138	8
	240m/min	0.9	145	9		240m/min	0.8	143	9
	260m/min	1.1	150	11		260m/min	1.3	152	10
	280m/min	1.6	158	12		280m/min	2.0	161	12
	300m/min	2.9	167	13		300m/min	3.4	170	14
	320m/min	4.8	174	14		320m/min	5.4	177	17
D	rest	0.6			J	rest	1.0		
	180m/min	0.8	120	6		180m/min	0.9	121	7
	200m/min	0.9	127	7		200m/min	0.9	128	7
	220m/min	1.7	136	8		220m/min	1.0	141	7
	240m/min	1.4	146	10		240m/min	1.0	147	9
	260m/min	1.1	153	11		260m/min	2.0	158	11
	280m/min	1.2	164	14		280m/min	2.7	171	13
	300m/min	2.3	174	16		300m/min	5.1	177	17
	320m/min	4.5	179	16		320m/min	7.9	191	17
E	rest	1.0			K	rest	1.8		
	180m/min	1.0	120	7		180m/min	1.2	152	13
	200m/min	0.9	127	7		200m/min	1.1	157	11
	220m/min	1.3	138	11		220m/min	1.9	167	11
	240m/min	1.4	143	13		240m/min	2.8	178	13
	260m/min	1.4	168	13		260m/min	4.0	184	15
	280m/min	2.0	170	15		280m/min	5.4	194	17
	300m/min	3.6	180	15		300m/min	9.6	200	20
	320m/min	4.9	191	17		320m/min			
F	rest	1.0			L	rest	1.1		
	180m/min	1.2	136	7		180m/min	2.9	127	9
	200m/min	1.0	141	7		200m/min	1.5	139	11
	220m/min	0.8	155	7		220m/min	1.5	152	11
	240m/min	1.5	156	11		240m/min	1.9	167	10
	260m/min	1.7	168	15		260m/min	3.0	181	11
	280m/min	2.5	178	15		280m/min	5.1	192	12
	300m/min	3.9	187	17		300m/min	7.3	196	13
	320m/min	7.3	193	17		320m/min	10.3	202	13

M	rest	1.0			S	rest	0.7	153	9
	180m/min	1.0	132	9		180m/min	1.0	157	7
	200m/min	0.9	138	9		200m/min	0.8	167	11
	220m/min	1.3	149	11		220m/min	2.4	171	11
	240m/min	1.6	160	11		240m/min	1.6	178	13
	260m/min	2.3	165	10		260m/min	2.1	183	13
	280m/min	4.1	175	12		280m/min	3.1	188	15
	300m/min	8.0	179	14		300m/min	5.7	192	17
	320m/min	9.9	187	16		320m/min	8.5		
N	rest	1.4			T	rest	1.6		
	180m/min	0.9	117	7		180m/min	0.9	143	11
	200m/min	0.8	125	7		200m/min	0.8	153	11
	220m/min	1.2	129	7		220m/min	1.0	158	12
	240m/min	8.3	138	11		240m/min	0.9	163	11
	260m/min	1.6	149	13		260m/min	1.3	171	13
	280m/min	2.9	158	13		280m/min	2.0	178	15
	300m/min	5.6	171	15		300m/min	4.8	196	17
	320m/min	6.8	178	17		320m/min	7.6	204	20
O	rest	0.8			U	rest	1.2		
	180m/min	0.9	122	10		180m/min	1.2	142	7
	200m/min	0.9	131	10		200m/min	1.2	147	7
	220m/min	0.8	136	10		220m/min	1.4	155	7
	240m/min	1.2	147	13		240m/min	5.1	164	9
	260m/min	1.6	155	15		260m/min	1.8	172	11
	280m/min	1.9	168	17		280m/min	2.1	180	13
	300m/min	4.6	177	19		300m/min	4.3	187	14
	320m/min	5.9	185	19		320m/min	8.4	196	18
P	rest	1.1			V	rest	0.9		
	180m/min	1.0	122	11		180m/min	1.3	128	11
	200m/min	0.6	136	11		200m/min	1.1	135	11
	220m/min	0.7	148	12		220m/min	1.2	143	11
	240m/min	1.0	160	13		240m/min	2.5	151	11
	260m/min	1.2	173	15		260m/min	1.8	156	12
	280m/min	2.1	184	16		280m/min	2.5	170	15
	300m/min	3.5	193	19		300m/min	6.9	179	16
	320m/min	5.6	200	20		320m/min	8.4	187	19
Q	rest	0.9			W	rest	1.0		
	180m/min	1.2	140	7		180m/min	1.1	145	7
	200m/min	0.9	147	7		200m/min	0.9	150	9
	220m/min	1.8	158	9		220m/min	0.9	159	11
	240m/min	2.1	166	11		240m/min	1.3	168	11
	260m/min	2.2	173	13		260m/min	3.6	174	13
	280m/min	3.6	183	15		280m/min	7.4	185	17
	300m/min	5.9	192	17		300m/min	4.0	196	19
	320m/min	6.0	202	19		320m/min	7.5	205	19
R	rest	1.0							
	180m/min	1.4	157	11					
	200m/min	1.8	165	13					
	220m/min	2.3	175	13					
	240m/min	5.8	179	13					
	260m/min	5.5	186	14					
	280m/min	8.3	190	15					
	300m/min								
320m/min									

い相関が認められた。また、図1中の曲線(b)は走行速度と血中乳酸値の関係を示す。スピードが180~260 m/minまでは乳酸値の増加が緩慢であるが、スピードが280 m/minを越えると、乳酸値は急激に上昇

した。この事は、本例では260~280 m/minのスピード領域付近を臨界点として、乳酸代謝に何らかの変化が生じたと考えられる。また、今回の調査におけるSP-OBLAは260~315 m/minとなり、平均292 m/minであっ

表3 走行速度とSP-OBLA, HR-OBLA

ID	SP-OBLA (m/min)	HR-OBLA (beats/min)	3,000m Time record (second)	3,000m 平均走行 速度 (m/min)	5,000m Time record (second)	5,000m 平均走行 速度 (m/min)
A	309	194	574	313.6	960	312.5
B	295	181	565	318.6	970	309.3
C	312	171	554	324.9	907	330.8
D	315	179	587	306.6	940	319.1
E	307	181	561	320.9	960	312.5
F	301	186	575	313.0	972	308.6
G	312	177	562	320.3	954	314.5
H	295	180	537	335.2	930	322.6
I	306	171	576	312.5		
J	291	175	579	310.9	980	306.1
K	260	184	619	290.8		
L	270	181	573	314.1		
M	279	172	577	312.0		
N	290	164	561	320.9	947	316.8
O	300	176	535	336.4		
P	304	195	622	289.4	979	306.4
Q	283	185	593	303.5	1000	300.0
R	237	178	680	264.7		
S	287	184	601	299.5		
T	294	189	566	318.0	989	303.3
U	297	186	583	308.7	984	304.9
V	292	174	563	319.7		
W	280	186	599	300.5	1010	297.0
平均	292	180.4	580	310.3	965	310.9
S.D.	18.3	7.7	31		371	
n	23	23	23	23	15	15

た(表3)。さらに、SP-OBLAと3,000 m走および5,000 m走の平均走行速度との相関は、それぞれ 0.678 ( $P < 0.0005$ ), 0.646 ( $P < 0.01$ ) であり、有意な相関関係が認められた(表4, 図2, 3)。LT, 即ちATが高い選手は無酸素性運動能力に優れていることを意味しており、陸上競技能力が高いと評価される。したがってトレーニングに際して、各選手のLTを高めるために、SP-OBLAを指標に用いることは有効であることが分かった。

一方、HR-OBLAと3,000 m走、および5,000 m走の平均走行速度との相関係数は、それぞれ -0.322, -0.555

表4 走行速度, SP-OBLA, HR-OBLA の相関関係

	SP-OBLA (m/min)	HR-OBLA (beats/min)	3,000m 平均走行 速度 (m/min)	5,000m 平均走行 速度 (m/min)
SP-OBLA	1			
HR-OBLA	0.02687	1		
3,000m平均 走行速度	0.67819 $p=0.000435$	-0.32249 $p=0.124316$	1	
5,000m平均 走行速度	0.64575 $p=0.008339$	-0.55507 $p=0.031728$	0.65028 $p=0.008675$	1

となり、HR-OBLAと3,000 m走との間には相関が認められず、HR-OBLAと5,000 m走との間には相関が見ら

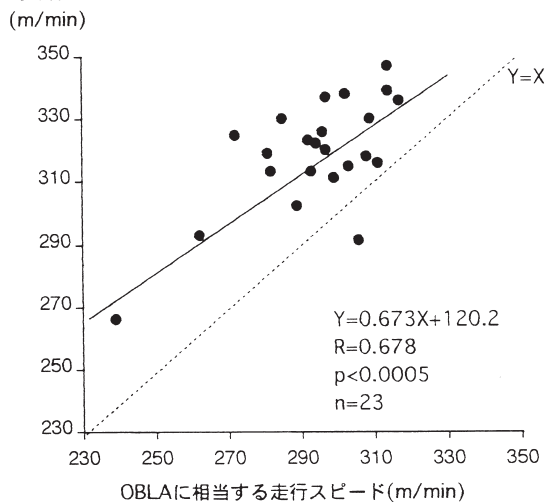
3000m走(自己ベスト)  
の平均走行スピード  
(m/min)

図2 3,000 m 走とSP-OBLAの関係

表3より、3,000 m 走の平均走行速度とSP-OBLAの関係を最小二乗法により、1次式で表した。  $R=0.678$  ( $p < 0.0005$ ) で、有意の相関関係が認められた。

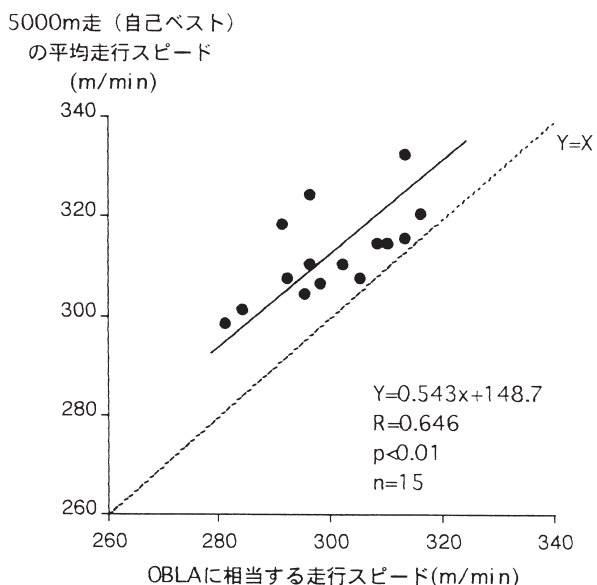


図3 5,000 m 走とSP-OBLAの関係

表3より、5,000 m走の平均走行速度とSP-OBLAの関係を最小二乗法により、1次式で表した。  $r=0.646$  ( $p < 0.01$ ) で、有意の相関関係が認められた。

れた ( $p < 0.05$ )。また、SP-OBLAとHR-OBLAとの間には、相関が認められなかった(表3)。このことから、中・長距離走での走速度とSP-OBLAとの相関が認められるにも拘わらず、SP-OBLAとHR-OBLAとの相関は認められないために、トレーニングの場合では、直接HR-OBLAをSP-OBLAの代用とする事は不可能と思われる。しかし、5,000 m 走の走行速度とHR-OBLAの間に相関が認められたことから、ロード走やマラソンなどの比較的距離の長い走競技では、HR-OBLAを指標にできる可能性も示唆されたので、今後さらに、ロード走でのスピードと心拍数の測定調査を続ける必要がある。

3,000 mタイムトライアルにおける走行速度 (表5-A) と走行中の心拍数 (表5-B) をグラフにして示

表5-B 3,000m タイムトライアルでの心拍数

time \ ID	heartrate(bpm)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
start									
0'30"	146		147	157	158	167	149	162	174
0'45"	151		159	174	162	175	161	170	177
1'00"	158		165	177	163	176	163	172	180
1'15"	160		163	181	164	176	167	172	182
1'30"	164		167	181	165	180	169	176	182
1'45"	167		170	183	169	180	170	175	184
2'00"	169		171	186	170	182	173	176	185
2'15"	169		173	186	172	183	175	177	185
2'30"	171		174	185	172	185	173	178	187
2'45"	174		173	186	174	185	175	179	187
3'00"	175		175	188	175	187	174	189	188
3'15"	176		176	190	173	188	176	184	188
3'30"	177		176	190	176	187	176	184	189
3'45"	177		176	190	178	188	177	184	189
4'00"	177		178	189	177	190	173	184	188
4'15"	177		177	190	177	190	172	185	190
4'30"	178		179	192	179	191	173	185	190
4'45"	179		178	193	182	190	177	188	190
5'00"	179		178	195	177	192	179	187	190
5'15"	180		178	194	180	192	173	188	191
5'30"	180		179	197	180	191	177	187	191
5'45"	180		178	197	181	193	175	190	190
6'00"	180		182	196	187	192	177	190	192
6'15"	181		180	197	181	191	173	191	192
6'30"	182		179	198	180	192	178	189	193
6'45"	183		178	198	181	191	177	187	193
7'00"	182		179	198	179	191	176	190	192
7'15"	183		180	199	181	191	177	188	193
7'30"	183		182	201	183	192	178	192	193
7'45"	185		180	201	183	193	174	190	193
8'00"	186		180	200	183	192	176	192	193
8'15"	186		181	200	185	194	175	191	194
8'30"	186		179	198	184	194	178	195	196
8'45"	185		178	200	186	194	180	194	196
9'00"	187		177	200	186	195	182	194	196
9'15"	188		181	200	185	195	181	196	196
9'30"			183	192	185	195	184	196	196

表5-A 3,000m タイムトライアル・レコード

lap	Aグループ		Bグループ		Cグループ	
	lapttime	speed(m/min)	lapttime	speed(m/min)	lapttime	speed(m/min)
0-400m	0'72"	333	0'70"	343	0'67"	333
400-800m	2'23"	338	2'21"	338	2'22"	338
800-1,000m	2'58"	343	2'57"	333	2'59"	343
1,000-1,200m	3'36"	315	3'33"	333	3'36"	315
1,200-1,600m	4'50"	324	4'45"	333	4'54"	324
1,600-2,000m	6'06"	316	5'58"	329	6'11"	316
2,000-2,400m	7'24"	308	7'12"	324	7'29"	308
2,400-2,800m	8'40"	316	8'24"	333	8'47"	316
2,800-3,000m	9'14"	353	8'55"	387	9'23"	353

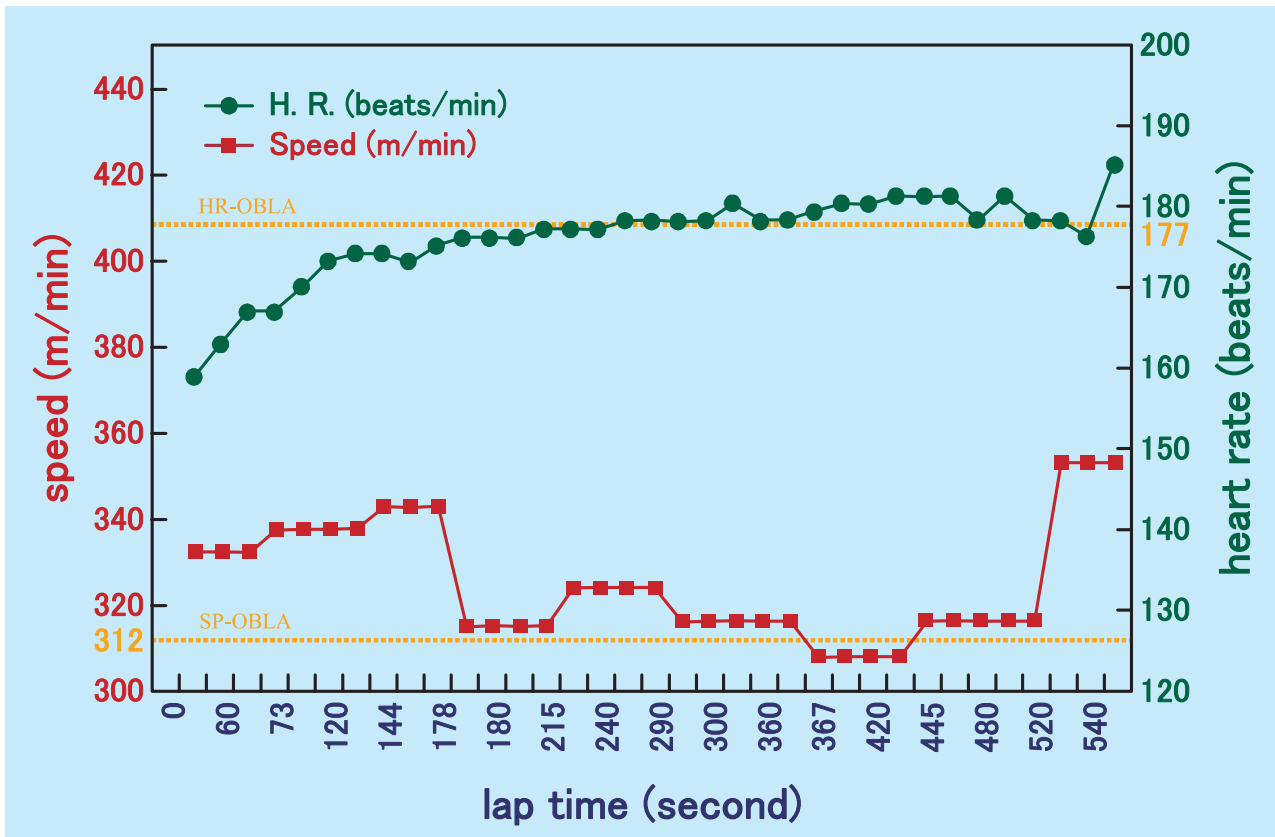


図4 3,000 m走での走行スピードとSP-OBLA, HR-OBLAの関係

表5-A, BからC選手の3,000 mタイムトライアルにおける走行速度と走行中の心拍数をグラフにして示した。3,000 m走での走行スピードは、走り始めてから30秒後には既にSP-OBLAを越えており、心拍数も5分以内にはHR-OBLAを越えている。その後、走速度がダウンする(スピードがSP-OBLAに近づく)と、心拍数は余り増加せずにHR-OBLAを維持していることが分かる。

した(図4)。そのグラフを見ると、3,000 m走での走行スピードは、走り始めてから30秒後には既にSP-OBLAを越えており、心拍数も5分以内にはHR-OBLAを越えていることが分かる。そしてその後、走速度を落としてSP-OBLAに近づけることによって、心拍数は余り増加せずに維持できることが分かった。このことは、逆に心拍数がHR-OBLAを大幅に越えないようにスピードをコントロールすれば、走行速度がSP-OBLAに近づくようになり、SP-OBLAを保てば、乳酸の蓄積が少なくなることで選手の疲労が減少し、効率のよいランニングが可能となることを示唆する。

また、5,000 m走(陸上競技大会)でも同様の調査を行ったが、1例を除いた選手は、走行中の心拍数がHR-OBLAを大幅に越えていた(データは省略)。そして、心拍数をHR-OBLAに比較的近い値に維持できた選手は良い競技成績を得た。

これらの結果は、(コーチは選手の心拍数を走行中に、ハートレート・モニターを用いて無線でモニターすることにより、選手に対して、競技中にHR-OBLAに近い心拍数を維持させることができるので)コーチが選手にSP-OBLAに近いペースを指示できることを意

味しており、この指示によって、長距離走競技での成績の向上が期待できると思われる。

## まとめ

- 1) 高校駅伝部の男子生徒23名(15~18歳)を対象に、中・長距離走における走行速度と血中乳酸濃度、ならびに心拍数の関係を調査した。
- 2) 中距離走における、走行速度と心拍数とは極めて良く相関した( $r = 0.995$ )。
- 3) 血中乳酸値は260~280 m/minのスピード領域を臨界点として急激に上昇した。  
また、SP-OBLAは平均292 m/minであった。
- 4) 3,000 m走ならびに5,000 m走の平均走行速度とSP-OBLAの間には相関関係が認められた。このことから、SP-OBLAをトレーニングに取り入れることが可能であることが分かった。
- 5) 3,000 m走での平均走行速度とHR-OBLAとの相関は認められなかったが、5,000 m走での平均走行速度とHR-OBLAの間に相関が認められた。
- 6) このことから、5,000 m以上の長距離走・競技会



では走行中の心拍数をモニターすることによって、コーチが選手にSP-OBLA を指示する事が可能となり、競技成績の向上が期待できると思われた。

### 参考文献

- 1) Costill D.L., Thomason H. and Roberts E.: Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. *Med. Sci. in Sports* 41: 544-550, 1973.
- 2) Beaver W.L., Wasserman K. and Whipp B.J.: A new method for detecting anaerobic threshold by gas change. *J. Appl. Physiol.* 60: 2020-2027, 1986.
- 3) Farrell P.A., Wilmore J.H., Coyle E.F., Billing J.E. and Costill D.L.: Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. in Sports* 11: 518-528, 1989.
- 4) 加賀谷熙彦, 吉田博幸: マラソンランナーの最大酸素摂取量とAT, *J. J. Sports Sci.* 8: 718-726, 1989.
- 5) 田中喜代次: 持久性競技者の競技成績とAT, *体育の科学* 39: 382-390, 1989.
- 6) Sjodin B. and Jacobson I.: Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2: 23-26, 1981.
- 7) 進藤宗洋, ほか: グランド走を利用したOBLAに相当する走行スピード測定法の検討とその活用, 昭和61年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集: 46-59, 1986.
- 8) Connett R.J., Gayeski T.E. and Honig C.R.: Lactate efflux is unrelated to intracellular  $P_{O_2}$  in a working red muscle in situ. *J. Appl. Physiol.* 61: 402-408, 1986.
- 9) Hughson R.L., Weisiger K.H. and Swanson G.D.: Blood lactate concentration increases as a continuous function in progressive exercise. *J. Appl. Physiol.* 62: 1975-1981, 1987.
- 10) Wasserman K., Whipp B.J., Koyal S.N. and Beaver W.L.: Anaerobic threshold and respiratory gas change during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35: 236-243, 1973.
- 11) 森岡保典, ほか: 間欠的ランニングテストから推定されるアネロビック・パワーと400 m走記録との関係, 平成10年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集: 1-7, 1998.
- 12) 森岡保典, ほか: 陸上・中距離選手の生理学的特性に関する研究, 平成12年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集: 1-6, 2000.
- 13) 中村好男, 山本義春: 健康の維持・増進のための適正な運動強度の探索 - 自律神経系拮抗調節から見た無酸素性作業閾値の実用上の意義についての検討 - : *体力科学研究* 77: 82-91, 1991.
- 14) 大島秀武, ほか: 運動時におけるリアルタイムでの心拍動解析に基づく至適運動強度の決定: *体力科学* 52: 295-304, 2003.

(受付 2003年7月31日)