

日本一流男子ジュニア 400m 走競技者のアネロビックパワー発揮特性について

持田 尚¹⁾ 原田康弘²⁾ 松尾彰文³⁾ 高松潤二³⁾ 深代千之⁴⁾ 阿江通良⁵⁾
1) 横浜市スポーツ医科学センター 2) 日本陸上競技連盟ジュニア強化部長
3) 国立スポーツ科学センター 4) 東京大学 5) 筑波大学

1. 目的

日本一流男子ジュニア 400m 走競技者の最大走パワーと血中乳酸濃度から推定される亜最大走パワーを明らかにし、彼らの生理学的特性について実態を把握することで、今後のジュニア強化につながる資料としたい。

2. 方法

2.1 被検者

被検者は、ジュニア測定合宿(2002年～2005年)に選抜された選手9名を含む、男子400m走競技者16名と200m走のインターハイ優勝者(以下 Jr. top200 とする)が1名、そして800m走インターハイ優勝者(以下 Jr. top800 とする)が1名の計18名であった。そして、400m走競技者のうち400m走記録(秒)が48秒未満(45.47～47.79秒)の上位グループを、全がジュニア選手であったためジュニアトップ群(以下 Jr. top400 とする)とし、48.00秒以上のグループを Normal 群(以下 Normal400 とする)とした。また、被検者 A 選手は日本高校記録保持者であり、ジュニア400m走競技者のトップとして参考にした。

被検者の400m走記録、そして200m走、800m走記録は表1に示した。各記録は測定実施日から半年以内で、より測定日に近い公認記録を採用した。

2.2 測定方法

2.2.1 テストについて

被検者の走パワーを推定するためのテストとして、Rusk et al. (1993) が推奨している Maximal Anaerobic Running Test (以下 MART とする) を用いた。これは、Anaerobic Power をトレッドミルで

測定する方法として開発されたものであり、既に先行研究においてその信頼性、妥当性が検証されている (Nummular, et, al. 1996b; Maxwell, et al., 1996)。

また、最近では400m走能力を反映した評価指標としての有用性も検証され(森丘ら, 2003)、そして現場においても400m走競技者のトレーニング効果テストとして普及されつつある(持田ら, 2004)。

被検者は、傾斜4度のトレッドミル上を20秒間走行し、100秒間の休息を挟みながら繰り返し走行した。走速度は、1本目が分速250m。そして2本目以降は分速25mずつ漸増させていき、テストは走者が速度に付いていけなくなった時点で終了とした。各走行後40秒の時点、およびテスト終了後、1、3、5、7、10分後に耳朶から採血し、自動乳酸分析器(BIOSEN-5040)を用いて血中乳酸(以下 BLa とする)の分析を行った。

2.2.2 算出するパラメータについて

走パワーの指標として用いる酸素需要量(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、以下の式にて算出した。

$$\dot{V}O_2 = 0.2v + 0.9 \text{grade} \times v + 3.5$$

ただし、 $\dot{V}O_2$: 酸素需要量 (ml/kg/min), v : トレッドミル速度 (m/min), grade: トレッドミルの傾斜, 3.5: 安静時の酸素摂取量 (ml/kg/min)

そして、最大走パワー(以下 Pmax とする)は Rusko et al. (1993)の方法を参考に、以下の式にて算出した。

$P_{max}(\text{ml/kg/min}) = \text{最後に20秒間完走したセットの酸素需要量 (ml/kg/min) + テスト終了時のセットの走行時間} - 9 \text{ (秒)} \times 0.6 \text{ (ml/kg/min)}$

表1 被検者の競技記録と MART の結果一覧

| Sub. | 400m | Group | PBLa | Pmax | P5mM | P7mM | P10mM | P20% | P40% | P60% |
|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| A 選手* | 45.47 | Jr.400 | 22.58 | 133.2 | 89.7 | 103.0 | 113.4 | 81.7 | 111.1 | 122.8 |
| B 選手 | 46.81 | Jr.400 | 19.49 | 128.4 | 91.3 | 103.3 | 112.0 | 78.9 | 105.5 | 117.4 |
| C 選手 | 47.08 | Jr.400 | 19.13 | 133.8 | 97.6 | 107.9 | 119.4 | 85.9 | 110.6 | 123.1 |
| D 選手 | 47.25 | Jr.400 | 17.06 | 125.4 | 99.1 | 106.7 | 116.9 | 86.1 | 106.1 | 117.2 |
| E 選手 | 47.34 | Jr.400 | 20.31 | 127.2 | 87.2 | 101.6 | 111.1 | 82.8 | 105.5 | 116.3 |
| F 選手 | 47.41 | Jr.400 | 17.62 | 125.4 | 95.3 | 108.5 | 119.9 | 74.7 | 108.8 | 121.5 |
| G 選手 | 47.46 | Jr.400 | 14.26 | 127.2 | 101.8 | 110.3 | 121.8 | 75.4 | 104.8 | 116.6 |
| H 選手 | 47.71 | Jr.400 | 18.61 | 129.0 | 98.2 | 107.9 | 118.1 | 84.3 | 109.6 | 121.1 |
| I 選手 | 47.79 | Jr.400 | 17.71 | 127.8 | 99.9 | 109.7 | 118.5 | 89.8 | 110.1 | 119.9 |
| J 選手 | 48.00 | N ₄₀₀ | 18.81 | 129.0 | 100.9 | 110.5 | 121.9 | 93.3 | 112.2 | 124.2 |
| K 選手 | 48.81 | N ₄₀₀ | 17.72 | 126.0 | 88.6 | 102.6 | 112.2 | 75.6 | 102.8 | 115.3 |
| L 選手 | 48.82 | N ₄₀₀ | 16.26 | 123.0 | 92.5 | 104.9 | 116.6 | 76.2 | 101.6 | 116.1 |
| M 選手 | 49.55 | N ₄₀₀ | 17.57 | 123.0 | 96.1 | 105.5 | 116.1 | 84.7 | 105.6 | 117.0 |
| N 選手 | 49.89 | N ₄₀₀ | 17.02 | 127.2 | 103.7 | 111.9 | 120.7 | 92.1 | 111.3 | 121.3 |
| O 選手 | 51.40 | N ₄₀₀ | 17.96 | 119.4 | 83.1 | 96.9 | 106.8 | 73.4 | 97.5 | 109.1 |
| P 選手 | 51.65 | N ₄₀₀ | 18.80 | 122.4 | 97.2 | 104.7 | 113.3 | 86.4 | 106.9 | 116.1 |

| | 記録 | Group | PBLa | Pmax | P5mM | P7mM | P10mM | P20% | P40% | P60% |
|-------------------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q 選手 ₁ | | Jr.200 | 20.09 | 128.4 | 92.4 | 101.4 | 111.9 | 86.0 | 105.1 | 118.4 |
| R 選手 ₂ | | Jr.800 | 16.40 | 128.4 | 113.9 | 119.6 | 125.7 | 105.3 | 118.4 | 125.4 |

*:日本高校記録保持者 1:Jr_{top200} (高校 200m 走トップ選手) 2:Jr_{top800} (高校 800m 走トップ選手)

N₄₀₀:Normal₄₀₀, Jr.400: Jr.top₄₀₀, Jr.200: Jr.top₂₀₀, Jr.800: Jr.top₈₀₀

P20% : P20%BLa, P40% : P40%BLa, P60% : P60%BLa 400m : (秒)

PBLa (mmol/l) P : パワー (ml/kg/min)

BLa の絶対値 (5mmol/l, 7mmol/l, 10mmol/l) を基準とした亜最大パワー (P5mM, P7mM, P10mM) および MART 終了後の最大血中乳酸濃度 (以下 PBLa とする) の相対値 (%PBLa; PBLa の 20%, 40%, 60% の BLa) を基準とした亜最大パワー (P20%BLa, P40%BLa, P60%BLa) については、BLa - 酸素需要量曲線および %PBLa - 酸素需要量曲線を用いて、各基準を挟む最も近い連続した 2 点間の回帰直線に内挿して求めた。

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。また、有意差検定には、ノンパラメトリック検定の Mann-Whitney 検定を用いた。それぞれの有意性の判定には危険率 5%未満を採用した。

3. 結果

表 1 に、MART の結果を示した。

図 3 は、400m 走記録と Pmax, P5mM, P7mM, P10mM との関係について調べたものである。400m 走記録と Pmax との間にはのみ、有意な相関関係 ($r=-0.789$ $P<0.01$) が認められた。

図 4 は、400m 走記録と P20%BLa, P40%BLa, P60%BLa との関係について示したものである。400m 走記録と P60%BLa との間には有意な相関関係 ($r=-0.580$ $P<0.05$) が認められた。

図 5 は、Jr. top400 と Normal400 の Pmax 平均値の比較である。2 群間には有意な差 ($P<0.05$) が認められた。

図 6 は、Jr. top400 と Normal400 の Pmax 平均値の比較である。2 群間には有意な差が認められなかった。

図 7 は、Jr. top400, Jr. top200, Jr. top800, そして A 選手の MART 中の BLa - 酸素需要量曲線を比較したものである。

図 8 は、Jr. top400, Jr. top200, Jr_{top800}, そして A 選手の MART 中の %PBLa - 酸素需要量曲線を

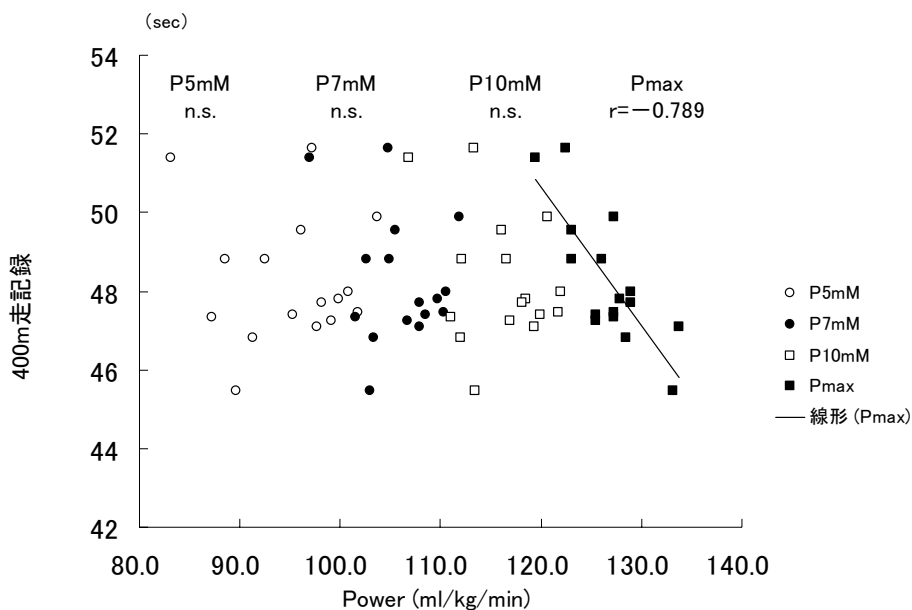


図3 400m走記録とPmax、P5mM、P7mM、P10mMとの関係

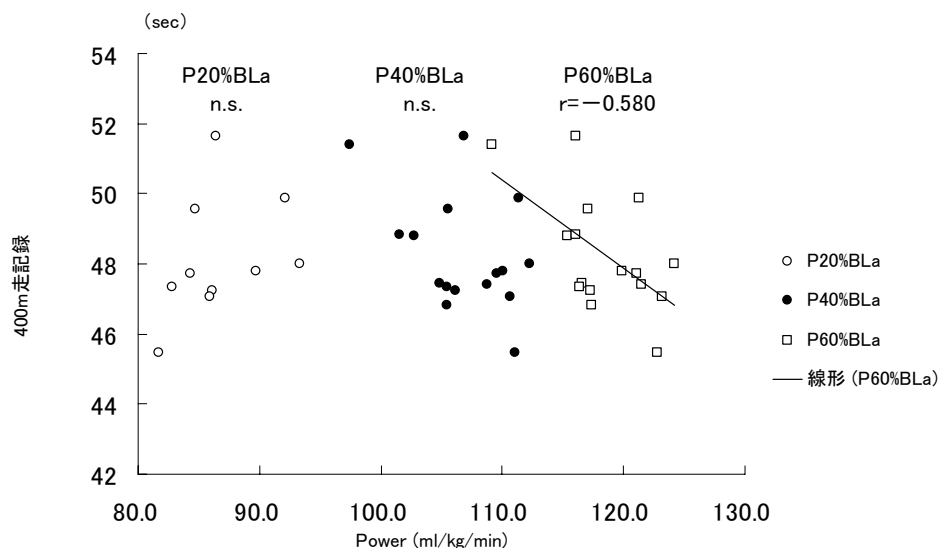


図4 400m走記録とP20%BLa、P40%BLa、P60%BLaとの関係

比較したものである。

4. 考察

4.1 Jr. top400のPmaxについて

Pmaxと記録の間に有意な相関関係があったことから、MARTで測定したPmaxは400m走能力を反映していると考えられる(図3)。また、Jrtop400はNormal400に比べてPmaxが有意に高い集団であった。よって、Pmaxを測ることで400m走能力のレベルを把握することができ、またこのPmaxが高まっていくことで400m走記録を短縮させる可能性が高いことが示唆された。

4.2 Jr. top400の亜最大走パワー発揮特性について

亜最大走パワーについては、P60%BLaとの間に有意な相関関係が認められたものの(図4)、Jrtop400とNormal400の群間には有意な差が認められなかった(図6)。これは、45秒台～51秒台という比較的広い範囲で捉えれば、記録との相関関係もある程度認められるものの、ほぼ同レベルの記録をもつJrtop400の中の選手には、P60%BLaが高い者もいれば低いものも存在しているため、群間差が認められなかったのではないかと考えられる。

図7にBLa-酸素需要量曲線を示した。これは、各走者の乳酸値あたりの亜最大走パワーの特徴を表している。Jrtop200とJrtop800の種目特性が異なった走者の動態を観察すると、明らかに異なった様相

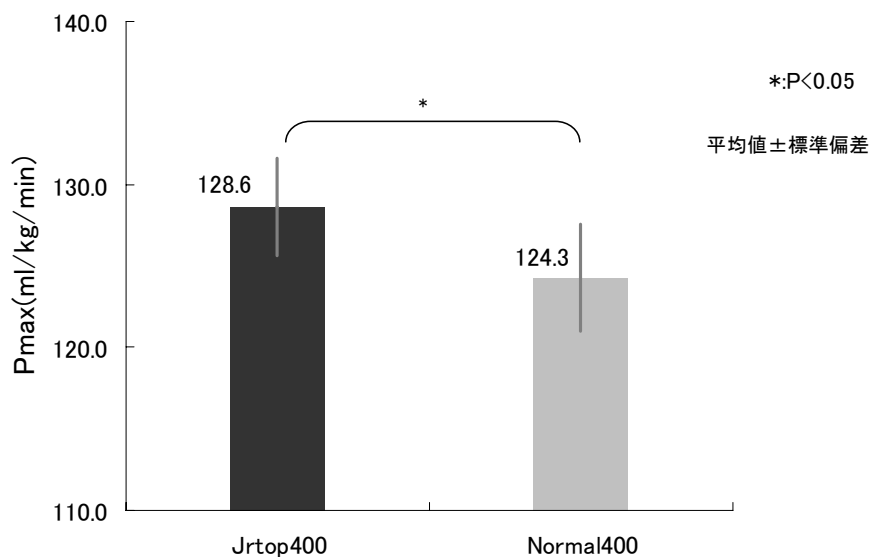


図5 Jr. top400 と Normal400 の Pmax 平均値の比較

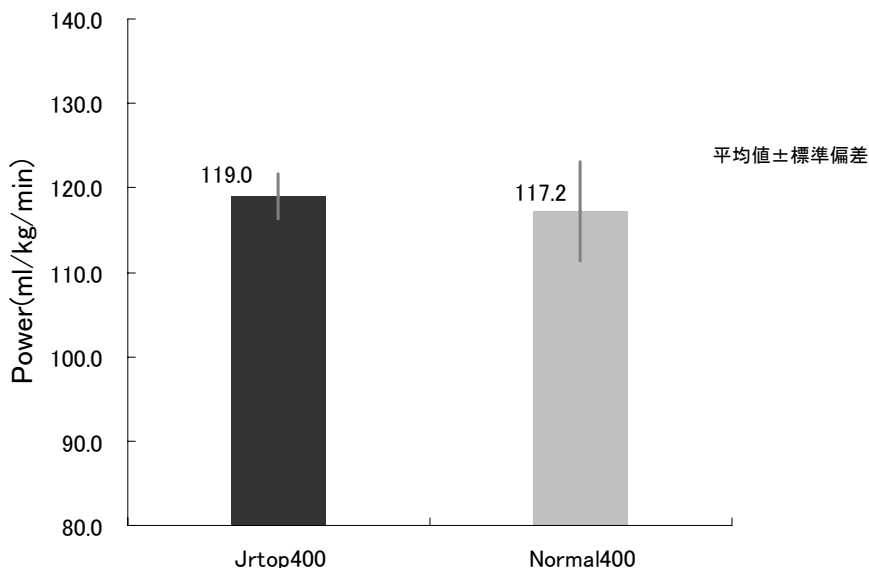


図6 Jr. top400 と Normal400 の P60%BLa 平均値の比較

を示した。そして、特に 10mM あたりのパワーを観察すると、Jrtop400 の走者らは全体的に Jrtop200 と Jrtop800 の間に推移し、そして 200m 走選手に近い傾向を示すものから 800m 走選手に近い傾向を示すものまでとばらつきが大きく、個人差が認められた。そのなかで、400m 走を 45 秒台の記録をもつ A 選手は、ほぼ 200m 走トップ選手と類似したパワー発揮特性であった。

図 8 には、%PBLa - 酸素需要量曲線を示した。%PBLa は、「乳酸の産生」と「乳酸の抑制」能力のバランス（以下 La バランスとする）を反映した指標である（森丘ら，2003）。Jr. top400 の La バランス、特に P60% BLa 付近では、Jrtop200 を中心に両

サイドにばらついていた。K 選手の La バランスの傾向は、乳酸値あたりの亜最大走パワーの特徴と異なり、800m 走選手の傾向に近いものであった。

A 選手の特徴としては、乳酸の産生能力は 200m 走選手でありながら、乳酸の抑制能力とのバランスでは、800m 走選手レベルの能力を有していたと言えるだろう。

5. まとめ

以上のように 400m 走競技者の最大走パワーや最大下でのパワーを計測し、競技記録との関連や、特性の異なる競技者との関係、また A 選手のような

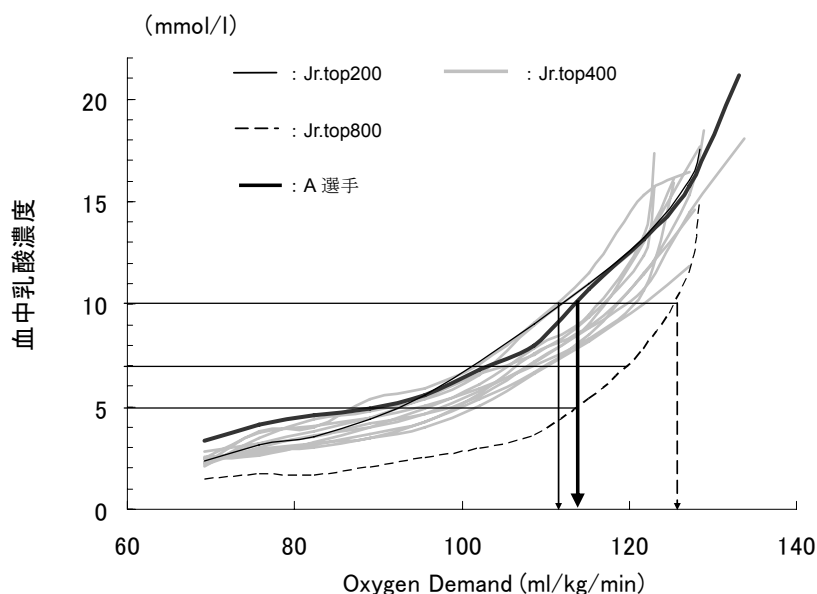


図7 BLa - 酸素需要量曲線

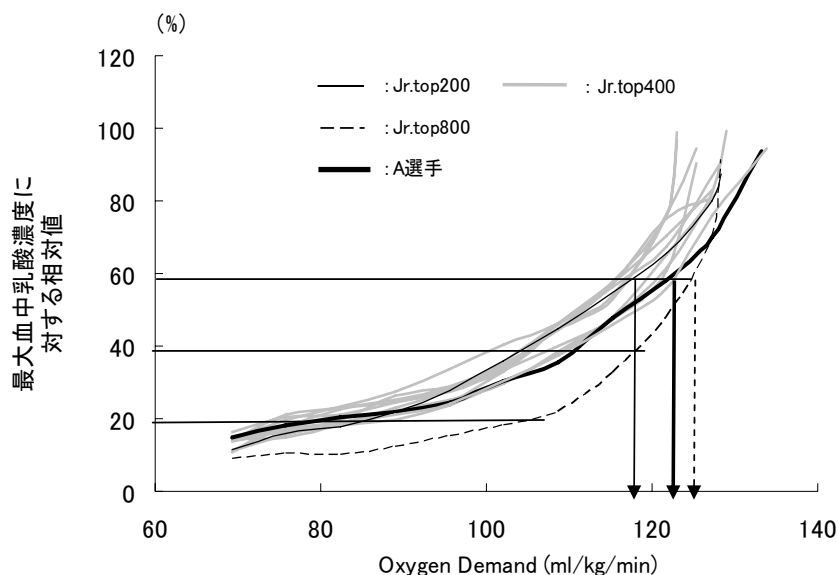


図8 %PBLa - 酸素需要量曲線

トップ選手を基準に比較・検討することにより、ジュニア 400m 走競技者の生理学的特性の実態を把握することができた。今後は、記録の向上とともに、このようなパラメータがどのような変容を示すのか、縦断的な変化についても調査していくことで、400m 走種目の強化に役立つ資料がさらに得られることだろう。

<参考文献>

- American College of Sports Medicine (1995) ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 5th ed. Philadelphia, Williams & Wilkins: pp. 277-279
- Maxwell, N.S. and Nimmon, M.A. (1966) anaerobic capacity: A maximal anaerobic running test versus the maximal accumulated oxygen deficit. *Can. J. Appl. Physiol.* 21: 35-47.
- 持田 尚・福間博樹・吉田良一 (2004) スプリンターのための乳酸測定 (MART) & トレーニング. *コーチングクリニック*, 118: 12-18.
- 森丘保典・伊藤静夫・持田 尚・大庭恵一・原 孝子・内丸 仁・青野 博・雨宮輝也 (2003) 間欠的な漸増負荷ランニング中の血中乳酸動態から推定されるパワーと 400m 走記録との関係.

体育学研究, 48: 181-190.

Nummela, A., Alberts, M., Rijntjes, R.,
Luhtanen, P., and Rusko, H. (1996b)
Reliability and validity of the maximal
anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.*,
17(Suppl.2): 97-102.

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.