

平成16年度ジュニア強化部科学サポート報告

持田 尚¹⁾ 深代千之²⁾ 松尾彰文³⁾ 高松潤二³⁾ 田内健二³⁾ 原田康弘⁴⁾ 阿江通良⁵⁾
 1) 横浜市スポーツ医科学センター 2) 東京大学 3) 国立スポーツ科学センター
 4) クレーマージャパン 5) 筑波大学

1. はじめに

現在、ジュニア強化部への科学サポートは主に国立スポーツ科学センター（以下 JISS とする）との連携において実施されている。実施内容については、科学委員会のジュニア担当者が、ジュニア強化部長と相談のうえ決定し、さらには JISS スタッフと打ち合わせを行い調整している。平成16年度は、ジュニア強化選手の測定研修合宿と U23 一貫指導有望競技者の科学サポートが実施された。本稿では両サポートにおいて、実施している「Maximal Anaerobic Running Test」と「スキルチェック」について報告する。

2. Maximal Anaerobic Running Test の活用例

2-1 Maximal Anaerobic Running Test の内容

現在、400m 走ジュニア競技者を中心に Maximal Anaerobic Running Test（以下 MART とする）を活用し、スプリント運動における血中乳酸値を指標にして、400m 走競技者としてのコンディションレベルの把握を試みている。コンディションレベルの把握は、①最大パワー、②アネロビックキャパシティ、③最大下パワーから行っている。これらは、現場的な表現に言い換えると、①どのくらい速い走速度まで走りきれるか、②どのくらいまで追い込める生理学的なキャパシティーがあるのか、③各ステージをどのくらいの余力を残して走っているのかとなり、それらを数値化することで現在のレベルや状態を把握したり、トレーニング効果を判定する材料として活用できるものと期待している（持田ら, 2002; 森丘ら, 2003; 森丘ら, 1998; Nummela, A. ら, 1996d; Rusko, H ら, 1993）。

握は、①最大パワー、②アネロビックキャパシティ、③最大下パワーから行っている。これらは、現場的な表現に言い換えると、①どのくらい速い走速度まで走りきれるか、②どのくらいまで追い込める生理学的なキャパシティーがあるのか、③各ステージをどのくらいの余力を残して走っているのかとなり、それらを数値化することで現在のレベルや状態を把握したり、トレーニング効果を判定する材料として活用できるものと期待している（持田ら, 2002; 森丘ら, 2003; 森丘ら, 1998; Nummela, A. ら, 1996d; Rusko, H ら, 1993）。

2-2 MART の実施方法

MART は上り傾斜4度のトレッドミル上を走ることで行う。走行時間は20秒間、休息は100秒間の間欠的な運動となる。はじめの走速度は分速250mからスタートし、1本ごとに分速25mずつ漸増させていく。終了は走者が走速度についていけなくなった時点とする。各ステージ走行後、40秒時点に、耳朶より採血したサンプルから血中乳酸値を求める。また、テスト終了後、3分後、5分後、7分後、10分後にも採血し、最大血中乳酸値を求める。（図1）。

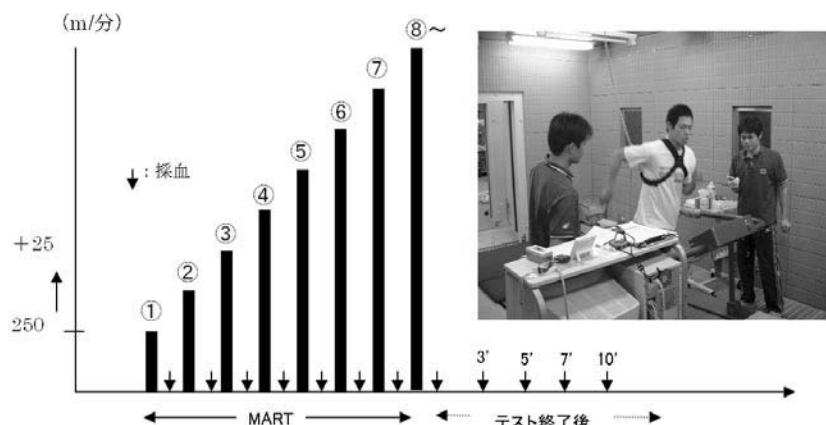


図1 MART のプロトコル

表1 MARTの結果表

氏名	K選手	S選手	F選手	Y選手
測定日	2004/11/24	2004/11/24	2004/11/24	2004/11/24
ベスト記録(秒)	45.89	46.85	47.25	47.90
埼玉国体記録:10月下旬(秒)	45.89	49.55	47.25	48.42
ステージ数(ステージ)	10	10	10	10
最終ステージ運動時間(秒)	20	11	15	11
①総走行時間指数	119	110	114	110
②最大血中乳酸値(mmol/l)	20.58	17.57	17.06	16.26
Speed@20%Pbla(m/min)	303	309	314	277
Speed@40%Pbla(m/min)	400	388	390	373
③Speed@60%Pbla(m/min)	445	432	433	428

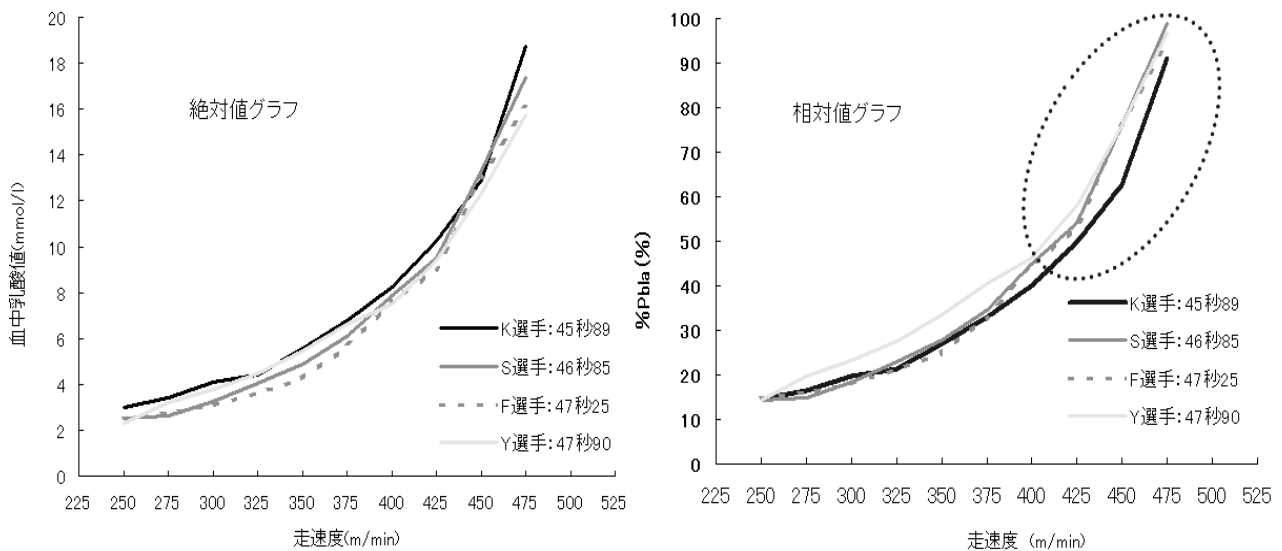


図2. 男子ジュニアトップ400m走競技者のMARTグラフ(2004年度)

左図:ステージごとの血中乳酸値のプロット

右図:最大血中乳酸値を100としたときの相対値のプロット

2-2 MARTの評価指標について

表1と図2は今年のジュニア強化部測定研修合宿(2005年11月)で測定したMARTの結果である。①最大パワーは、表1の総走行時間指数で、②アネロビックキャパシティーは、表1の最大血中乳酸値で、③最大下パワーは、表1のSpeed@60%Pblaで評価していく。ところで、本来MARTで算出するパワーは、運動強度から計算式で算出した酸素需要量(ml/kg/min)で表し、単位を統一しているが、本稿では最大パワーは総走行時間から割り出した指数値で、最大下パワーは走速度で代用していることを断っておく。

さてMARTでは、まず第一に最大パワーがどのくらいかを評価する。最大パワーはMARTでの走力を意味するが、レベルの高い競技者ほど総走行時間指

数が高い傾向にある。この数値をどこまで上げられるかが、このテストの最大目標となる。

次に、アネロビックキャパシティーの評価である。エネルギー供給においてどのくらい解糖系をフル稼働できるのかをみる。このテストでは男子の場合20mmol/l前後が上限に近い数値なので、それが目標値となる。

最後に、最大下パワーの評価である。それは、最大血中乳酸値を基準としたとき、その60%乳酸値に達したときの走速度で表すことができる。最大血中乳酸が最大運動における解糖系が働きうる限界値と考えると、最大血中乳酸値は疲労困憊の基準と捉えることができる。すると、各ステージの血中乳酸相対値は、その速度での疲労度として捉えられ、この数値の把握は、どの段階から疲労が高まってくるの

かを指し示す指標にもなり、400m 走競技者のコンディショニングの把握、トレーニングのプランニングに役立つものと考えている。

2-3 MART データの解釈例

MART 結果から、400m 走競技者としてのコンディショニングレベルについてジュニア強化部測定研修合宿に参加した 400m 走競技者 4 選手を評価してみた。表 1 に MART の結果を示した。まず最大パワーは、K 選手が 119 で、F 選手が 114 と、他の S 選手、Y 選手の 110 と比較して高かった。S 選手の 400m 走ベスト記録は 46 秒 85 と、F 選手や Y 選手の記録よりも高い。しかし S 選手の最大パワーは低い傾向であった。ただし、S 選手は測定直前に行われた埼玉国体では、49 秒台で予選落ちと本調子で無かった様子であり、今回の結果は妥当なところであるかも知れない。さて、最大パワーが高かった K 選手と F 選手の最大血中乳酸値はそれぞれ 20.58 (mmol/l) と 17.06 (mmol/l) であった。これは、K 選手のアネロビックキャパシティー、つまり糖分解によるエネルギー供給量の上限（速筋の割合や量、そして筋の活動レベルが影響する）が高い域にあることを意味している。

最後に、最大下パワーは、K 選手が 445 (m/min) と、他の 3 選手 (S 選手 432m/min, F 選手 433m/min, Y 選手 428m/min) より高い値であった。図 2 右（相対値グラフ）の点線丸枠付近を観察してもらえると、S 選手、F 選手は既に走速度 400 (m/min) あたりから K 選手よりグラフが上昇傾向となっていることが分かる。それは同じ速度を走っているが疲労度が相対的に高くなっていることを意味し、走りに余力がなくなり始めていることを示している。これは、K 選手が他の F、S、Y 選手より最大パワーが大きかった理由として、走速度 400m/min 時点において既に走力差出始めていたということが示唆された。

まとめると、45 秒台の記録をもつ K 選手は、MART での最大血中乳酸値が 20mmol/l を超える高いアネロビックキャパシティーと最大下スプリント走、特に走速度が 400m/min 以降での走力の高さが優れており、400m 走競技者として、高いコンディショニングレベルを備えていることが確認できた。また、F、S、Y 選手らの課題としては走速度 400 (m/min) 付近での乳酸上昇が急激にならないような準備が必要だと考えられるだろう。

2-4 トレーニング処方例

さて、今回は MART 結果から 400m 走競技者として

のコンディショニングレベルを評価した。そのうえで、今後 400m 走パフォーマンスを向上させるために、漸増式 40 秒間走トレーニングの導入をトレーニング手段の一つとして提案した。各種ねらいの異なったトレーニング内容が MART の結果にどのように影響するのか検討した報告もあるが、この漸増式 40 秒間走トレーニングは、①最大パワー、②アネロビックキャパシティー、③最大下パワーすべての値を全体的に向上させるといったことが、指導現場でも検証されつつある。そのため、ジュニア強化部長と検討のうえ提案した次第である。トレーニングプロトコルの内容はまさしく MART のプロトコルと類似している。言ってみれば MART 的トレーニングと呼べるものである。このように段階的に運動強度を漸増させて行うトレーニングの効果は生理学的な要素だけでなく、技術的、戦術的要素にも好影響を与えることが期待でき、400m 走パフォーマンス向上のために、トレーニング内容に漏れないよう全体的にバランスの良いトレーニング手段であるとの評判である。以下に、漸増式 40 秒走トレーニングの実施例を記しておく。

<漸増式 40 秒走トレーニング実施例>

走行時間：40 秒間

休息时间：4 分

距離設定：①男子 400m 走タイム 46 秒前後レベル

スタート約 270m 前後～

②女子 400m 走タイム 55 秒前後レベル

スタート約 220m 前後～

漸増設定：+ 5m ずつ 2 本連続して 40 秒間で走れなかったら終了

本数：8 本～12 本程度

3. スキルチェックの活用例

3-1 スプリント動作の分析とフィードバック

2002 年より、ジュニア強化部測定研修合宿では、JISS のスキルチェックを依頼している。主に walk、jog、run、sprint の動作を分析対象としている。選手や指導者へのフィードバックは、足や膝、骨盤などの軌跡やスティックピクチャーを利用し、動きを数値化・視覚化したデータを提供している（図 3、図 4）。これらの情報は、選手の感覚や指導者の観察情報とのすり合わせ材料としても活用でき、左右の動きの違いや、他人との動きの違いなどを比較することで活用できるであろう。

ところで、疾走動作を矢状面（側方）から観た議論は、研究者のみならず指導者の間でも深まってい

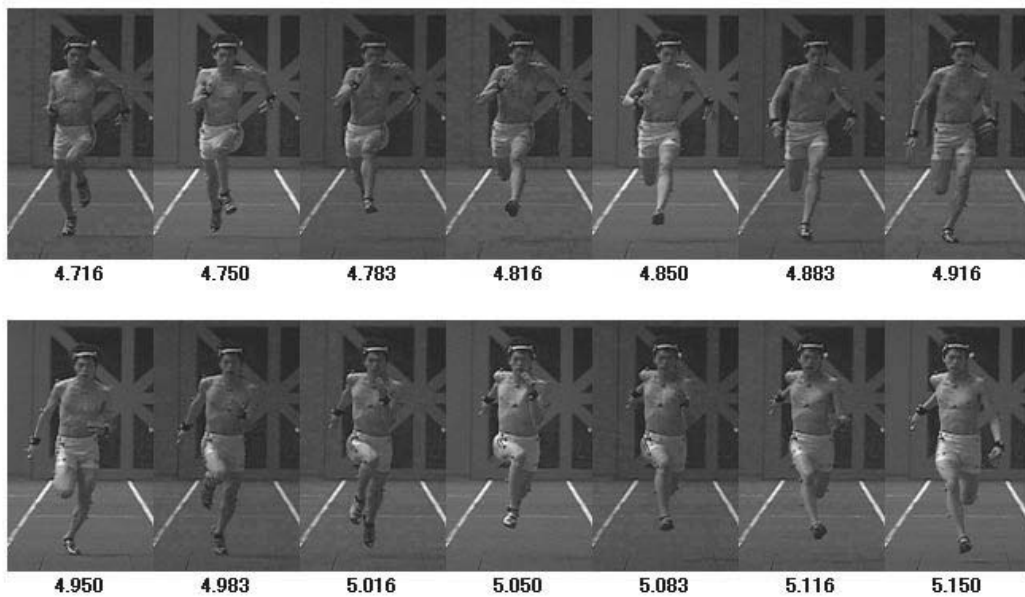


写真1 正面からみた疾走フォーム

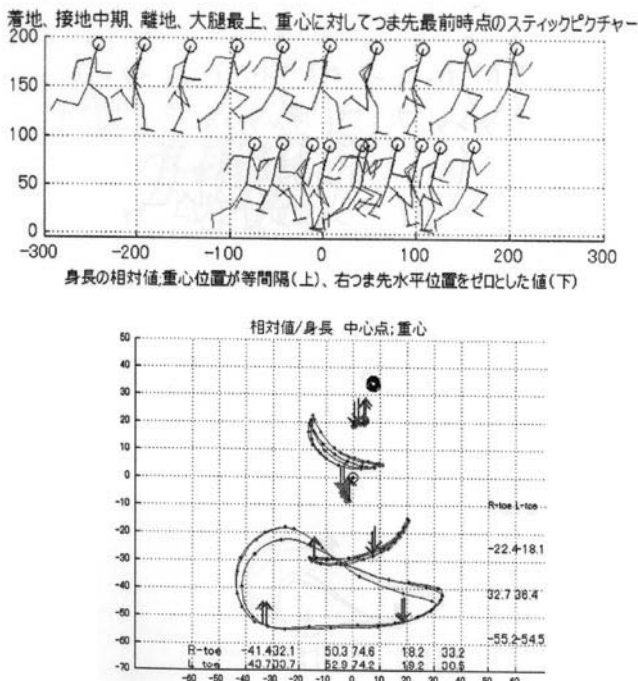


図3 動作分析フィードバック資料 (松尾作成資料より抜粋)

る傾向にあるが、前額面（前後）から観た議論は比較的少なく、あまり深く議論されていない感がある。しかしながら、前額面から疾走動作を観ていくと、キック後のつま先の方向性や接地の仕方の違い、それから接地後の膝の向きの違いや左右のブレなど非常に多くの情報を有している（写真1）。もちろん力ベクトルの情報も合わせればなおさらであろう。理学療法分野では、スポーツ障害と動作特徴の関連性を見るために、前額面から動作を観察・分析することをよく利用し、多くの知見を得ている。また

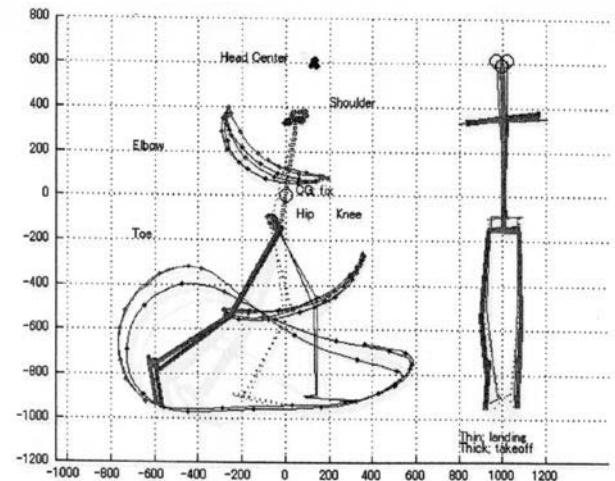


図4 矢状面と前額面からのみた疾走動作 (松尾作成資料より抜粋)

それは怪我を治すといった領域はもちろんのこと、いい動きを習得するといった運動学的領域までオーバーラップしていることも少なくない。今回の松尾研究員 (JISS) が作成したフィードバック資料には、前額面からの観た動作に関する情報も載せてもらっている (図4)。今後はこのように、疾走動作を多角的に分析していくことで、スプリントに関する議論をさらに深めていくことが必要であると考えている。

3-2 アライメントチェックについて

アライメントチェックは、足圧分布、立位姿勢、そして力の使い方などの特徴を個人ごとに把握することにより、障害予防や動作改善のための基礎情報の収集を目的としている。データは映像と Vicon

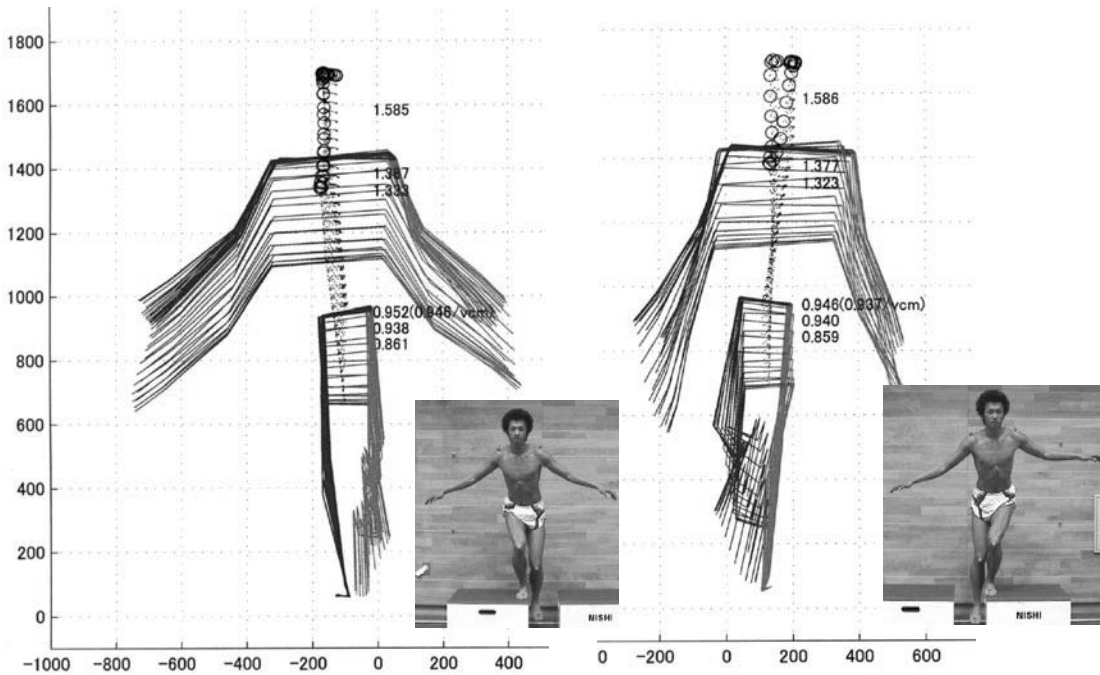


図5 片足屈伸の動作特徴

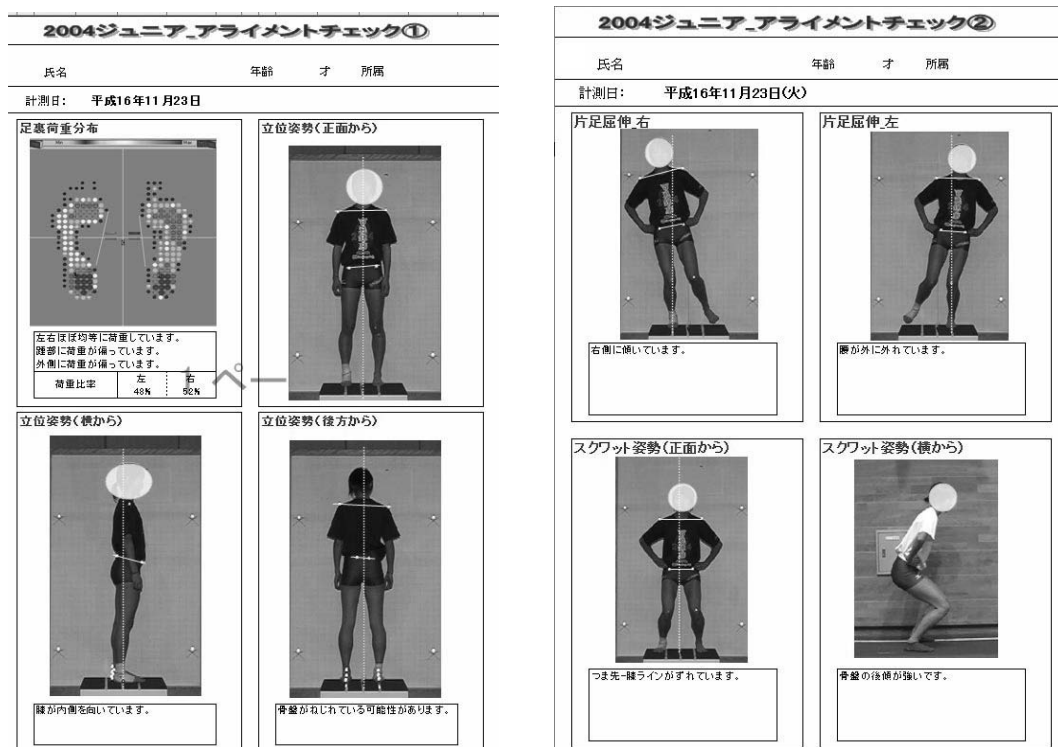


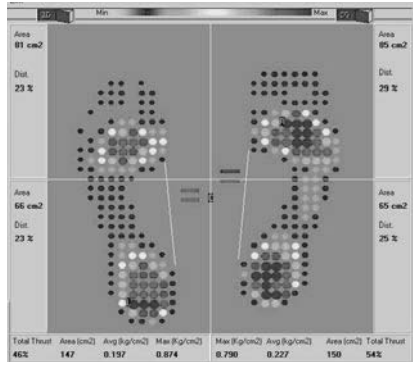
図6 アライメントチェックフィードバック資料

システムによる3次元座標で収集している(図5)。フィードバックは、画像を定性的に評価し、個人ごとに必要なストレッチングや補強トレーニングをアドバイスしている(図6)。特に、現在痛みを抱えていたり、怪我一步手前ぐらいで悩んでいる場合などには、これらの情報を元にスポーツ整形外科への診察やインソール作成を勧めたりすることもある。

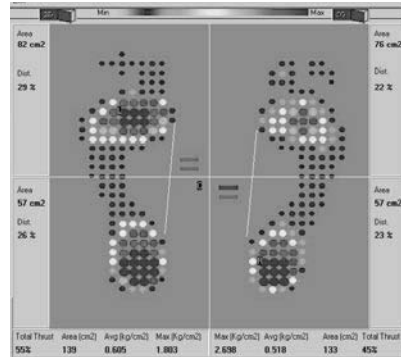
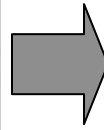
足圧分布図は、足裏にかかっている圧の分布状態を視覚化したものである。この情報を足部のアライメントだけでなく、下肢・骨盤の状態との関連性も考慮に入れながら検討し利用している。ジュニアトップ選手といえども、足圧分布の状態は一様ではなく、個人差が大きい。その傾向も、変化が少ない者や大きく変化している者もある(図7)。

<A 選手>

傾
向
逆
転



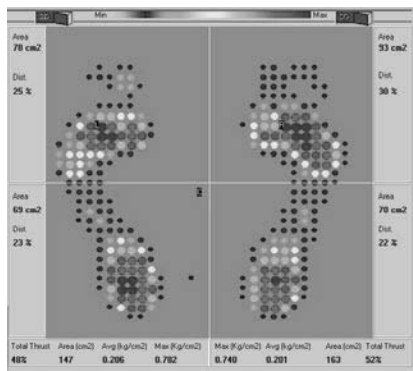
2003 年



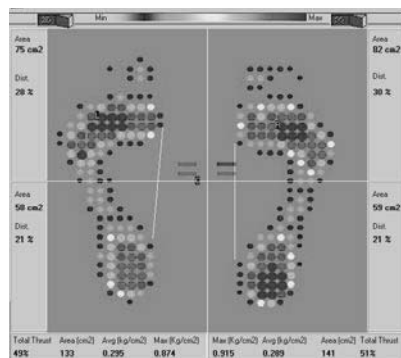
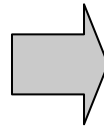
2004 年

<B 選手>

傾
向
類
似



2003 年



2004 年

図 7 足圧分布の縦断的变化

表 2 足圧の左右差 (n=60)

	傾向	圧力差 (%)	人数	割合
右++	右	9.9 ~	10 人	16.7%
右+	やや右	3.3 ~ 9.9	20 人	33.3%
0	均等	-3.3 ~ 3.3	16 人	26.7%
左+	やや左	-9.9 ~ -3.3	12 人	20.0%
左++	左	-9.9 ~	2 人	3.3%

+値: 右>左

-値: 右<左

また、圧の左右差について昨年検討した結果では、69.7%の者が右足の圧が高い傾向であったが(23人/33人)、今年27人のデータを加えた傾向では、右足の圧が左足の圧よりも高い者が全体の50%を占める傾向であった。昨年に比べるとやや下がる傾向であったが、左足の圧が高いもの(23.3%)より多い傾向であることは変わらなかった(表2)。この傾向が陸上競技選手の特徴なのかどうかは今後更なる検討が必要であろう。

4 まとめ

以上、ジュニア強化部科学サポートで実施している「Maximal Anaerobic Running Test」と「スキルチェック」について報告した。ジュニア競技者への強化策は、シニアナショナルチームが世界で勝つために打ち立てていく強化指針にベクトルあわせ実施していくことが重要と考えている。科学サポートの実施内容もそういった一連の方向性を持った内容のスタンダード作りが必要であろう。科学委員会では、今後も皆様のご協力をいただきながら、各強化部の打ち出す強化対策を科学的側面から支援できるよう力を発揮していきたいと考えている。

5 参考文献

持田 尚・吉久武志・石毛勇介, (2002) 競技レベル別にみた陸上競技・ジュニア 400m 走競技者のアネロビック・パワー発揮特性. 体力科学, 51-6: 709.
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.

森丘保典・持田 尚・伊藤静夫・原 孝子・内丸 仁・雨宮輝也, (1998) 間欠的ランニングテストによるアネロビック・パワーの測定 - 陸上競技混成選手への応用 -. 日本体育学会第49回大会号, 267.

Nummela, A., Mero, A., and Rusko, H. (1996d) Effects of sprint training on anaerobic performance characteristics determined by the MART. *Int. J. Sports Med.*, 17(Suppl.2): 114-119.

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.