

平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.XI 間欠的ランニングテストから推定されるアネロビック・
パワーと中距離走能力との関係

財団法人 日本体育協会
スポーツ医・科学専門委員会

平成11年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.XI 間欠的ランニングテストから推定されるアネロビック・パワーと中距離走能力との関係

報告者 (財)日本体育協会・スポーツ科学研究所

森丘 保典¹⁾ 伊藤 静夫¹⁾ 原 孝子¹⁾

雨宮 輝也¹⁾ 内丸 仁²⁾ 大庭 恵一³⁾

I. 緒 言

中距離走者を対象とした研究は、その多くが長距離や短距離といった、他のカテゴリー種目との比較であり、長距離走者との比較では無気的能力に優れている(有気的能力に劣る)こと(黒田ほか, 1973; Lacour et al, 1990; Mckenzie et al., 1982; Scott et al., 1991; Schnabel and Kindermann, 1983; Svedenhag and Sjodin, 1984), 短距離走者との比較では有気的能力に優れている(無気的能力に劣る)こと(Granier et al., 1995; Ohkuwa et al., 1984; Olesen et al., 1994)が報告されている。しかしながら、一口に中距離走と言っても、おおよそ2分程度で終了する800m走と、その倍の4分程度で終了する1500m走においては、その競技特性および必要とされる能力は異なると考えられる。また、中距離の中にもより無気的能力に優れたいわゆる「短距離型」の選手や、より有気的能力に優れた「長距離型」の選手が混在しているであろうことは十分考えられる。森丘ら(1999)は、同等の400m走記録を有する短距離、中距離、混成競技選手の間欠的ランニング中の血中乳酸動態から推定する Anaerobic power を算出し、各種目間に有意差があることを報告している。彼らは、この理由として、乳酸の代謝は筋線維組成に影響を受けること(Baldwin, 1972; Madureira, 1988)や、持久性トレーニングにより同一運動中の血中乳酸濃度が低下すること(Donovan & Pagliasotti, 1990; Oyono-Enguelle, 1990), また、高強

度トレーニングにより運動後の血中乳酸濃度の低下が早まること(Hatta, 1990)などをあげており、生得的に、あるいはトレーニングによって異なる生理学的特性をもつ各選手が、400m走において有気および無気的能力それぞれを最適化していることの一つの証拠になると指摘している。また、永井ら(1993)は、中長距離走者ともに持久的トレーニングにおいて無気的能力および有気的能力の両者の評価からその優劣のバランス(持久力のタイプ)を知ることによって、適切なトレーニング目標を設定することが重要であると述べており、異なる持久力タイプを把握することの重要性を指摘している。

そこで本研究では、中距離種目(800mおよび1500m)を専門とする被験者を用いて、漸増負荷による間欠的なランニングテストを行い、血中乳酸動態から推定される Anaerobic power の種目特性や中距離走記録(800m, 1500m)との関係について明らかにし、中距離走能力を評価する指標を作成するための基礎的資料を得ることを目的とした。

II. 方 法

2. 1 被験者

被験者は、大学陸上競技部に所属する男子で、中距離を専門とする選手8名であった。被験者の身体特性および競技記録については Table 1. に示した。

2. 2 測定方法

2.2.1 Maximal Anaerobic Running Test (MART) について

1) 日本体育協会スポーツ科学研究所

2) 順天堂大学大学院 3) 筑波大学

Table 1. Characteristics of subjects.

Age(yrs)	Height(cm)	Body weight(kg)	Running time(sec)	
			800m	1500m
21.0±1.4	174.7±5.8	63.7±4.4	114.9±5.2	241.8±14.7

Values are means±SD.

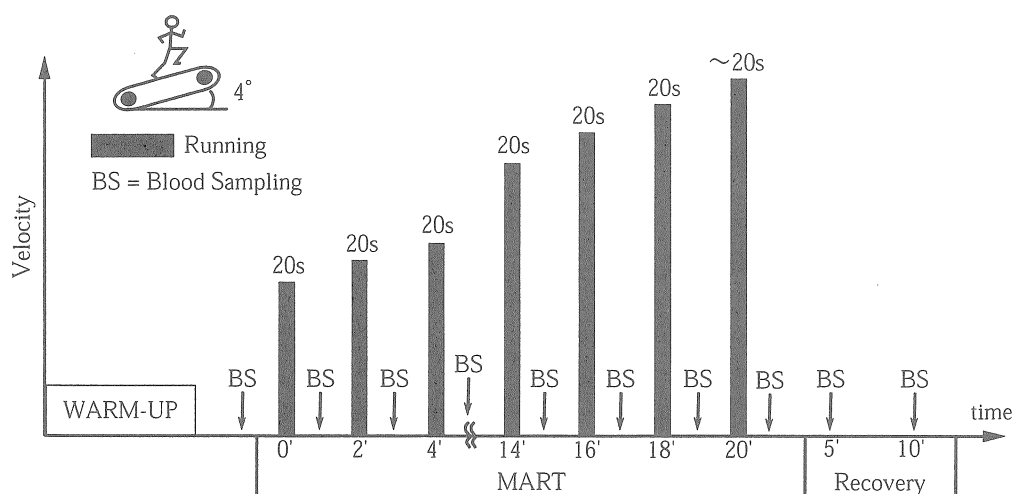


Fig 1. Schematic presentation of the MART protocol.

Fig. 1は、Rusko et al. (1993) の推奨する方法による MART のプロトコールを示したものである。被験者は、4度の傾斜をつけた既に回転しているトレッドミルに安全バーをつかみながら跳び乗り、1～2秒間脚の動きを合わせた後に、手を放し20秒間のランニングを行った。ランニング終了後40秒の時点で、耳朶からの採血を行い、自動乳酸分析器 (Shimadzu CL-760) を用いて分析した。ランニング終了から100秒後 (ランニングをスタートしてから120秒後) に、再び次のランニングをスタートし、Exhaustion に至るまで8～10回のランニングを繰り返した。ランニングが終了した後、1、5、10分後にも耳朶から採血し乳酸分析を行った。

初回走速度は、Exhaustion に至るまでに8～12回の走行が可能で、しかも初回走行終了後の乳酸が3mM 以上にあがらない速度として250m/minを採用し、以後 Exhaustion に至るまで25m/min ずつ増加させた。

2.2.2 算出する各パラメータについて

本実験のランニング・パフォーマンスとして用いる総走行時間 (Total running time: 以下 TRT とする) については、exhaustion したセットにおける9秒以下の走行はキャンセルするという先行研究の方法 (Rusko et al., 1993) に基づき、以下の式にて算出した。

$$20\text{秒} + 20\text{秒完走セット数} (2\text{セット目以降}) \times 11\text{秒} + \text{exhaustion セットの走行時間} - 9\text{秒}$$

例えば、9セット目の10秒で exhaustion した場合、 $20\text{秒} + 7\text{回} \times 11\text{秒} + 10\text{秒} - 9\text{秒} = 98\text{秒}$ となる。

MART 終了後の最高血中乳酸濃度 (PBla) は、exhaustion が終了してから1、5、10分後の値の中で最も高いものを採用した。

本研究で用いる Anaerobic Power の指標である酸素需要量 (ml/kg/min) は、American College of Sports Medicine (ACSM) のガイドライン (1995) および Rusko et al. (1993) の方法に基づき算出した。

$$VO_2 = 0.2v + 0.9\text{grade} \cdot v + 3.5$$

$$VO_2 = \text{酸素需要量 (ml/kg/min)}, v = \text{ランニン}$$

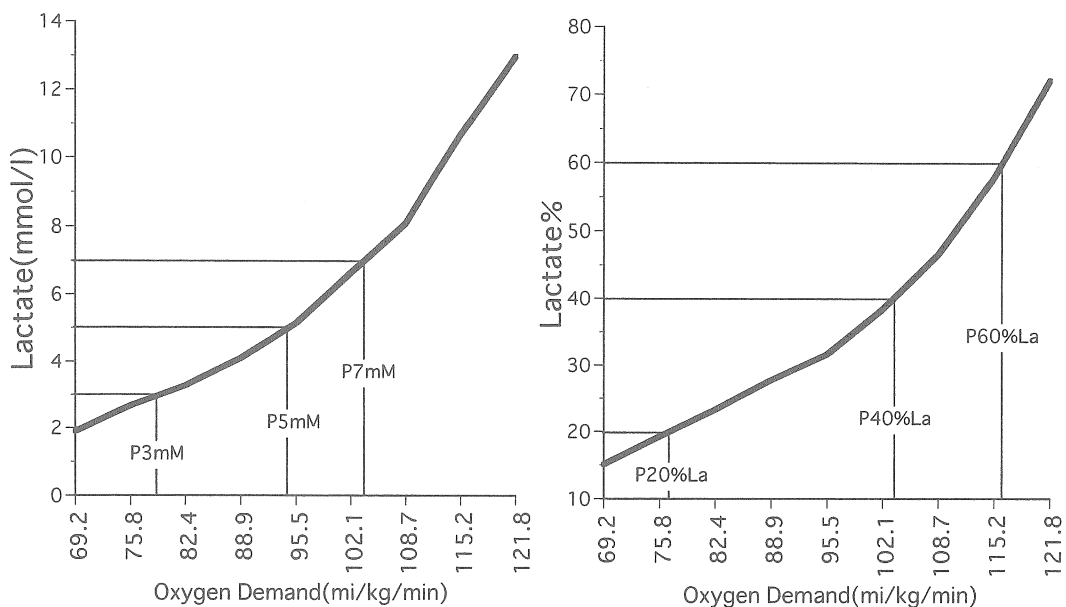


Fig 2. Determination of P3, 5, 7mM and P20, 40, 60% La.

グ・スピード (m/min), grade=トレッドミルの傾斜 (tangent, 傾斜4° の場合は0.0699), 3.5=安静時の酸素摂取量 (ml/kg/min)

血中乳酸濃度3mmol/l, 5mmol/l, 7mmol/l時における酸素需要量 (以下, それぞれ P3mM, P5mM, P7mM とする) および PBl a を100%としたときの20%, 40%, 60%の血中乳酸値における酸素需要量 (以下それぞれ P20% La, P40% La, P60% La とする) については, 血中乳酸-酸素需要量曲線を内挿する (Fig. 2) ことにより算出した。

また, 競技成績については, 競技会における800 m, 1500m 走の平均速度 (秒速: 以下 V-800m, V-1500m とする) を算出した。

2.2.3 統計処理

相関分析には, ピアソンの積率相関分析を用いた。有意性の判定には, 危険率5%を採用した。

III. 結 果

Fig. 3は, 本実験のランニングパフォーマンスである TRT と中距離走速度との関係について示したものである。V-800m, V-1500m とともに TRT とのあいだに有意な相関関係がみられたが, 特に1500 m 走速度との間に極めて高い相関関係 ($r = -$

0.969, $P < 0.001$) が認められた。

Fig. 4は, PBl a と中距離走速度との関係について示したものである。V-800m, V-1500m と PBl a との間には有意な相関関係が認められなかった。

Fig. 5は, P3mM, P5mM, P7mM と V-800m, V-1500m との関係について示したものであるが, 各パラメータ間に有意な相関関係は認められなかった。

Fig. 6は, P20% La, P40% La, P60% La と V-800m, V-1500m との関係について示したものである。V-800m については, P60% La との間のみ有意な相関関係が認められた ($r = 0.835$, $p < 0.01$)。V-1500m については, P40% La, P60% La との間に, それぞれ有意な相関関係が認められた ($r = 0.903$, $p < 0.01$; $r = 0.936$, $p < 0.001$)。

IV. 考 察

TRT と V-800m, V-1500m との間に有意な相関関係が認められたことから, MART が中距離走能力を反映し得るテストであることが示された。

Fig. 7は V-800m, V-1500m および TRT がほぼ同等の被験者の血中乳酸動態を比較したものである。被験者 H (subject no. 2) は, 最大下負荷時の乳酸値および PBl a において最も高い値

Table 2. Physiological Characteristics and performances of subjects.

Subject no.	V-800m (m/s)	V-1500m (m/s)	TRT (sec)	PBl _a (mmol/l)	P3mM	P5mM	P7mM	P20%La P40%La P60%La		
								(ml/kg/min)		
1	7.26	6.51	113	12.57	101.6	112.4	123.2	95.7	112.5	124.5
2	7.25	6.57	112	16.76	82.9	100.7	111.2	88.6	110.1	122.7
3	7.21	6.54	114	15.46	80.0	103.2	112.3	81.2	108.6	118.8
4	7.13	6.10	109	14.38	89.8	104.7	112.4	88.0	108.0	117.9
5	7.04	6.54	117	16.79	90.0	104.2	112.9	92.3	112.0	120.7
6	6.72	6.10	101	14.45	91.1	105.4	112.3	90.2	109.0	116.5
7	6.71	5.66	96	13.85	82.6	95.5	103.4	79.6	97.7	108.6
8	6.45	5.77	97	13.72	85.9	100.9	109.3	83.9	103.2	112.0
mean	6.97	6.22	107.4	14.75	88.0	103.4	112.1	87.4	107.6	117.7
SD	0.3	0.37	8.19	1.49	6.8	4.8	5.5	5.5	4.9	5.3

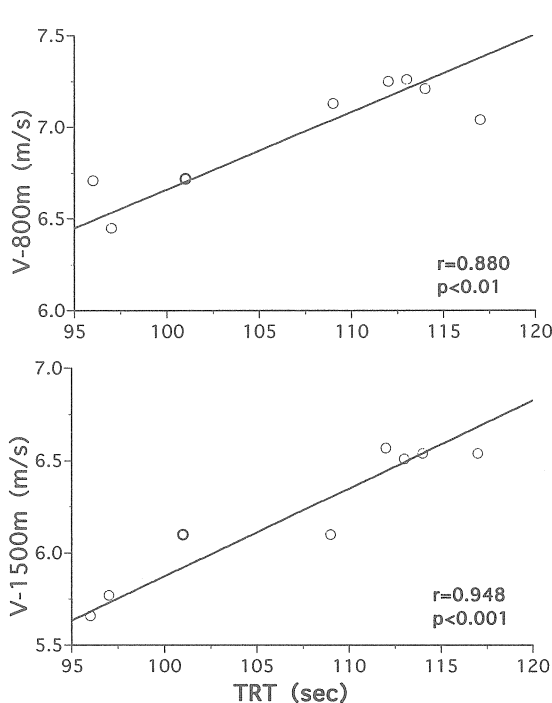


Fig 3. Relationship between TRT and velocity of 800m, 1500m race

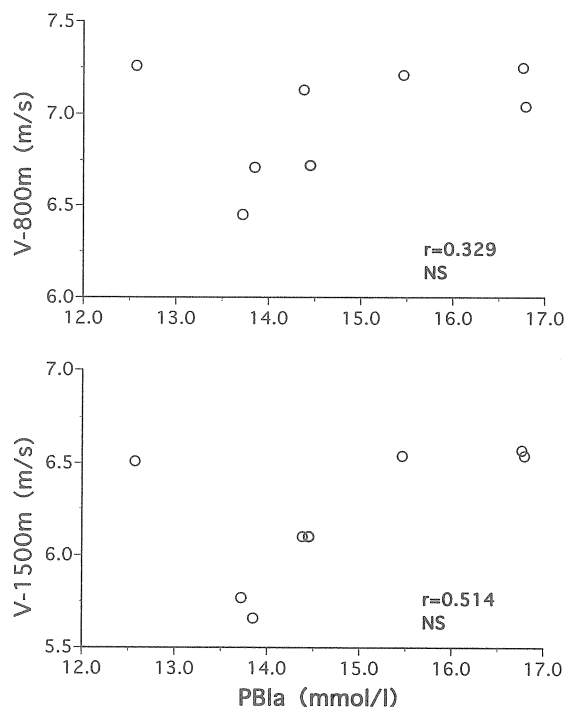


Fig 4. Relationship between PBl_a and velocity of 800m, 1500m race

(16.79mmol/l)を示した。一方、被験者I(subject no. 1)は、最大下負荷時の乳酸値も低く PBl_a も最も低い値(12.57mmol/l)を示していた。主に乳

酸を産生する筋においては、筋線維タイプにより代謝が異なり、FT タイプでは解糖系酵素活性が高く乳酸産生に傾き、ST タイプでは酸化能力が高く

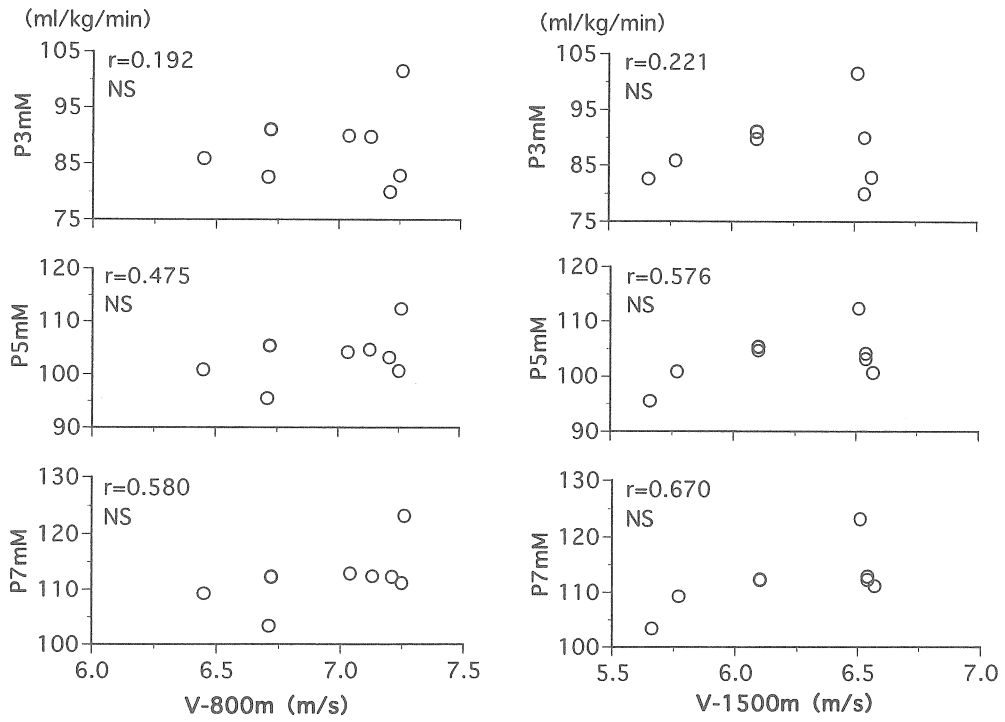


Fig 5. Relationship between P3, 5, 7mM and velocity of 800m, 1500m race

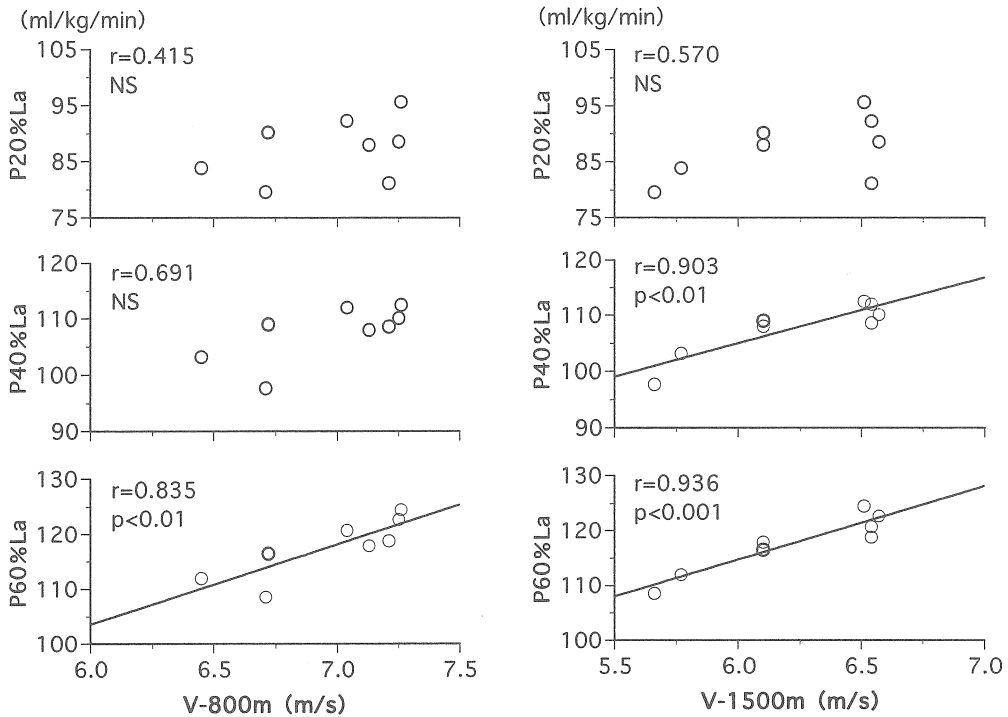


Fig 6. Relationship between P20, 40, 60% La and velocity of 800m, 1500m race

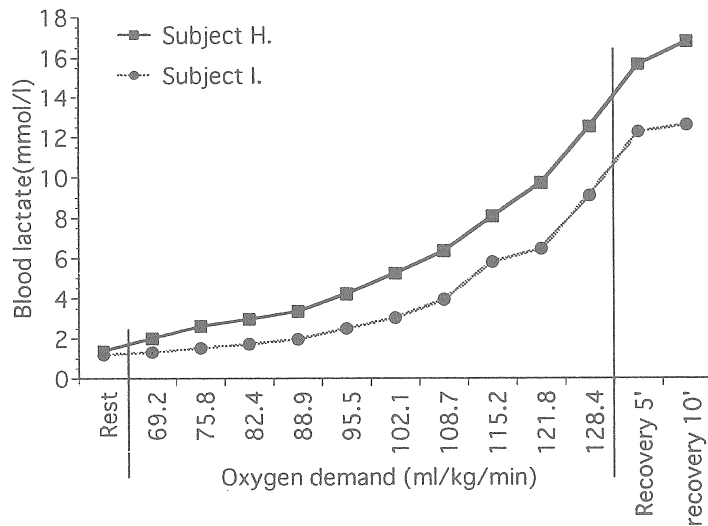


Fig 7. Blood lactate curve of subject H. and Subject I.

乳酸の産生が低いことが報告されている (Baldwin, 1972; Madureira, 1988)。また、勝田ら (1986) は、大学陸上選手を対象に筋バイオプシー法を用いて外側広筋の筋線維組成を調べ、FT 線維の占める割合が最も高いのは短距離であり、以下中距離、長距離の順であったことを報告している。被験者 H は、400m 走の能力も高く、中距離選手の中では「短距離型 (短距離選手に近い)」に分類される選手であると考えれば、被験者 I に比べて % FT や PFK 酵素活性が高いことは十分考えられ、そのような差が Fig. 7 にみられる血中乳酸動態の相違につながったということが推察される。同等の中距離走能力を有する 2 名の被験者の比較において、このような差が認められたことは、生理学的特性やトレーニング内容が同様であると考えられる中距離選手においても、パフォーマンスを最適化するためのエネルギー供給系への依存度が、選手の筋線維組成や代謝特性によって異なるということを示していると推察される。

Lacour et al. (1990a) は、一流中距離選手を対象に 800m レース終了後の血中乳酸を測定し、レースの平均走速度との間に有意な正の相関関係が認められたことを報告している。しかしながら、本研究においては、PB1a と V-800m, V-1500m および本実験における走力を意味する TRT との間に有意な相関関係は認められなかった。また、血中

乳酸値の絶対値を基準として算出したパワー (P3 mM, P5mM, P7mM) と V-800m, V-1500m との間にも有意な相関が認められなかった。森丘ら (1999) は、同等の 400m 走能力を有する短距離、中距離および混成競技選手による MART を行い、PB1a および P3, 5, 7mM と 400m 走記録との間に有意な相関関係が見られなかったことを報告している。本研究では中距離走者のみを対象としているが、先に述べたような生理学的特性の異なる選手が混在する集団であると考えれば、これらの結果は十分予想できるものであった。

そこで、本研究では、PB1a を 100% としたときの相対的 (20%, 40%, 60%) な血中乳酸値濃度時の Anaerobic power を算出し、V-800m, V-1500m との関係について検討した。この指標は、有気的能力に代表される血中乳酸の産生を抑える、あるいは利用、除去する能力を反映するとされる最大下負荷時での血中乳酸動態、および Anaerobic capacity の評価に用いられる最高血中乳酸値の 2 変数によって決定される。本研究では、P % 40La と V-1500m, P % 60La と V-800m, V-1500m の間に有意な相関関係が認められた。尾懸ら (1998) は、全力疾走速度に対する筋疲労時疾走速度の割合と下肢関節の筋持久性、最大酸素摂取量との間に有意な正の相関関係が認められたことを示し、短距離走においての有酸素能力の重要性を示唆し

ている。また、Lacour et al. (1990b) は、一流中距離走者を対象に漸増負荷ランニングテストを行い、血中乳酸値4mmol/l 時の走速度と800m~5000m のレース記録との関係について調べ、1500m, 3000m, 5000m の走速度との間に有意な相関関係があることを報告している。運動時間を考えても、1500m が800m に比べて有気的能力への依存度がより高くなるのは明らかであり、V-1500m だけが P40% La と有意な相関が認められたことは、先行研究の結果を支持するものであるといえよう。さらに言えば、1500m 走速度と P5mM, P7mM との間に有意な相関関係がみられなかったにもかかわらず、PB1a の40% (5.9±0.6mmol/l) を基準に算出したパワーとの間に認められたことは、この指標が選手の生理学的特性を考慮する指標であることを示唆していると思われる。

血中乳酸値は、産生と除去のバランス、筋中から血中に拡散するまでの時間などによって決定されるので、運動後の血中乳酸濃度から運動中の乳酸産成量を直接評価することはできないことが指摘されている(八田, 1991)。また、走速度を規定する因子には、生理学的な条件だけでなく、技術的な条件も大きく関わっていることは疑いもない。しかしながら、本研究の結果から、PB1a を基準とした相対乳酸値によって算出されたパワーが、中距離走能力を評価する指標の一つとして用いることのできる可能性を示したといえよう。

V. 要 約

本研究の目的は、中距離選手を対象に間欠的なランニングテストを行い、血中乳酸動態から推定される Anaerobic power と中距離走能力との関係を検討することであった。

結果の要約を以下に示す。

- 1) TRT と800m, 1500m 走記録との間に有意な相関関係が認められた。
- 2) P%40La と V-1500m, P%60La と V-800m および V-1500m との間に有意な相関関係が認められた。

以上のことから、MART が中距離走能力を反映するテストであるということ、また、P%40La が1500m に、P%60La が800m および1500m 走に必

要な能力を評価する指標の一つとして用いることのできる可能性が示唆された。

VI. 文 献

- American College of Sports Medicine (1995) ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 5th ed. Philadelphia, Williams & Wilkins: pp. 277-279.
- Baldwin, K. M., Klinkerfuss, G. H., Terjng, P. A., Mole, P. A. and Holloszy, J. O. (1972) Respiratory capacity of white, red, and intermediate muscle: adaptative response to exercise. *Am. J. Physiol.* 222: 373-378.
- Gramier, P., Mercier, B., Mercier, J., Prefaut, C. (1995) Aerobic and anaerobic contribution to wingate test performance in sprint and middle-distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 70: 58-65.
- 八田秀雄 (1991) 運動中および運動後における乳酸の代謝とそのトレーニング効果. *体育の科学*, 41, 305-310.
- 勝田茂, 宮田浩文, 麻場一徳, 土肥徳秀 (1986) ニードルバイオプシー法による各種スポーツ選手の筋線維組成および毛細血管分布について. *筑波大学体育科学系紀要* 9: 175-180.
- 黒田善雄, 伊藤静夫, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児 (1973) 日本人一流競技選手の最大酸素摂取量並びに最大酸素負債量-第2報-. *昭和48年度日本体育協会スポーツ科学研究報告*. 1-27.
- Lacour, J. R., Padilla-Magunacelaya, S., Barthelemy, J. C., Dormois, D. (1990a) The energetics of middle-distance running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 60: 38-43.
- Lacour, J. R., Bouvat, E. and Barthelemy, J. C. (1990b) Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. *Eur. J. Appl. Physiol.* 61: 172-176.
- Madureira, G. and Hasson-Voloch, A. (1988) Lactate utilization and influx in resting and working rat red muscle. *Comp. Biochem. physiology.* 89A: 693-698.
- 森丘保典, 持田尚, 大庭恵一, 伊藤静夫, 原孝子, 内丸仁, 雨宮輝也 (1999) 間欠的ランニングテストから推定される anaerobic power と400m 走記録との関係. *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集* XI,

1 - 8 .

- Mckenzie, D. C., Parhouse, W. A. and Hearst, W. E. (1982) Anaerobic performance characteristics of elite canadian 800 meter runners. *Can. J. Appl. Sports Sci.* 7 : 158-160.
- 永井純, 山地佳寿美, 佐伯徹郎, 高松薫 (1993) 800m 走における短距離型および長距離型走者の体力特性: 同一記録を有する日本の一流女子走者の場合. *陸上競技研究* 14 : 2 - 8 .
- 尾縣貢, 福島洋樹, 大山圭悟, 安井年文, 関岡康雄 (1998) 筋疲労時の疾走能力と体力的要因との関係. *体力科学*, 47, 535-542.
- Ohkuwa, T., Kato, Y., Katsumata, K., Nakao, T. and Miyamura, M. (1984) Blood lactate and glycerol after 400-m and 3000-m runs in sprint and long distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53 : 213-218.
- Olesen, H. L., Raabo, E., Bangsbo, J. and Secher, N. H. (1994) Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *Eur. J. Appl. Physiol.* 69 : 140-146.
- Rusko, H., Nummela, A and Mero, A. (1993) A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66 : 97-101.
- Schnabel, A. and Kindermann, W. (1983) Assessment of anaerobic capacity in runners. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 52 : 42-46.
- Scott, C. B., Roby, F. B., Lohman, T. G. and Bunt, J. C. (1991) The maximally accumulated oxygen deficit as indicator of anaerobic capacity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23 : 618-624.
- Svedenhag, J. and Sjodin, B. (1984) Maximal and submaximal oxygen uptake and blood lactate levels in elite male middle- and long-distance runners. *Int. J. Sports Med.*, 5 : 255-261.