

短距離走におけるスピード持続能力評価に 有効なコントロールテストの検討

	松江工業 高等専門学校	森田正利
(共同研究者)	同	森山恭行
	同	箕田充志
	同	宮本武明

Effective Control Test for Evaluation of Speed Sustaining Ability in Short Distance Running

by

Masatoshi Morita, Yasuyuki Moriyama,
Atsushi Minoda, Takeaki Miyamoto
Matsue National College of Technology

ABSTRACT

Several return runs of 50m (shuttle sprints) were performed to compare the time for 400m run in order to evaluate the speed sustaining ability in a short distance run. A significant correlation was found between the times for the 50m shuttle sprint and the 400m run.

The results indicate that the time for the 400m run could be speculated from the time for the 50m shuttle sprint. It was also found that the speed sustaining ability can be evaluated from the times of the 6th trial shuttle sprint, the 8th trial shuttle sprint and the last half trial shuttle sprints as seen from the relation of the times in each trial sprint with that of the 400m run.

要 旨

短距離走におけるスピード持続能力を評価するために、50mを折返して走るシャトル・スプリントを行い、400m走のタイムとの関係を明らかにしようと試みた。その結果、50mシャトル・スプリントのタイムと400m走のタイムの間には有意な相関が認められ、50mシャトル・スプリントのタイムから400m走のタイムを推定することが可能となった。また、各測定項目と400m走タイムとの関係から、スピード持続能力を評価するためには、第6試技のタイム、第8試技のタイムおよび後半（第5試技から第8試技）のタイムが重要な項目になることが判明した。

緒 言

短距離走におけるスピード持続能力は、疾走距離とそのタイムで評価する場合が多い。その場合、疾走速度の変化を正確に把握することが容易ではないため、疾走の内容を評価することが困難である。加えて疾走動作の変容を映像として記録するためには多くの器材や労力を要する。

そこで本研究は、短距離走におけるスピード持続能力を評価するために有効なコントロールテストの1項目として50mシャトル・スプリント法（以下50mSSとする）を提案し、その有効性を検討することを目的とした。岩壁らは、短距離走者におけるコントロールテストの有効性を報告しているが⁶⁾、100m走者を対象としたものであり、コントロールテストにスピード維持能力を評価する項目はない。尾縣らは、400m走を用いて疾走速度逓減と下肢筋群との関係⁸⁾ および筋疲労時の疾走能力と体力的要因との関係⁹⁾ を検討しているが、実際のトレーニング現場においてトレーニング種目として400m走を用いる場合は比較的少ない。400m走の代わりに分割走として300m+100m、250m+150m、200m+200m、

100m+100m+100m+100m、などといった組み合わせで総走距離400mを分割して行う場合が多い。分割する目的としては、400mそのものを走るよりは精神的に気楽に取り組めることや、より競技会に近いスピード（高い疾走スピード）で走ることができること、後半においても疾走フォーム（ストライドやピッチ）の意識性を高くしたトレーニングをできることなどが挙げられる。本研究で用いるシャトル・スプリント法でトレーニングを行うメリットとしては、①省スペースでトレーニングができる、②ラップタイム計測が容易、③動作の変容が確認しやすい、等があげられる。反面、①一度に多人数で行えない、②風の影響を受け易い等のデメリットが考えられる。一般的に、高い疾走速度を維持する局面が長くなればスピード持続のトレーニングとして位置づけられると考えられるが、疾走距離・本数・セット数・休憩時間等その組み合わせは様々であり、組み合わせによってその効果は異なる。また、実施方法も、①Average型（決められた本数をできるだけタイム変動がないように走る方法）、②Exhaust型（決められた本数を全て全力で走る方法）、③All-out型（決められたタイムで走り続け、決められたタイムで走れなくなった時点で終了する方法）などが考えられ、多様である。本研究で提案した50mSS法は、疾走距離が短いためスピード維持局面が少なくなるが、疾走距離が長くなるとタイムでスピード維持能力を評価することが困難になると考えられる。光電管等で細かな速度変化が測定可能であれば、疾走距離を長くすることも可能であるが、指導現場では手軽に活用することができない。

以上のことを考慮して、実験設定を図1のように決定した。タイムの計測は10m～50m区間とし、0～10m区間は計測しなかった。これは、各試技のスタートを自己始動としたことから0～10mタイムの計測誤差が大きくなることが予測さ

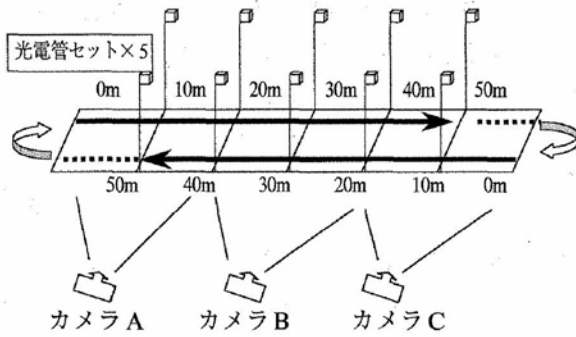


図1 実験設定

れたためである。したがって、実際に計測され、評価するのは10m～50m区間の8試技(320m)のタイムとした。被験者が実施する際にはペース配分など、走り方の指示は行わず、各被験者に任せた。なお、被験者は全員シャトル・スプリントは未経験であった。

1. 実験方法

1.1 被験者

被験者は、陸上競技部に所属する400mおよび400mハードルを専門とする男子学生11名であった。年齢は 20.7 ± 0.9 歳(平均±標準偏差)、身長 1.786 ± 0.052 m、体重 67.6 ± 4.61 kg、本年度の400mベストタイムは 48.99 ± 0.99 秒であった。

1.2 50mシャトル・スプリントのタイム測定

50mシャトル・スプリントは直線レーンを用いて、各被験者が十分にウォーミングアップを行った後に、50mを1本試走し、その後に第1～第4試技を前半、第5～第8試技を後半として行った。各試技間の休息は設定せず、準備が出来次第すぐに行うこととした。前半と後半の試技間は1分間の休息時間を設けた。各試技のスタートは自己始動とし、全ての被験者がスタンディングスタートで行った。各区間のタイムを測定するために光電管タイマーを設置し、10m～50m区間のタイムを1000分の1秒単位で測定した。その際、補助手段として3ヶ所にVTRカメラ(SONY社製デジタ

ル8mmビデオ)を設置し、撮影を行った(図1参照)。

1.3 血中乳酸値の測定

50mSSの運動強度を400m走と比較するために、運動後の血中乳酸値を測定した。前半終了直後、後半終了直後、後半終了5分後の計3回、手指先より採血した血液を簡易乳酸測定器(BOEHRINGER MANNHEIM社製 AccuSPORT)を用いて分析した。

1.4 統計処理

計量データの2変数間の相関は、ピアソンの積率相関を用いた両側検定により有意性を検定した。なお、相関係数(r)の有意水準は1%水準($r = 0.735$)もしくは5%水準($r = 0.602$)とし、有意な相関ではない場合(ns)と示した(自由度9の場合)。

2. 結果

2.1 400mのタイムと50mSSのタイムとの関係

表1に400mタイムと50mSSのタイムとの関係を、表2に400mタイムと50mSSにおける最高速度および最低速度との関係をまとめた。50mSSのトータルタイムは、 39.89 ± 0.77 秒、50mSS前

表1 400mタイムと50mSSタイムとの関係

試技	タイム(秒)	400mタイムとの相関
400m	48.99 ± 0.99	---
50mSS(全8試技)	39.89 ± 0.77	0.625 *
前半試技	19.60 ± 0.38	0.449
第1試技	4.70 ± 0.12	0.269
第2試技	4.83 ± 0.09	0.498
第3試技	5.00 ± 0.13	0.152
第4試技	5.06 ± 0.14	0.543
後半試技	20.29 ± 0.47	0.657 *
第5試技	4.89 ± 0.16	0.314
第6試技	4.99 ± 0.12	0.736 **
第7試技	5.18 ± 0.11	0.448
第8試技	5.23 ± 0.17	0.703 *

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

表2 50mSSにおける最高速度および最低速度と400mタイムとの関係

	速度 (m/秒)	400mタイムとの相関
最高速度	8.83 ± 0.26	-0.140
最低速度	7.63 ± 0.31	-0.638 *

* : p<0.05 ** : p<0.01

半のタイムは、19.60 ± 0.38秒、50mSS後半のタイムは、20.29 ± 0.47秒であった。400mタイムとの相関を見るとトータルタイム (r = 0.625, p < 0.05) と後半のタイム (r = 0.657, p < 0.05) とには有意な相関が認められたが、前半のタイム (r = 0.449, ns) とは有意な相関は認められなかった。図2に、各試技の平均疾走速度を示した。第1試技が最も速く、8.49 ± 0.23m/秒で、その後第4試技まで緩やかに低下を示した。休息の後、第5試技で8.20 ± 0.27m/秒まで回復し、その後第8試技7.63 ± 0.25m/秒まで徐々に低下していった。光電管タイマーより得られたデータより10m区間ごとの疾走速度を求めると、最高速度が8.83 ± 0.26m/秒、最低速度(加速区間を除く)が7.61 ± 0.29m/秒であった。これを尾縣らの先行研究のデータと比較すると、400m走の最高速度は60m - 80m地点において9.00m/秒を超えており、明らかに50mSSよりも高い値を示しているが、200m以後の疾走速度は7.50m/秒程度にまで低下し、ゴール前は7.00m/秒を下回っていた⁸⁾。

50mSSの特長として、比較的高い疾走速度を維持することができる点をあげたが、本研究では

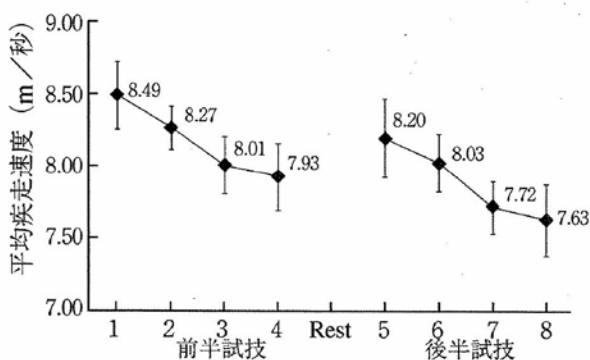


図2 各試技の平均疾走速度

後半においてその傾向は顕著であった。表2より、50mSSにおける10m区間の最高速度および最低速度と400mタイムの相関をみると、最高速度は有意な相関 (r = -0.140, ns) は得られなかったが、最低速度は有意な負の相関 (r = -0.638, p < 0.05) が得られた。

2. 2 乳酸値の変化

表3, 図3に測定した乳酸値の結果を示す。50mSSの前半終了直後は6.19 ± 0.91mmol/l, 後半終了直後は9.75 ± 0.73mmol/l, 終了5分後は12.06 ± 1.46mmol/l, の乳酸値を示した。先行研究における400m走後の乳酸値は12.6 ± 1.4mmol/lであり⁸⁾, 疲労困憊になるまで運動を行った際の乳酸値は11~13mmol/l程度であるとの報告を考慮すると、本研究で行った50mSSは、400m走と同程度の運動強度であることが推察できる。

表3 乳酸値と400mタイムとの関係

測定時間	乳酸値 (mmol/l)	400mタイムとの相関	50mSSタイムとの相関
前半終了後	6.19 ± 0.91	-0.281	-0.212
後半終了後	9.75 ± 0.73	0.356	0.186
終了5分後	12.06 ± 1.46	0.280	0.078

* : p<0.05 ** : p<0.01

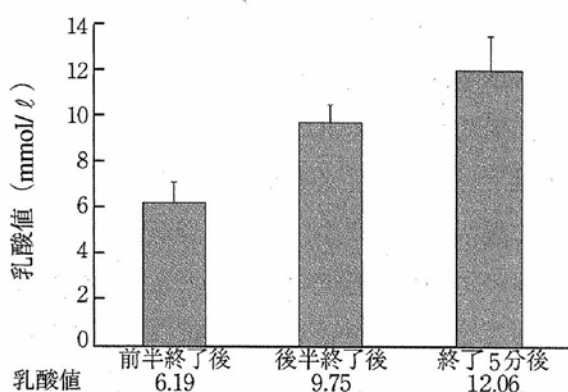


図3 乳酸値の変化

2. 3 ストライドおよびピッチの変化

50mSSにおける疾走速度の変化とストライドおよびピッチの変化との関係に焦点をあて、各試技における10m区間の平均速度、平均ストライド、

平均ピッチを求めた。平均速度は光電管タイマーより得られたタイムより算出し、平均ピッチは試技を撮影した映像より各10m区間中の4歩に要する時間を求め、1歩に要する時間の逆数とした。平均ストライドは、 $\text{平均ストライド} = \text{平均速度} \div \text{平均ピッチ}$ として求めた。先行研究において市川らは、バイオメカニクスの見地から400m走中の150m地点と350m地点の疾走を比較し、後半の疾走速度逡減の原因として膝の上がりの低下、支持脚スウィング動作の速度低下、支持脚膝伸展動作の速度増大などをあげている⁴⁾。また、尾縣らの報告によると400m走中の最高速度は80m地点で現れ、それ以降速度逡減を示している⁸⁾。以上のことから、本研究では第2試技の30m-40m区間(400m走の80m-90m区間)と第8試技の30m-40m区間(400m走の380m-390m区間)の平均疾走速度、平均ピッチおよび平均ストライドを測定し、その結果を表4に示した。第2試技では、平均疾走速度が $8.57 \pm 0.17 \text{m}/\text{秒}$ 、平均ピッチが $3.84 \pm 0.11 \text{歩}/\text{秒}$ 、平均ストライドが $2.24 \pm 0.06 \text{m}$ であり、第8試技では、平均疾走速度が $7.91 \pm 0.25 \text{m}/\text{秒}$ 、平均ピッチが $3.73 \pm 0.17 \text{歩}/\text{秒}$ 、平均ストライドが $2.12 \pm 0.11 \text{m}$ であった。3つの項目は、全て後半に減少を示しており、減少の割合は平均疾走速度が7.76%、平均ピッチが2.68%、平均ストライドは5.08%であった。疾走速度の低下はピッチとストライドの両方が減少したことに起因しているが、その割合からストライドの減少の方が疾走速度の低下に大きな影響を与えていることを示している。速度維持局面においてストライドが減少して起こる疾走速度低下は先行研究³⁾と同様の現象であった。

3. 考 察

3. 1 400mタイムと50mSSのタイムとの関係

表1~2および図4~図6より、50mSSのト

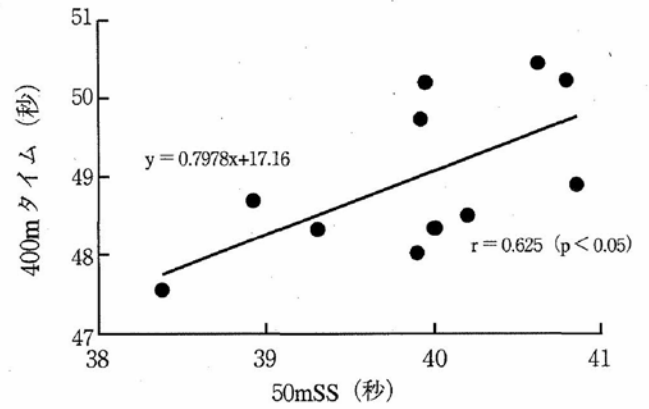


図4 400mタイムと50mSSタイムとの関係

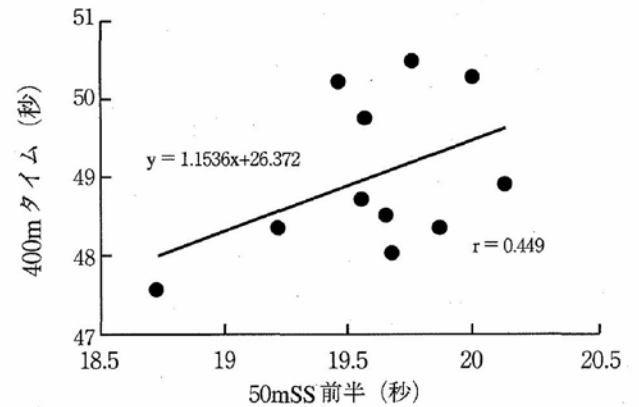


図5 400mタイムと50mSSタイムの前半タイムとの関係

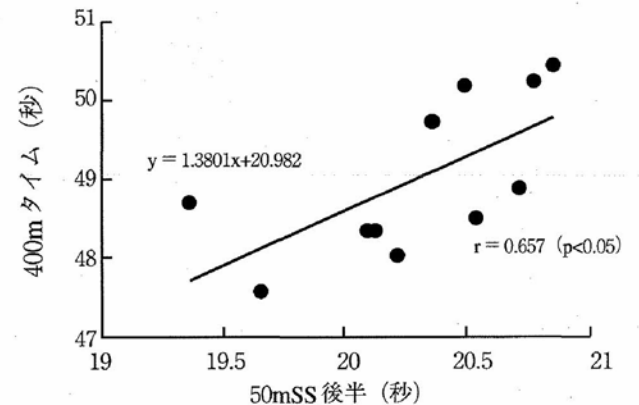


図6 400mタイムと50mSSタイムの後半タイムとの関係

タルタイムは、400mタイムとの間に有意な相関($r = 0.625, p < 0.05$)があり、回帰式 $y = 0.798x + 17.16$ (y : 400mのタイム, x : 50mSSのタイム)が得られた。同様に50mSS後半のタイムと400mタイムの間にも有意な相関($r = 0.657, p < 0.05$)が認められた。この結果は、50mSS法を行い得られたタイムから400mタイムを推測することが可能であることを示している。50mSSにおける最高速度は、 $8.83 \pm 0.26 \text{m}/\text{秒}$ であり、尾縣らが報告した400m走中の最高速度よりも低い値

を示したが、最低速度（加速区間を除く）は $7.61 \pm 0.29 \text{ m/秒}$ であり、尾縣らが報告した 400m 走における 200m 以後の疾走速度を上回った結果⁸⁾であった。表 2 より、50mSS 法における最高速度および最低速度と 400m タイムの相関をみると、最高速度は有意な相関 ($r = -0.140$, ns) は得られなかったが、最低速度は有意な負の相関 ($r = -0.638$, $p < 0.05$) が認められた。以上のことから、50mSS は 400m 走と比較して前半の疾走速度は低いものの、後半において比較的高い速度を維持した疾走を行っていることが明らかとなった。また、表 1 の 400m タイムと各試技との相関から、スピード維持能力を評価するためには後半のトータルタイム、第 6 試技のタイム、第 8 試技のタイムおよび最低速度が重要な評価項目となることが示された。

3. 2 乳酸値の変化

表 3 に測定した乳酸値と 400m タイムおよび 50mSS のタイムとの関係を示した。前半終了直後、後半終了直後および終了 5 分後における乳酸値と 400m タイムおよび 50mSS のタイムの間には有意な相関は認められなかった。先行研究において 400m 走のタイムと乳酸値の間には負の相関があると報告されたものもあるが、尾縣らの研究においては有意な相関関係は認められていない⁸⁾ ($r = 0.282$, ns)。本研究と尾縣らの研究の被験者が比較的近い競技レベルにあり、標準偏差も小さかったことが類似の結果となった要因の一つだと考えられる。

3. 3 ストライドおよびピッチの変化

50mSS における疾走速度の変化とストライドおよびピッチの変化との関係に焦点をあて、各試技における 10m 区間の平均速度、平均ストライド、平均ピッチを求めた。先行研究において市川らは、バイオメカニクスの見地から 400m 走中の 150m

地点と 350m 地点の疾走を比較し、後半の疾走速度通減の原因を探った⁴⁾。また、尾縣らは、400m 走中の最高速度は 80m 地点で現れ、それ以降速度通減を示したことを報告⁸⁾している。また、400m 走の平均速度と 360m 地点の速度との間に有意な相関があることを報告している。これらの結果を勘案し、本研究では第 2 試技の 30m - 40m 区間（400m 走の 80m - 90m 区間）と第 8 試技の 30m - 40m 区間（400m 走の 380m - 390m 区間）の平均疾走速度、平均ピッチおよび平均ストライドを比較することにし、表 4 に示した。第 2 試技

表 4 前半と後半の疾走速度、ストライドおよびピッチの変化

測定地点	疾走速度 (m/秒)	ストライド (m)	ピッチ (歩/秒)
前半(第2試技) 80m-90m 地点	8.57 ± 0.17	2.24 ± 0.06	3.84 ± 0.11
後半(第8試技) 380m-390m 地点	7.91 ± 0.25	2.12 ± 0.11	3.73 ± 0.17

に対し、第 8 試技では、平均疾走速度、平均ピッチ、平均ストライド、3つの項目全てにおいてかなりの低下を示し、疾走速度の低下は主としてストライドの減少に起因することは既に述べたが、400m のベストタイムで被験者を上位群 (5名) と下位群 (6名) に分け、平均疾走速度、平均ピッチおよび平均ストライドの変化を求めた。前半においては上位群と下位群の間に差はなく、疾走速度、ピッチ、ストライドの値はほとんど同じであったが、表 5 に示すとおり、後半は各項目において差異が認められた。後半の試技における上位群の平均疾走速度は 6.27%、平均ストライドは 2.82%、平均ピッチは 4.29% の低下を示し、ストライドよりもピッチの影響が大きいことが判明し

表 5 後半試技における上位群と下位群の疾走速度、ストライド、ピッチの変化率の差異

	疾走速度 (%)	ストライド (%)	ピッチ (%)
上位群 (5名)	6.27	2.82	4.29
下位群 (6名)	9.31	7.85	1.30

た。下位群をみると、疾走速度は9.31%，ストライドは7.85%，ピッチは1.30%の低下を示し、上位群とは逆にストライド低下の影響が大きかった。このことは、400mタイムの良い被験者は50mSSにおいても後半の疾走速度逓減が少なく、ストライドの減少も少ないこと示している。

4. 要 約

本研究の目的は、50mシャトル・スプリント法がスピード維持能力評価のためのコントロールテストとして有効かどうかを検討することにあった。400m走のベストタイムが48.99±0.99秒の被験者11名に50mを往復するシャトル・スプリントを行わせ、各試技の10mごとのタイム、VTRによる疾走動作の変化、血中乳酸値を測定した。得られた結果の要約を以下に示した。

1) 400mベストタイムと50mシャトル・スプリントのトータルタイムとの間に有意な相関($r=0.625$, $p<0.05$)が認められた。

2) 50mシャトル・スプリント法では、最高速度を11名中10名が第2試技の40m-50m区間で記録し、最低速度は11名中8名が第8試技の40m-50m区間で記録した。

3) 400mベストタイムと各試技のタイムとの間には有意な相関が認められた。なかでも相関係数が高かった試技は、第6試技($r=0.736$, $p<0.01$)であり、第8試技($r=0.703$, $p<0.05$)および後半のトータルタイム($r=0.657$, $p<0.05$)も有意な相関が認められた。また、後半における疾走速度の逓減を少なくするためにはストライドを低下させないことが重要であった。

4) 後半における疾走速度逓減の要因となるストライドとピッチの減少は、本研究でも認められたが、400mタイムの良い被験者では、後半における疾走速度の逓減はピッチ低下の影響が大きく、400mタイムの悪い被験者では、ストライド低下の影響が大きい。

以上のことから、50mシャトル・スプリントのトータルタイムは400mベストタイムと相関が高く、スピード維持能力評価のための指標になりえることが示唆された。またコントロールテストとして行う際には、第6試技のタイム、第8試技のタイムおよび後半のトータルタイムがスピード維持能力評価のための重要な項目となることが判明した。

文 献

- 1) 阿江通良, 宮下 憲, 横井孝志, 大木昭一郎, 渋谷侃二; 機械的パワーからみた疾走における下肢筋群の機能および貢献度, 筑波大学体育学系紀要, 9, 229-239 (1986)
- 2) 阿江通良; 陸上競技におけるトップアスリートの技術—一流短距離選手の疾走フォーム—, 体育の科学, 41, 279-284 (1991)
- 3) Bate, B.T. and Haven, B.H.; Effects of fatigue on the mechanical characteristics of highly skilled female runner, Biomechanics IV, University Park Press, Baltimore, 121-124 (1974)
- 4) 市川博啓, 伊藤 章, 斎藤昌久, 佐川和則, 伊藤道郎, 加藤謙一, 阿江通良, 小林寛道; アジア大会400m決勝のランナーの動作分析, 日本体育学会第46回大会号, 378 (1995)
- 5) 伊藤 章, 斎藤昌久, 佐川和則, 加藤謙一; ルイス, バレルと日本トップ選手のキックフォーム, *J.J. Sports Sci.* 11, 604-608 (1992)
- 6) 岩壁達男, 尾縣 貢, 関岡康雄, 山本利春, 前河洋一; 短距離走者におけるコントロールテストの役割, 陸上競技研究, 20, 2-6 (1995)
- 7) 尾縣 貢, 関岡康雄, 辻井義弘; 男子スプリンターにおける下肢の動的筋力と疾走中の脚動作との関係, 陸上競技研究, 1, 14-19 (1990)
- 8) 尾縣 貢, 福島洋樹, 大山圭悟, 安井年文, 鍋倉賢治, 宮下 憲, 関岡康雄, 永井 純; 下肢の筋持久性と400m走中の疾走速度逓減との関係, 体育学研究, 第42巻, 第5号, 370-379 (1998)
- 9) 尾縣 貢, 福島洋樹, 大山圭悟, 安井年文, 関岡康雄; 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 (1998)
- 10) 尾縣 貢, 安井年文, 大山圭悟, 山崎一彦, 苅部俊

二, 高本恵美, 伊藤 穰, 森田正利, 関岡康雄; 一流400mランナーにおける体力的特性とレースパ

ターンとの関係, 体育学研究, 第45巻, 第3号, 422-432 (2000)