

漸進的トウ・トレーニングが100m走の 疾走フォームに及ぼす効果

宮下 憲、村木征人、阿江通良、森田正利、伊藤信之

Effects of progressive isokinetic tow training on the performance
descriptors of 100m sprint

Ken MIYASHITA . Yukito MURAKI . Michiyoshi AE . Masatoshi MORITA . Nobuyuki ITOU

Effects of 4-week progressive isokinetic tow training on the performance descriptors of 100m sprint were investigated in eleven male athletes, comparing some kinematic and kinetic variables after the training with those before. Towing machine was specially designed to develop constant tension (isokinetic tension) during sprinting. The main results of the present study were summarised as follows : 1) Significant increase (2.2%, $p < .05$) in the maximum velocity was found in the full sprint. 2) Maximum velocity appeared with maximum stride length in full sprint before tow sprint, but after tow sprint it appeared with maximum stride frequency. 3) The training load of tow training even in the submaximum effort was very high. This may suggest to set the optimal recovery period to make tow training effective. 4) Mechanical work, especially eccentric work done by knee joint muscles in the latter half of recovery phase in tow sprint was larger than in the full sprint.

【緒言】

100m競走では従来より小柄な走者はピッチ型、細長型はストライド型という図式は変わっていない。しかし、全天候型走路の出現は全体的な動きの速さ、すなわち、ピッチを助長する方向に作用している。

1960年代に米国のC.M.Sandwick⁷⁾は、最大スピードの改善をはかることを目的にして自動車にアームを取り付け、走者に超最大疾走トレーニングを課し効果をあげたことを報告している。これはトウ・トレーニング (TOW TRAINING) の先鞭であった。その後、牽引方法に改善が加えられ、現在では等速型と等張型の負荷を選択して与えることも可能となってきた。

牽引走は国内のトレーニング場面でも用いられるようになってきたことと同時に、その研究も世界的な広がりを見せている^{2) 3) 4) 6)}

^{7) 8)}。牽引走は最大疾走速度の改善を目的に実施されているのであるが、その多くはピッチの向上によってスピードの改善が図られる^{3) 4) 6) 8)}ということに異論はないようである。しかし、同時にストライドの増加が図られる^{3) 4) 6)}という点では必ずしも一致した結果³⁾にいたっていない。更に、トウ・トレーニングが100m疾走の加速、最大速度、持続局面のどこに効果をもたらすかということも明らかにされていない。

我々の先行研究⁶⁾では、等張性牽引走の適正牽引力は3kgであることを見いだした。しかしそこでは、走者が技術的な改善をめざすには、それより低い1.5kg程度の牽引力で行い、運動制御の余裕が生れる最大下の努力での牽引走の可能性を示唆するものであった。

そこで本研究では、90%の最大下努力度合 (Submaximum effort)での牽引走に始まり、超

最大速度(Supramaximal speed)へと移行する4週間のモデル的な漸進的トウ・トレーニングを立案し、そのトレーニング効果を100m走の疾走速度、ストライド、ピッチおよび疾走動作のダイナミクスに与える影響として実験的に検討した。

【研究方法】

(1) 実験方法

a) 被験者

被験者は、大学段階の男子陸上競技者20名で、短距離5名、跳躍5名、混成競技1名の計11名をトレーニング群、残り9名をコントロール群とした。

b) 実験試技

トレーニングの習熟的方向から強化的方向へと進めるスポーツ・トレーニングの原理に即して、全力での超最大速度での強度の高いトウ・トレーニングへと段階的、漸進的に進め、トレーニング計画の専門的準備期への実践的な組み込みが配慮された。

トレーニング前・後には、それぞれ3種の100m実験試技(以下実験Ⅰ・Ⅲ)を行い、トレーニング効果を検討した。また、実験Ⅰと実験Ⅲの間には、毎週2日のトウ・トレーニング(実験Ⅱ)が4週間組み込まれた。実験試技の内容は以下に示した。

実験試技Ⅰ

－トレーニング前の100mのプレ・テスト－

- ①全力走100m x 1本
- ②全力での牽引走(2kg)100m x 1本
- ③全力での牽引走(3kg)100m x 1本
- ④ポスト全力走100m x 1本

実験試技Ⅱ

－1カ月の漸進的トウ・トレーニング－

- 1回目:最大下努力の牽引走(2kg)100m x 3本
- 2回目:最大下努力の牽引走(2kg)100m x 4本
- 3回目:最大下努力の牽引走(2kg)100m x 5本
- 4回目:最大下努力の牽引走(2kg)100m x 5本
- 5回目:最大下努力の牽引走(2kg)100m x 4本
- 6回目:{全力走100m x 1}+{最大下努力の牽引走(2kg)100m x 3本}+{全速疾走100m x 1本}
- 7回目:{最大下努力の牽引走(2kg)100m x 1本}+{全力での牽引走(3kg)100m x 2本}
- 8回目:{最大下努力の牽引走(2kg)100m x 1本}+{全力での牽引走(3kg)100m x 2本}

9回目:{全力走100m x 1本}+{全力での牽引走(3kg)100m x 1本}+{全力走100m x 1本}

注 コントロール群は通常トレーニングの自主的継続はなされたが、トウ・トレーニングは一切行わなかった。

実験試技Ⅲ

- ①全力走100m x 1本
- ②全力での牽引走(3kg)100m x 1本
- ③全力での牽引走(3kg)100m x 1本
- ④ポスト全力走100m x 1本

c) 牽引装置及び実験装置

牽引装置には、牽引力が所定の大きさに制御可能な等張性牽引装置”SPEED-MAX”(ニシスポーツ社製)を用いた。

100mのスタートからゴールまで10m毎に、スタートピストルと連動された光電管を置き、10m毎の速度変化を測定した。これと同時に、バイオメカニクスのデータを得るため、40m~50mの区間を走者の右側方50mの地点から、高速度ビデオカメラHSV-200(NAC社製)により毎秒200コマで被験者を追い撮影した。

(2) 実験データの処理

a) 疾走速度、ストライド、ピッチ曲線

光電管から得られた10m毎の時間をもとに、スタート後10mから100mまでの10m毎の平均速度を計算した。また撮影されたビデオ画像から、光電管の付近に走者の足が接地したタイムと各光電管の間の歩数を測定することにより、1歩にかかる時間を計算し、この逆数を10m毎の平均ピッチとした。10m毎の平均速度を平均ピッチで除したものを10m毎の平均ストライドとした。こうして得られたデータから疾走速度、ストライド、ピッチ曲線を描いた。

b) 映像分析

ビデオ画像から、身体23点の座標を読み取り、画面に写し込んだ較正点を元に実長に換算した後、デジタル・フィルターにより10Hzで平滑化した。画像のデジタイズは2歩(1サイクル)に渡って行ったが、データの平滑化や微分演算を考慮して分析対象範囲の前後10コマを加えた。

c) 主な測定項目

走の1サイクル(左足接地から次の左足接地まで)を、足先と大転子との位置関係などに着目して①左足接地、②左足支持期中間点(左大

転子が左足先上を通過する時点)、③左足離地、

④左足フォロースルー終了、⑤右足接地、
⑥右足支持期中間点、⑦右足離地、⑧左足振り
戻し開始の時点で区分する8局面を設けた。
本論文では、これらの局面を基準にして、さら
に支持期(①-③)、支持期前半(①-②)、支
持期後半(②-③)、非支持期(③-⑤)、回復期
(③-①)、回復期前半(③-⑥)、回復期後半(⑥
-①)という呼び方を用いることにする。

なお、本論文での図7~9で用いた各局面
区分は、以下のものを示す：局面3(③-④)、
局面4(④-⑤)、局面5(⑤-⑥)、局面6(⑥-⑦)、
局面7(⑦-⑧)、局面8(⑧-①)。

得られた画像データから、撮影区間におけ
る1サイクルの疾走速度、ストライド、ピッチ、
回復期における各局面の腰及び膝の各関節ま
わりのトルク、パワー、力学的仕事などを算
出した。また各時点における膝関節角度及び
大腿の部分角度を求めた。

【結果と考察】

(1) 疾走速度について

a) 最大疾走速度

1カ月の漸進的トウ・トレーニングの結果、
トレーニング群では全力走の平均最大速度は、
トレーニング前後(実験I・III)で9.43から
9.63m/sへと2.2%の有意(P<.05)な増加を示
した。最も大きな増加を示した牽引走では、
10.12から10.40m/sへと2.84%増加し、ポスト

全力走では、9.42から9.68m/sへと2.72%とい
ずれも有意(P<.05)な増加を示した(表1)。

一方、コントロール群でも全力走及びポ
スト全力走で1%、5%水準でそれぞれ有意な疾走速
度の増加を示した。トレーニング群とコント
ロール群ともに、全力走とポスト全力走とい
う牽引無しの自力走で有意な差が出てきた背
景には、トレーニング前の試技が向い風(1~
2m)で行われたのに対し、トレーニング後の試
技では追い風(1m前後)の条件下で実施された
ことの影響を無視することができない。しか
し、トレーニング群ではトレーニング前後の
牽引走間にも有意な増加を示し(P<.05)、風の
影響を受けない条件下でも最大速度に差が認
められ、高い速度に対する適応状況を物語る
ものである。

トレーニング群とコントロール群の自力走
に差がないことについては、負荷強度の高い
トウ・トレーニングでの疲労が考えられる。
トレーニング群は、トレーニング疲労(実験
II)から十分に回復していなかったことが
予想され、両群にはここで示された以上の差
異が内在しているものと推測される。という
のは、トレーニング群のほとんどの者がその
後のシーズンで自己記録を更新しており、ト
ウ・トレーニング直後での直接的な効果をポ
スト・テストの成績に求めることはできな
かったが、その後の遅発的効果の一端を見逃
すことができないからである。

表1 トレーニング前後の疾走速度・ストライド・ピッチの変化

	全力走			牽引走			ポスト全力走			全力走に対する変化率			
	実験I	実験III	変化率	実験I	実験III	変化率	実験I	実験III	変化率	実験I	実験III	実験I	実験III
トレーニング群 (n=7)													
疾走速度 (m/s)	9.43 0.49	9.63 0.47	2.20% *	10.12 0.52	10.40 0.39	2.84% *	9.42 0.46	9.68 0.51	2.72% *	7.40% ***	8.06% ***	-0.02%	0.47%
ストライド (m)	2.13 0.10	2.16 0.08	1.48%	2.24 0.07	2.26 0.08	0.76%	2.12 0.09	2.13 0.09	0.41%	5.45% **	4.69% ***	-0.24%	-1.27%
ピッチ (Hz)	4.43 0.27	4.47 0.24	0.86%	4.51 0.30	4.61 0.27	2.16% *	4.45 0.29	4.54 0.27	2.18%	1.77% *	3.13% *	0.32%	1.64%
コントロール群 (n=6)													
疾走速度 (m/s)	9.31 0.26	9.61 0.28	3.16% **	10.05 0.45	10.31 0.24	2.78%	9.33 0.28	9.60 0.18	2.96% *	7.85% ***	7.35% ***	0.21%	0.02%
ストライド (m)	2.10 0.07	2.14 0.09	1.66%	2.24 0.06	2.26 0.10	1.00%	2.09 0.06	2.13 0.10	1.82%	6.59% **	5.86% **	-0.43%	-0.25%
ピッチ (Hz)	4.44 0.15	4.50 0.20	1.51%	4.49 0.19	4.57 0.22	1.81%	4.47 0.17	4.52 0.21	1.20%	1.21%	1.52%	0.69%	0.40%

*** p<.001 ** p<.01 * p<.05

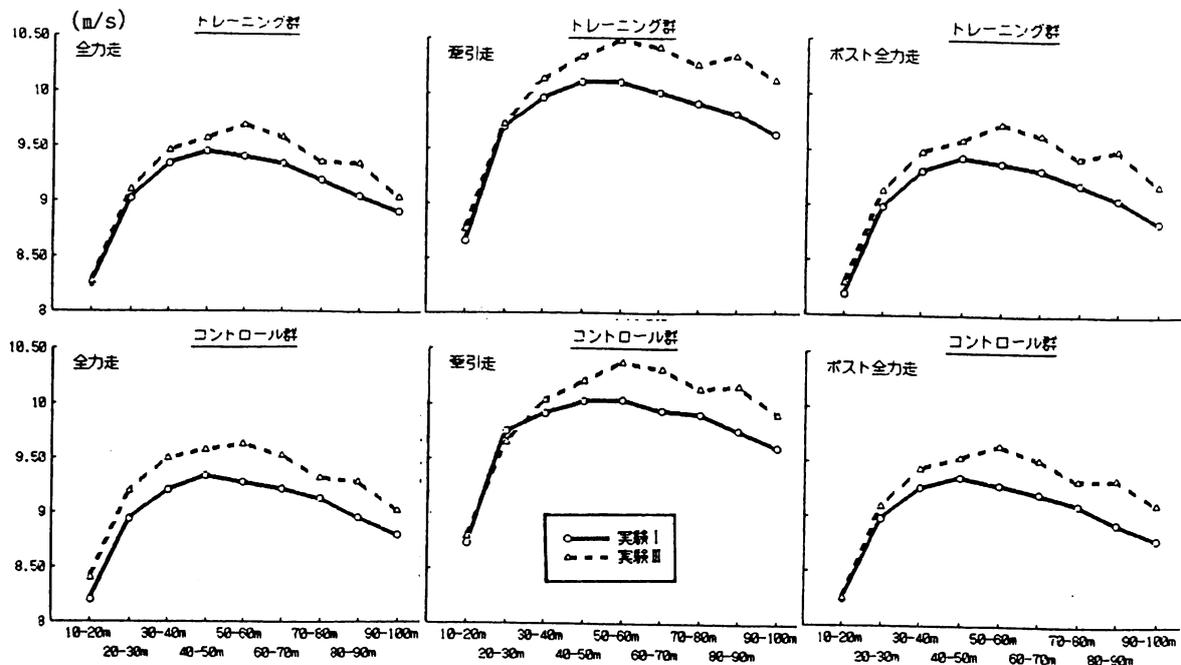


図1 トレーニング前後の各試技の疾走速度曲線

b) 区間速度について

被験者の100m疾走に於ける速度曲線(図1)からその疾走局面を、スタートから30mまでの加速局面、30~60mの最大速度局面、及びその後の速度持続の3局面に大別した。

トレーニング群の全力走では、トレーニング前後で各局面での10mの区間速度に差があるが、特に最大速度局面と速度持続局面とに大きなトレーニング効果が認められる。しかし、牽引走およびポスト全力走では、両群に加速局面での差は見られない。従ってトウ・トレーニングでは、加速局面でのロウギア的パワーの向上を期待することはできないといえる。

牽引走やポスト全力走では、両群の最大速度局面や速度持続局面での区間速度に差が見られ、特にトレーニング群のポスト全力走での速度持続局面の速度増加率が大きくなっている(コントロール群の3.5%に対して4.5%)。また、走速度の持続能力を示す速度逓減率からトレーニング前後の状態を見ると、全力走やポスト全力走の自力走では5~6%であり、両群に差が見られなかった。しかし、牽引走ではトレーニング群のトレーニング前や、コントロール群のトレーニング前後で共に4%台であるのに対し、トレーニング群の牽引走ではトレーニング後に3.4%と小さくなっている。ソウルオリンピックの男子100mメダリストの

速度逓減率の平均が約5%であることから、トレーニング群は非常に高い疾走持続能力を示したことになる。

以上のように、1カ月の漸進的トウ・トレーニングは最大スピードの頭打ちを打ち破るためばかりではなく、速度持続のためのトレーニング手段としての可能性をも示唆するものである。また、トレーニング群のトレーニング後のポスト全力走に示されたように、このトレーニングの実施による牽引走後の即時的効果⁶⁾が、最大速度局面および特に、速度持続局面でその効果が大きく、また出易くなることが判明した。

(2) ストライドについて

a) 最大ストライドについて

100m走における一般的なストライドの変化は、スタートから疾走速度曲線と同じ傾向を示し、その後ゴール前で疾走速度は低下するが、ストライドを大きくしてレースを終えている⁶⁾。したがって本稿では、最終区間(90~100m)を除く他の区間で最大のものを最大ストライドとして扱うことにする。

トレーニング前後での全力走におけるトレーニング群の最大ストライドは、7名の平均がそれぞれ2.14mと2.17mで大きくなる傾向があるものの、統計学的には有意な差ではな

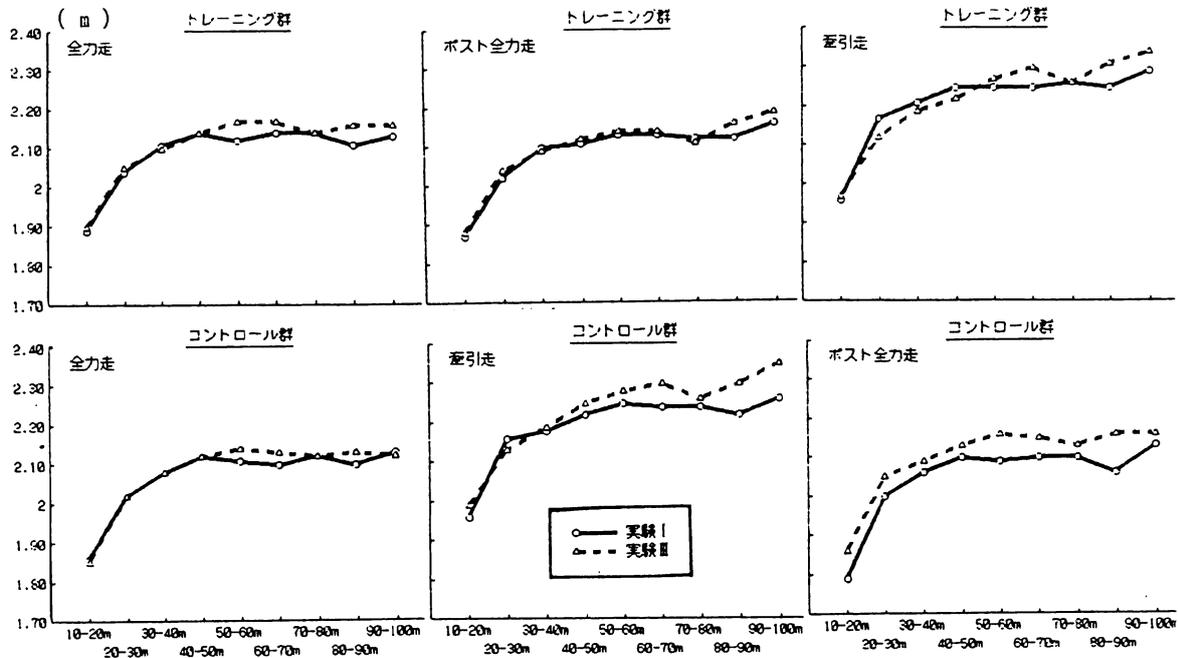


図2 トレーニング前後の各試技のストライド曲線

った。また、全力走と牽引走との間にはトレーニング前後に有意な差があり、全力走に比べ5~6%の増加であった。ポスト全力走では全力走に比べわずかに減少する傾向があった。

以上のように、両群とも全力走と牽引走では最大ストライドの有意な増大があるにも拘わらず、ポスト全力走との比較では差がなく、最大ストライドに関してはトウトレーニングの効果や即時的効果も認められなかった。

b) 区間のストライドについて

両群とも全力走におけるトレーニング前後でストライドの差はほとんどないが、牽引走では、両群ともに加速区間でのストライドを緩やかに増加させていく傾向がみられた(図2)。特にトレーニング群では、ストライドの立ち上がりを遅くしてスピードに対応していることが伺える。

(3) ピッチについて

a) 最大ピッチについて

トレーニング群の全力走のトレーニング前後に最大ピッチの有意な差は認められなかったが、4.42から4.47f/sへと約1%増加する傾向があった。また、全力走と牽引走との間には、トレーニング前には4.42から4.51f/sへと1%水準で有意な増加が、トレーニング後では4.47から4.61f/sへと5%水準で有意な増加が認めら

れ、トウトレーニングでは明らかに高いピッチの負荷が課せられていることが確認された。

また、トレーニング前後の牽引走間には5%水準で差異が認められ、トウトレーニングによって有意に高いピッチに耐えられるようになったことがわかる。更に、トレーニング後の全力走とポスト全力走の間にも有意な差($P<.05$)があり、トレーニング群にピッチに対するトウトレーニングの即時的効果が認められた。一方、コントロール群では、全力走と牽引走間にはピッチでなく、ストライドが大きくなる傾向があるが、有意な差には至らず、またそれぞれのトレーニング前後の試技内にも有意な差はなかった。

b) 区間のピッチについて (図3)

トレーニング群において全力走でのピッチに対するトウトレーニングの効果は見られなかったが、牽引走では有意にピッチを向上させることができ、そのことがポスト全力走にプラスの効果を与えていると考えられる。即ちトレーニング群では、トウトレーニングによって高いピッチが訓練されていることが前提条件となり、ポスト・テストでの牽引走試技が起爆材となり、次のポスト全力走試技に素早く反応し、より顕著な即時的効果が引き出されたものと考えられる。このことは

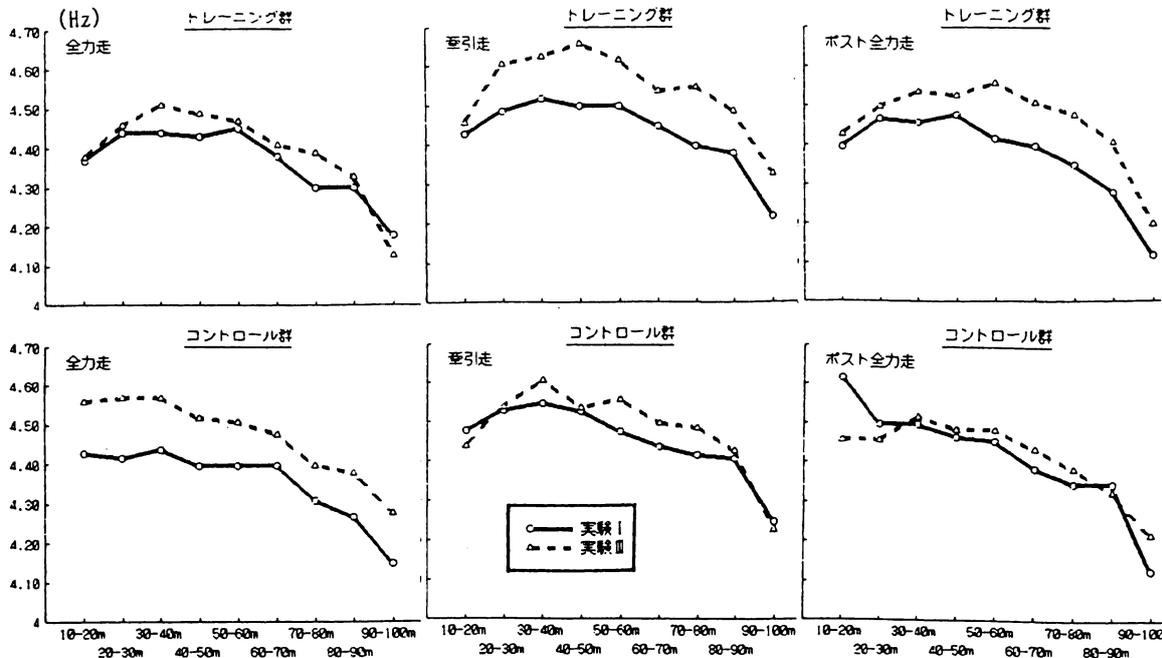


図3 トレーニング前後の各試技のピッチ曲線 (同試技比較)

全力走、牽引走、ポスト全力走のピッチを同時に表わした図4で、両群にトレーニング前後でのポスト全力走におけるピッチ向上の明らかな差が確認される。これらのことは、疾走速度の最大速度および速度持続局面における変化と符合するものであり、その区間での走速度は主にピッチによって生み出されたものとみなされる。

c) ピッチのトレーニング経過について
 実験Ⅰの牽引走での40~60m区間で測定された平均ピッチを基準として、トレーニング経過の動態を見ると、全般的に日を経る毎にピッチの漸増が見られ、順調に高いピッチが獲得されていった経緯を読み取ることができる(図5)。

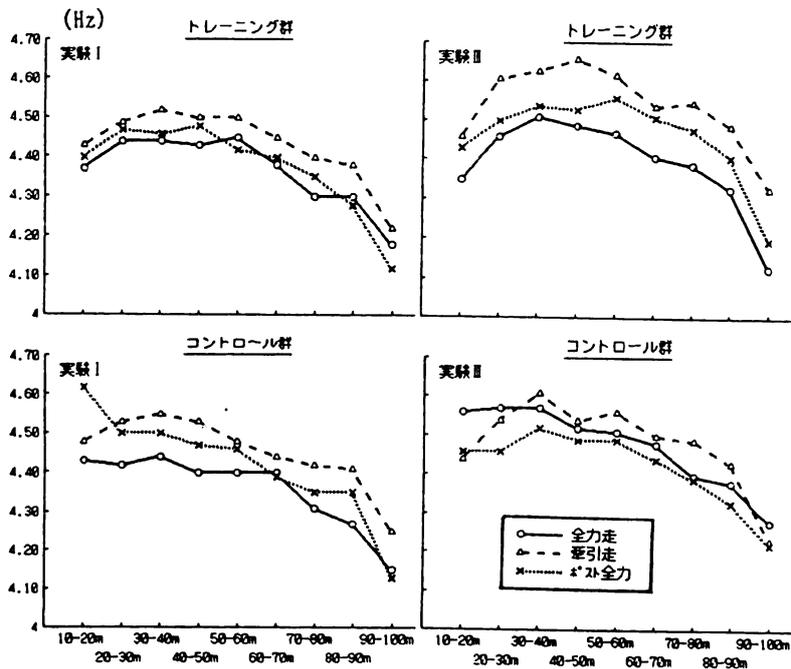


図4 トレーニング前後の各試技のピッチ曲線 (同実験内比較)

(4) 最大速度、最大ストライド、最大ピッチ出現の序列性について

全力走では、トレーニング前後に関係なく最大速度が最大ストライドと同時に出現し、また複数区間に最大ストライドが見られる。最大ピッチはトレーニング前では最大速度後、トレーニング後には最大速度前の区間に移行し、トウ・トレーニングによって素早いピッチの立ち上げが可能になったものと考えられる。一方、コントロール群ではトレーニング群と同様に、全力走での最大速度

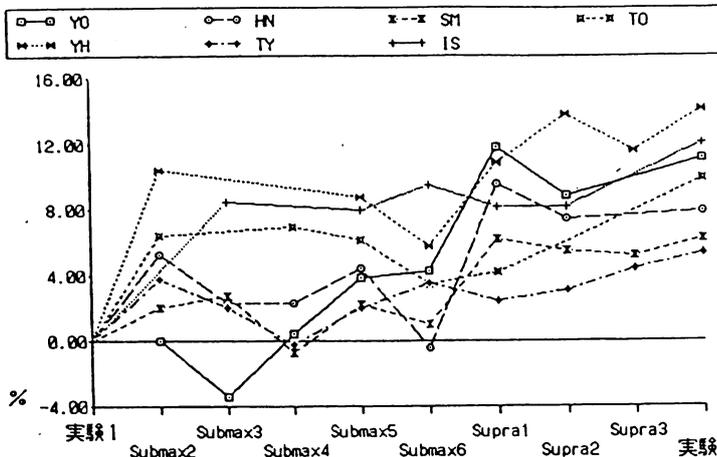


図5 最大速度局面のピッチのトレーニング期間中の変化率

は最大ストライドとともに出現し、最大ピッチはその前の区間に現れている。

牽引走ではコントロール群のトレーニング前を除き、最大ピッチ、最大速度、最大ストライドの順に独立して出現する。この出現の序列性は実際のレースを分析した結果⁵⁾と一致する。そして、ポスト全力走ではトレーニング群は、トレーニング前後ともに最大速度が最大ピッチと同時に出現し、その後の区間に最大ストライドが続いた。一方コントロール群ではトレーニング前後ともに最大ピッチが最初に出現し、その後最大速度が最大ストライドと同時に現れた。

以上のように最大速度、最大ストライド、最大ピッチの関係を見ると、トレーニング群ではトウ・トレーニングを実施することによって最大速度が最大ピッチと結び付いて出現するように変化したと考えられる。

(5) 疾走フォームのダイナミクスに及ぼす影響について

トウ・トレーニングの疾走フォームのダイナミクスに及ぼす影響についての、各種力学量の運動解析データは、疾走フォームの典型的個別性の典型例として抽出した以下の3名の被験者のものを中心に見ていくことにする。

被験者Hはピッチ型の特徴を示し、トレーニング度が高い短距離走者である。被験者Yは400mHを専門とするストライド型の短距離走者であり、被験者Mは三段跳を専門とするストライド型の走者である。

図6の速度、ストライド、ピッチのトレ

ニング前後の変化率を見ると、速度は被験者Yの全力走1試技を除く全ての試技で増加を示した。ストライドについては一般的な傾向は見られないが、牽引走においては被験者全員トレーニング後の方が減少していた。またピッチは、被験者Hの全力走が同じ値を示した以外は全ての試技で増加を示した。

a) 下肢関節角度の変化

表2は、トレーニング前後(実験I・III)の全力走、牽引走(3kg)、ポスト全力走での各局面の膝関節角と大腿角を示したものである。トレーニング前後における牽引走では全力走に比べ、膝

関節角は接地時にその角度が大きく、離地時には小さくなる傾向を示した。これはトレーニング前後に共通して見られ、先行研究⁶⁾の結果とも一致していた。また、一流走者の全速疾走において見られる動き⁵⁾とも同様であった。

離地時の大腿角は、トレーニング前後でも増加を示し、離地時に大腿の後方への伸展が抑えられていた。回復期の大腿角の変化を見ると、牽引走での大腿角は、全力走に比べて逆足接地時、逆足離地時ともに大きな値を示した。以上のように、トレーニング前後の牽引走は、全力走に比べて膝関節角、大腿角共に支持期後半でそれほど伸展せず、脚の回復を早める動きを示すものであった。

次に、牽引走のトレーニング前後を比較してみると、トレーニング前に比べてトレーニング後では、膝関節角、大腿角とも接地時にその値が小さく、離地時に大きくなる傾向を示した。つまり、トレーニング後での牽引走の動きの変化は、トレーニング前の牽引走よりも小さく、その動きは、全力走とトレーニング前での牽引走の動きの中間的なものであるといえる。これは、1カ月のトウ・トレーニングを通じて、牽引走への適応状態の改善が進められたものと考えられる。

b) 下肢関節の力学的仕事

ここでは動作分析により得られた、関節まわりの力学的仕事量(J/kg)の変化を見ることにする。

図7は、トレーニング前に対するトレーニング後の膝関節まわりの力学的仕事変化量

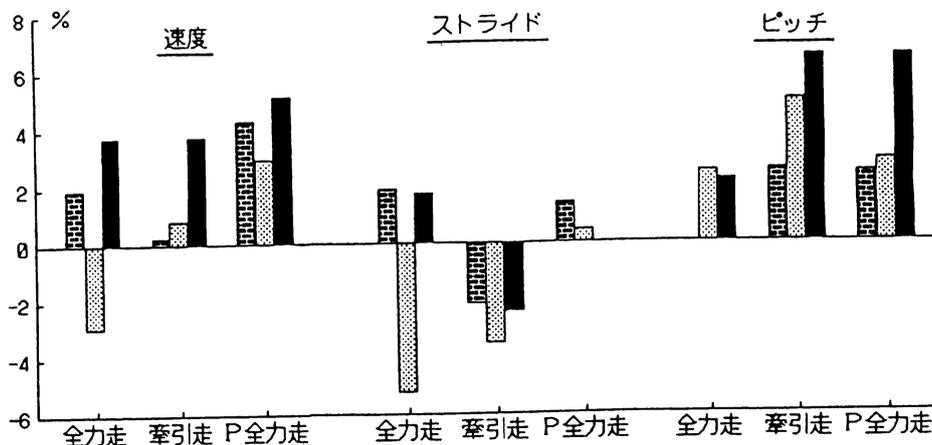


図6 トレーニング前後の疾走速度・ストライド・ピッチの変化率 (%)

表2 実験Ⅰ、実験Ⅲにおける各関節および部分角度の比較

測定項目	全力走		牽引走		ポスト全力走	
	実験Ⅰ	実験Ⅲ	実験Ⅰ	実験Ⅲ	実験Ⅰ	実験Ⅲ
膝関節						
接地時						
H	149.7	149.6	158.1	153.4	155.3	151.6
Y	144.0	152.9	144.4	155.0	144.4	149.4
M	156.7	154.1	168.6	156.3	155.9	154.3
離地時						
H	144.9	152.6	139.6	143.8	149.9	154.2
Y	143.5	146.4	143.2	146.5	144.4	146.6
M	152.8	151.9	147.4	145.1	149.8	152.4
大腿角						
接地時						
H	31.1	31.9	35.2	30.4	28.0	26.9
Y	32.3	27.5	29.2	26.1	28.2	30.9
M	27.1	25.1	20.0	29.1	27.6	26.2
離地時						
H	-16.0	-25.0	-13.8	-23.8	-23.3	-27.9
Y	-22.1	-23.4	-20.9	-22.1	-23.5	-23.0
M	-27.5	-23.5	-12.7	-16.7	-19.7	-23.4
逆足接地						
H	16.2	10.2	30.5	23.0	15.5	14.8
Y	19.7	18.7	29.7	25.1	17.0	25.4
M	5.1	24.7	7.1	31.7	7.3	17.6
逆足離地						
H	78.5	74.4	85.9	85.7	80.1	75.0
Y	72.6	77.5	77.6	79.0	74.2	81.5
M	60.8	77.5	66.0	77.3	52.6	72.0

(単位 deg)

($\Delta J/kg$)を各局面(局面3~局面8)ごとに示したものである(上段:全力走、下段:牽引走)。

図7を見ると、負の仕事が増加した局面は各被験者により異なっていたが、主に回復期後半の局面7、8において見られた。膝のなした負の総仕事は、トレーニング後の牽引走で減少した被験者Mは、トレーニング後の全力走において他の被験者と同様に局面7で顕著な増加を示し、総仕事も増加している。しかし牽引走では局面7で減少を示し、結果として総仕事を減少させている。先行研究¹⁾では、膝における負の最大パワーや仕事は疾

走スピード、ストライド、ピッチの増加に大きく関係しており、疾走スピードの向上には膝屈筋群の発揮する負パワーの大きいことが極めて重要になると述べている。

本研究でのトレーニング前後の変化率を見たとき、ほとんどの試技において膝のなした負の総仕事が増加していた。なかでも回復期後半の増加は顕著であり、これがトレーニング後の各試技において、回復期後半の膝関節の伸展をくい止め、下腿の素早い振り戻しに大きく貢献したと考えられる。その結果としてほとんどの試技においてピッチが増加しており、疾走速度も増加していた。以上のことから、牽引走は先行研究⁶⁾と同様に、疾走速度向上もしくは速度耐性を高めるためのトレーニングとして、また膝屈筋群のエキセントリックな筋力発揮トレーニングとして有効であると考えられる。

図8は膝の場合と同様、腰の正仕事のトレーニング前後の変化量($\Delta J/kg$)を、それぞれ全力走(上段)と牽引走(下段)について局面毎に示したものである。被験者HとYは回復期前半の局面3、4で減少を示し、被験者Mはそこで逆に増加を示している。これは、牽引走での被験者HとYの脚の回復がトレーニング前よりも遅れており、被験者Mについては回復が早まっていることが考えられる。このことは、表2の各局面での下肢関節角度を見ると明かであった。しかし被験者HとYはトレーニングの後での全力走と牽引走の比較では脚の回復の遅れは見られず、被験者Mは脚の回復を極端に早めてい

たことがわかる。

図9は腰まわりの正仕事を、トレーニング前後での全力走に対する牽引走の各局面での仕事変化を示したものである。トレーニング前後を比較してみると、被験者HとYは、トレーニング前(上段)では、局面3で正、局面4、5で負になっているが、トレーニング後(下段)では逆に局面3で負、局面4、5で正を示している。これに対して被験者Mは、トレーニング前後共ほぼ同じように局面3で正、局面4で負を示していた。

以上のことから、トレーニング前の牽引走では、被験者全員が脚の回復を早めることを強調したことがうかがえる。しかし、トレーニング後の牽引走での被験者HとYは、脚の回復を早めることだけでなく、支持期中に十分キックすることができるようになったが、被験者Mは脚の回復を早めることだけが強調され過ぎて、支持期の特に後半でのキックが不十分な所謂空回り状態になったものと考えられる。

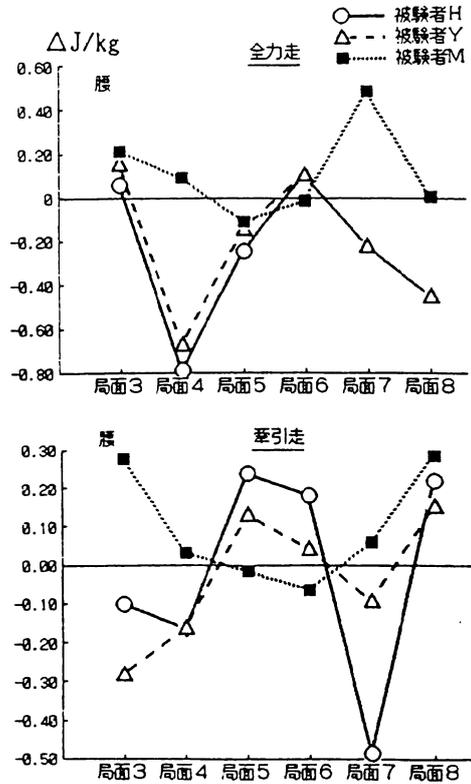


図8 トレーニング前後の腰の正仕事の変化量

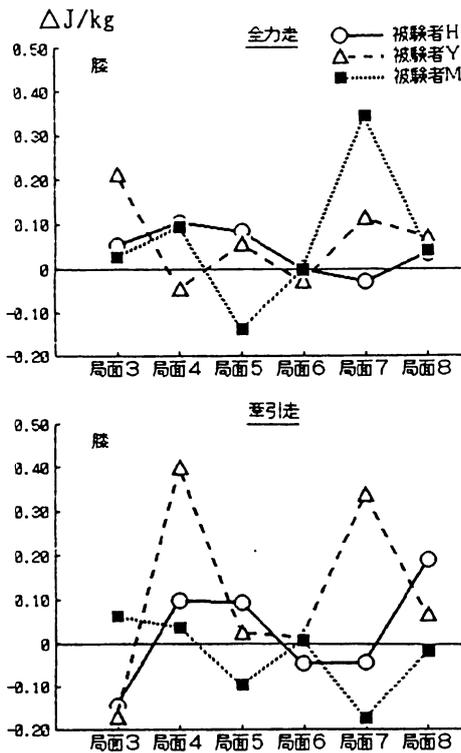


図7 トレーニング前後の膝の負仕事の変化量

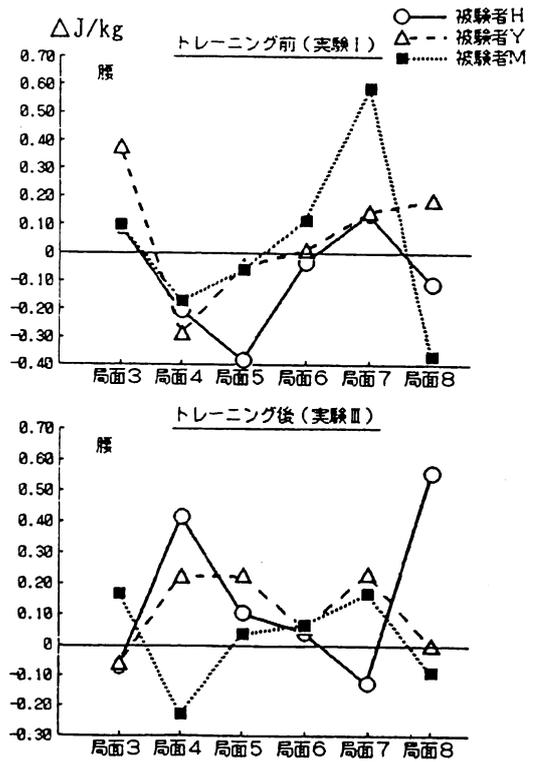


図9 トレーニング前後の全力走に対する牽引走での腰の正仕事の変化量

【まとめ】

本研究では、1カ月間の等張性のトウ・トレーニングを、漸進的な負荷の与え方でトレーニング群に行った。このようなトウ・トレーニングが、100m走での走速度、ストライド、ピッチ、及び疾走動作のダイナミクスに与える影響について検討した結果、以下の知見が得られた。

1) 全力走、牽引走及びポスト全力走のいずれも、トレーニング前後で最大速度が有意に増加した($P < .05$)。全力走での最大速度は9.43から9.63m/sへ2.2%の増加を示し、最も大きな変化を示したのは牽引走で、10.12から10.40m/sへ2.84%の増加であった。トウ・トレーニングの即時的効果を示すポスト全力走では、9.42から9.68m/sの増加を示した。

2) トウ・トレーニングによる加速局面へのトレーニング効果は期待できないが、最大速度局面や速度持続局面に効果があり、特に牽引走での速度遞減率が小さく、速度持続局面への効果が期待される。

3) トウ・トレーニングによってピッチの立ち上がりが早くなる。また、牽引走では明らかにピッチの高い疾走になり、即時的な効果がピッチに直接的に反映されている。

4) 100mでの最大速度は、全力走では最大ストライドと共に出現するが、牽引走が挿入された後のポスト全力走では最大ピッチと共に出現した。

5) 90%の最大下(Submaximum)努力での課業であっても、牽引での抵抗負荷軽減(Assisted)によって、実際の遂行速度は+5~6%の超最大速度で遂行される。従って、牽引走でのスピードの強度的負荷は著しく大きい(超最大Supramaximum)ので、トレーニングへの実践的組み込みには、トレーニング後の遅発的效果として、超過回復までの至適インターバルを考慮する必要がある。

6) トレーニング後の牽引走時の下肢関節は、トレーニング前より全力疾走に近い動きを示し、トウ・トレーニングを通じて、全力での牽引条件のもとでも疾走フォームを持続しうる適応性の改善が認められた。

7) 全力走と比較した場合、牽引走の回復期後半の膝関節まわりの筋群がなした力学的仕事は増加を示した。また、その値はトレー

ニング前よりも、トレーニング後の試技で顕著に大きく、膝屈筋群にエキセントリックなパワー発揮がより必要とされた。

8) 走者によっては、牽引走時に脚の回復が遅れないように支持期後半の早い時期に、伸展から屈曲へ切り替えからのピッチ増加を強調しすぎるとは、ピッチの増加は望めても、身体を前方にドライブする支持期(特に後半)でのキックが十分にできず、推進性に乏しい脚の空回りの動きを身につける危険性を含んでいる。

【参考文献】

- 1) 阿江通良, 宮下 憲, 他: 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. 筑波大学体育科学系紀要, 第9巻: 229-239, 1986.
- 2) BOSCO, C., VITTORI, C.: Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. *NSA*, 1: 39-45, 1986.
- 3) MERO, A., KOMI, P.V.: Effects of supra-maximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *I.J.S.B.*, 1: 240-252, 1985.
- 4) MERO, A., KOMI, P.V.: Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal, and supramaximal running speed in sprinter. *Eur. J. Appl. Phys.* 55: 553-561, 1986.
- 5) 宮下 憲, 横井孝志, 阿江通良, 橋原孝博, 大木昭一郎: 世界一流スプリンターの疾走フォームの分析. *J.J. Sports Sci.*, 5-12: 892-898, 1986.
- 6) 村木征人, 阿江通良, 宮下 憲, 伊藤信之: 等張性トウ・トレーニングにおける適正牽引力とトレーニングの即時的効果. 日本体育協会スポーツ科学研究報告書, 財団法人日本体育協会スポーツ科学委員会, 1989.
- 7) SANDWICK, C.M.: Pacing machine. *Athletic J.* 47: 36-39, 1966.
- 8) ZHUKOV, I.L., SHABANOV, B.V.: Tow training. *Track Technique*, 96: 3074-3075, 1986.