

II. 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効果

報告者 村木 征人 阿江 通良 宮下 憲
伊藤 信之¹⁾

緒 論

スプリント・スピードの開発は、その能力が直接競技達成として競われる短距離種目はもとより、それを原動力とする跳躍種目にとっても（また、サッカー、ラグビー等の球技でさえ）最も重要なトレーニング課題の1つとされている。

このスプリント能力の発達と改善に関して、本格的な全天候性のトラック走路の時代を迎えた1970年代以降、国際的なトップレベルで、スプリント、並びに跳躍競技界における理論と実践両面で、幾つかの顕著な変革がみられる。それは第1に、スプリント疾走での地面の先取り（積極着地）と脚の高速回転（短い接地、回復時間）で代表される、トップアスリートのスプリント・フォーム上の変化である。第2には、トップ・スプリンターらの詳細な運動分析による、それらのメカニズムに関する研究からの新しい知見の蓄積である¹⁾²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²¹⁾。また第3には、それらとの相互作用からなる、新しいトレーニング法の開発と適用の試みである^{3)4)11)12)16)22)25)27)31~34)}。

この新しいスプリント・トレーニング法は、通常の最大速度での疾走訓練（最大速度法）と共に、特殊な牽引装置や種々の条件を利用して、通常では出せない超最大速度（Supramaximal speed）でのトレーニングの可能性に注目している。このトレーニングの特徴は、疾走スピードの上昇の妨げとなる外部抵抗を軽減して（Sprint assisted）、スプリントの中心的課題である脚のスイング運動へ、

集中的に強度の高いトレーニング刺激を与えることにあり、神経・筋機能の発達改善と心理的な効果が期待されている。

スプリントでの外的負荷の代表的な軽減法には、下り坂や強い追風等の自然条件を利用するものや、走者を前方から人間や自動車、オートバイ、専用の牽引装置等を用いた牽引走（Tow training）が知られている¹⁶⁾²³⁾。無論後者は前者に比べて、その制御性と操作性に優れ、近年、その研究報告も幾つか見られる。

しかしながらその牽引装置の機械的問題から、走者の主体的な運動に重要な影響をもたらす、牽引の適正強度とその具体的なトレーニング効果、並びに牽引による超最大速度の疾走での生体に対する力学的な負荷の特性—腰や膝の筋肉へのトルクやパワー等に関する詳細な検討はなされていないのが現状である。また、トレーニングの実際には牽引力が大き過ぎたり、疾走速度が高まるに連れて主体的な運動遂行が消失して疾走フォームを崩したり、心理的な恐怖感を訴える場合も少なくない。また、その個人差も大きいことが経験的にも知られている²⁸⁾。

従来のスプリントアシスティッド・トレーニングでは、傾斜走路や弾性ロープ（ゴムロープ）、バイク、自動車、若しくはそれらと同様な動力機を用いた牽引装置が、一部のトレーニング現場で試験的に用いられてきた。しかし、傾斜走路では適正斜度と安全な走路選択の面で困難を極め、本来的な意味での超最大スピード・トレーニングの実現には至っていない。また、後者の動力を用いたものは、牽引機自体が生み出す一定の移動スピ

1)筑波大学大学院体育研究科

ード(バイク, 自動車等), 若しくはロープ巻取りスピードに走者が受動的に対応して行うものであった。これらは一種の“等速性”牽引法と呼ぶものであるが, その際の牽引力, 並びにスピード制御の点で多くの問題を抱えていた(例えば, 牽引装置のスピードに合せることからの主体的・能動的な運動の喪失に伴う疾走フォームの乱れや障害の発生, 等々)。

筆者らが抱えていた既存の牽引装置での問題点に対して, 山本ら³³⁾は工学的立場から改善策を提示し, 牽引ロープの巻取りに際して, ロープの牽引を等張的に行う装置を考案試作した(実用新案登録願<昭和61年>)。これは, 原動機で発生されるトルクを「パウダークラッチ」を介することで, この原動機によって回転駆動されるロープ巻取ドラムを, 微細な制御が可能な励磁電流の値に応じて一定の大きさのトルクで回転させ, 等張力的なロープの牽引を可能にしたものである。いわば, 前者の“等速性”に対して, “等張性”牽引法と呼ぶべきものである。しかしながら, トレーニングの合理性を高める上で不可欠な, 適正張力やトレーニング効果, 個別性等の問題に対しては経験上の知見にとどまっていた。

以上のことから, 本研究班では, スプリントアシスティッド・トレーニング(Sprint Assisted Training)としての, 牽引法(トウ・トレーニング, Tow training method)の合理的で実践的な活用の際に直面している具体的な問題解決を中心に, 以下の諸点についての解明を目指した。

- 1) 等張性牽引装置での適正牽引力について
- 2) 等張性牽引装置でのトレーニングの即時的効果について
- 3) トウ・トレーニングでの個別性(個人差)について
- 4) トウ・トレーニングでの力学的な負荷特性について

また, 本研究内容の報告に関連して, トウ・トレーニングのより実用的・実地的な立場から, 本研究で得られた知見を参考に, 各国で用いられている種々の牽引法を紹介すると共に, これまでの実験的なトレーニング経験から得られた実践的な応用と留意点に関する知見をIV章(p39~43)に加えた。

研究方法

1. 実験方法

1) 実験試技と牽引装置

本研究の実験試技には, 主体的な疾走動作を保ちうる臨界牽引力, すなわち適正牽引力を推定する目的で1.5kg(以下Tow1.5), 3.0kg(以下Tow3.0), 4.5kg(以下Tow4.5)の三種類の牽引力を設定した。被験者の平均体重に対する上記3つの牽引力の割合は, それぞれ2.2%, 4.4%, 及び6.6%に相当した。なお, 被験者らは, 実際のトレーニングで各種のトウ・トレーニングの経験者であるが, 実験に先立って, 1週間を本実験試技の習熟期間とした。

また, トウ・トレーニングの力学的な負荷特性とその即時的効果, 並びに個別性を検討するために, 牽引での実験試技の前・後に全速疾走を実施した。牽引試技前のは, 以下「全力走」と呼び, 牽引疾走直後の全力走は以下「ポスト全力走」と呼ぶ。これら実験試技のプロトコールは図1に

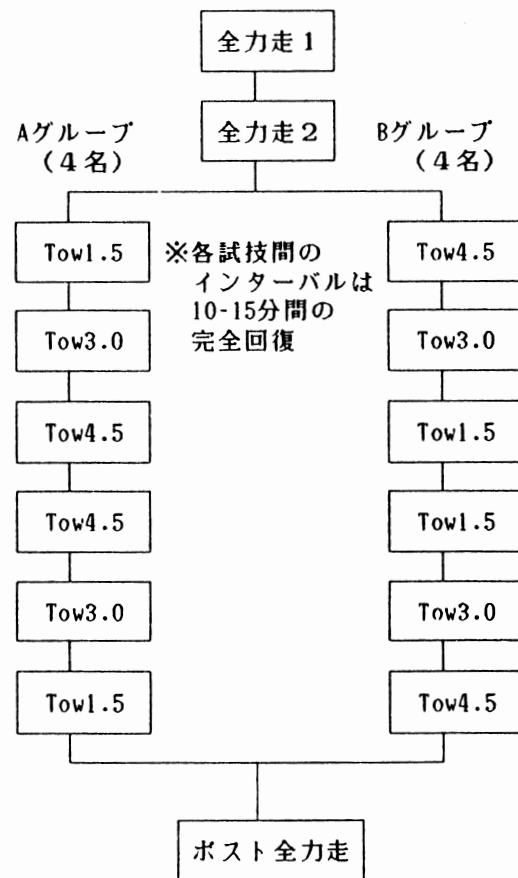


図1 トウ・トレーニングの実験プロトコール

表1 被験者の身体特性

	年齢	身長 (m)	体重 (kg)	100mタイム (秒)	種目	走幅跳 (m)	試技	
H.S.	上	22	1.74	68.0	10.4	短距離	A	
T.K.		21	1.74	62.5	10.9	跳躍	7.44	A
Y.TA.	下	21	1.75	65.5	11.5	跳躍	6.82	A
H.N.	下	19	1.78	81.0	11.5	跳躍	6.91	A
K.K.	上	22	1.70	68.0	10.3	短距離		B
N.M.	下	22	1.80	64.0	11.6	跳躍	7.24	B
Y.TE.		20	1.78	64.5	11.1	跳躍	7.35	B
T.Y.	上	22	1.80	69.0	10.8	短距離		B
平均 (S.D)		21.13 1.05	1.76 0.03	67.81 5.41	11.01 0.47			

示されている。

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、40m 加速後の10m 区間の疾走動作を高速度ビデオカメラ (NAC 社製 HSV-200) によって、毎秒200コマで撮影を行った。

2) 被験者

被験者はランダムにA・B二つのグループに分け、それぞれに牽引走試技の順序は逆に行い、異なる牽引力での試技順序からの影響を受けないよう配慮した。また、試技前にはレース前と同様なウォーム・アップを実施させ、試技間には15-20分の十分な回復時間を設けて実施した。

被験者には、計画的に専門的なスプリント・トレーニングを行っており、本研究への関心が高く自発的な参画意欲を持った大学男子短距離選手3名、および跳躍選手5名の計8名を用いた。尚、被験者の身体特性ならびに主要な競技記録は表1に示した。

被験者は競技レベルでの差異を検討するために、短距離の3名を上位群、跳躍選手の中で100mの記録に劣るものから3名を下位群として選別した。

3) 主観的強度

人間の運動が心理的影響を受け易いことから、本実験では以下の2つの主観的強度を設定して、各疾走直後に被験者から回答を得たものを数値化して検討材料に加えた。1つは「努力感」で、初

めの全力走を基準(100%)に答えられた努力度合(%)。もう1つは「恐怖度」で、全力走を基準に、牽引走に伴う心理的な負荷-外力で引張られる際の恐怖(こわさ)の度合を、マイナスの五段階尺度で表示させた。このスケール上にはプラスの尺度も設けてあり、「恐怖度」に対する逆の“余裕”の度合いを意味する。

2. 実験データの解析

1) 映像分析

2本ずつ行われた各実験試技の中から、疾走速度の高かった試技を選択し、撮影されたビデオ画像から、左右の大転子、膝、足首、母指球、足先、踵の各座標を読み取った。ビデオ分析は2歩(1サイクル)に渡って行ったが、後の平滑化や微分演算などを考慮して分析範囲の前後10コマを加えた。分析データは、ビデオに写し込んだ基準マークをもとに各座標を実長に換算した後、デジタルフィルターにより10Hzで平滑化した。

2) 測定項目

以上のようにして得られたデータから、疾走速度、ストライド、ピッチの値、および回復期における膝、腰の各関節まわりのトルク、パワー、仕事を算出した。また走の1サイクル(左足接地から次の左足接地まで)を、走行中の足先と大転子との位置関係などに着目した8時点<①左足接地、②左足支持期中間点(左大転子が足先上を通過す

表2 疾走速度, ストライド, ピッチの平均値の実験試技間の比較

測定項目	全力走	Tow1.5	Tow3.0	Tow4.5	ホスト全力走
牽引力の 対体重比		2.22% (0.16)	4.45% (0.32)	6.67% (0.48)	
速度 (M/S)	9.96 (0.21)	10.36 * (0.33)	10.63 ** (0.38)	10.82 ** (0.28) (*)	10.01 (0.35)
速度 (%)	-	+4.45 (1.88)	+6.69 (*) (1.96)	+8.70 (**) (1.71) (*)	+0.48 (1.86)
ストライト ¹⁾ (m)	2.13 (2.05)	2.20 (0.07)	2.25 ** (0.06)	2.31 ** (0.06) (**)	2.12 (0.03)
身長比 ¹⁾	1.21 (0.04)	1.25 (0.04)	1.28 ** (0.04)	1.31 ** (0.04) (*)	1.20 (0.03)
支持距離 (m)	0.98 (0.06)	0.99 (0.06)	0.99 (0.06)	0.97 (0.05)	0.96 (0.02)
前半	0.46 (0.04)	0.51 (0.06)	0.49 (0.04)	0.50 * (0.03)	0.46 (0.02)
後半	0.51 (0.05)	0.48 (0.05)	0.50 (0.05)	0.46 (0.06)	0.50 (0.02)
非支持距離	1.16 (0.07)	1.21 (0.04)	1.23 * (0.07)	1.34 ** (0.06)	1.16 (0.03)
ピッチ (回/秒)	4.68 (0.13)	4.72 (0.19)	4.72 (0.19)	4.70 (0.15)	4.72 (0.14)
支持時間 (ms)	94 (6)	92 (6)	91 (7)	89 (3)	93 (4)
前半	46 (4)	49 (5)	47 (4)	48 (3)	47 (4)
後半	49 (4)	43 * (4)	44 (5)	41 ** (5)	46 (2)
非支持時間	122 (6)	120 (6)	120 (9)	125 (8)	116 (5)
滞空時間比 ²⁾	1.30 0.10	1.31 0.07	1.34 0.16	1.41 0.12	1.25 0.08

1) ストライト¹⁾/身長
2) 非支持/支持

(カッコ内の数字は標準偏差を示す)

対全力走 * P<0.05
** P<0.01
対 Tow1.5 (*) P<0.05
対 Tow3.0 (*) P<0.05

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> で区分し, 以下の局面を設けた。1) 支持期①-③, 2) 支持期前半①-②, 3) 支持期後半②-③, 4) 非支持期③-⑤, 5) 回復期③-⑧, 6) 回復前期③-⑤, 7) 回復中期⑤-⑦, 8) 回復後期⑦-①。

これらの各時点における膝, 腰関節角度および部分角度, 大転子に対する足先, 膝の相対速度を求めた。また, 筋群によってなされた機械的仕事を, 回復期での各時点間の区間毎(③-④/④-⑤/⑤-⑥/⑥-⑦/⑦-⑧/⑧-①) に求めた。

また, 異なる走者と試技間の比較を容易にするために, 先に定義した回復期の時間を基準(100%)に時間軸を規格化し, トルク, 角速度, パワーの

平均値と標準偏差を1%毎に求めた。速度, ストライド, ピッチ, 下肢関節および部分角度, 各種力学量の試技毎の平均値の有意差検定(T-検定)を行った。

結果および考察

1. トウ・トレーニングの適正牽引力について
適正牽引力の見極めは, 以下の kinematic および kinetic な種々の分析データ, 並びに心理的な観点での主観的強度調査等のデータに基づいて行った。

1) 疾走速度, ストライド, ピッチ
種々の疾走条件での疾走速度, ストライド, ピッチ等の基本的な運動学的変数の平均値の比較は表2に示した。

表3 下肢関節角度および部位の角度平均値の実験試技間の比較

	全力走	Tow1.5	Tow3.0	Tow4.5	* スト全力走
膝関節					
支持期					
接地時	152.4 (6.5)	156.7 (5.2)	154.7 (5.6)	162.7 ** (4.6)	154.5 (6.4)
離地時	154.6 (5.8)	152.0 (4.0)	151.6 (4.5)	148.2 (10.3)	151.2 (5.6)
回復期					
最小角度	34.8 (5.6)	32.3 (2.5)	29.8 * (2.7)	33.4 (5.4)	31.5 (5.1)
最大角度	156.0 (4.2)	157.7 (4.1)	159.1 (4.5)	165.4 ** (4.2)	157.3 (4.3)
動作範囲	121.0 (6.3)	125.3 (5.4)	129.3 * (4.6)	132.1 ** (3.5)	125.8 (7.6)
腰関節					
支持期					
接地時	140.6 (3.8)	143.2 (4.4)	142.8 (5.2)	149.7 ** (4.5)	144.0 (4.6)
離地時	198.7 (3.4)	195.1 (5.1)	195.1 (4.2)	191.5 (9.2)	195.1 (6.1)
回復期					
最大角度	202.0 (4.6)	198.7 (5.9)	198.0 (5.3)	197.0 (8.0)	197.8 (6.1)
最小角度	106.1 (4.5)	104.6 (4.1)	106.3 (5.7)	106.9 (5.6)	103.4 (4.7)
動作範囲	95.9 (4.0)	94.1 (5.7)	91.6 (9.3)	90.1 (10.5)	94.4 (8.8)
下腿と地面のなす角					
接地時	91.5 (3.7)	95.6 (3.4)	94.2 (3.3)	98.2 ** (3.3)	91.1 (3.7)

(カッコ内の数字は標準偏差を示す)

* P<0.05

** P<0.01

疾走速度は牽引力の増大と共に増加する傾向がみられ、Tow4.5での疾走速度の平均値は10.82m/s(±0.28)であり、全力走に対する速度増加率は+8.7%であった。Tansley³¹⁾は、牽引疾走時の速度は通常の全力走の10%増が目安となるとしており、先行研究のデータに比べても、本研究で得られた増加率は妥当なものであった³⁾¹⁷⁾¹⁹⁾²⁰⁾²⁸⁾。

全被験者の平均値で見ると、この速度の増加は主にストライドの増大によるものであり、これは支持期前半および非支持期での距離が増加した結果である。牽引疾走中に走者の足が地面から離れている間(非支持期)でも、牽引力の増大と共に、常に前方からの牽引で非支持距離も当然伸びていくことが予想された。しかし、Tow1.5からTow3.0への非支持距離の増加は僅か2cmであったが、Tow3.0からTow4.5へは11cmの顕著な増加

を示した。しかしながら、疾走能力に基づいて類別した上・下位2群間には、この増加内容に顕著な違いが見られた。即ち、速度の増加を、上位群では主にピッチで、逆に下位群では主にストライドでまかなうもので、疾走能力・疾走タイプによる個別性の問題を提示した(後述)(図4参照)。

一方ピッチは、牽引走でも全力走にほぼ等しい値に保たれていたが、支持後半の時間が減少する傾向にあり、Tow1.5とTow4.5では有意な減少がみられた。また、牽引走時に非支持距離が増大しているにもかかわらず、Tow1.5とTow3.0では非支持時間が全力走のものを僅かに下回り、Tow4.5でのみ全力走の値を上回った。

2) 下肢の関節角度変化

表3には各関節角度の平均値の比較を示した。牽引疾走時には膝関節、腰関節とも接地時にその

表4 足先と膝の大転子に対する相対水平速度の実験試技間の比較

	全力走	Tow1.5	Tow3.0	Tow4.5	*スト全力走
足先					
接地時	-7.49 (1.11)	-7.42 (1.08)	-7.89 (1.14)	-7.29 (0.83)	-6.97 (1.26)
離地時	-8.66 (0.43)	-9.39 (1.05)	-9.41 (0.87)	-9.55 (0.80)	-8.89 (0.75)
膝					
接地時	-2.52 (0.26)	-2.24 (0.63)	-2.22 (0.73)	-1.97 (0.82)	-2.17 (0.32)
離地時	-1.89 (0.44)	-2.40 (0.78)	-2.26 (0.68)	-2.79 ** (0.65)	-2.14 (0.49)

(カッコ内の数字は標準偏差を示す)

* P<0.05

** P<0.01

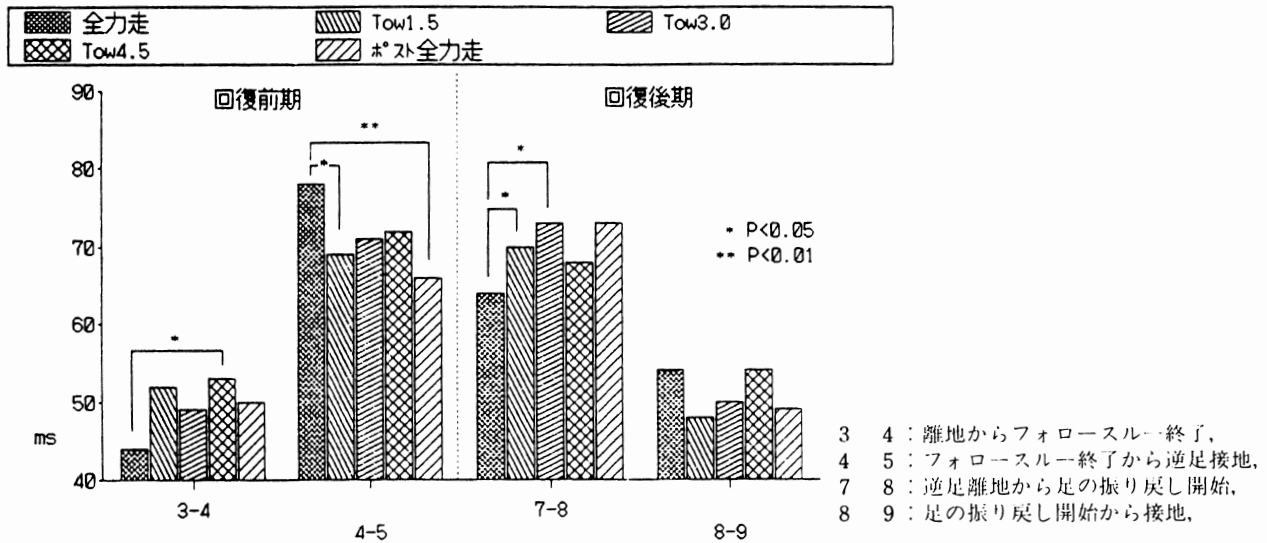


図2 走1サイクル中の各区間の平均時間の実験試技間の比較

角度が大きく、離地時には小さくなっていく傾向を示した。これらは支持期後半での、膝のピストン系の伸展動作が抑えられることを意味し、特に Tow4.5 に顕著であった。Mann¹⁵⁾ は、離地時に膝の伸展が少ないことが支持時間を減少させ、ピッチを向上させることにつながるとしているが、本研究での支持期（特にその後半）の時間減少も、これを支持するものであろう。

下腿の地面に対する傾きは、牽引走時に大きくなる傾向にあり、Tow4.5 では、全力走との差が有意であった。こうした傾向は、Mero and Komi¹⁷⁾²⁰⁾ も報告しているが、この角度の増大は、接地時に水平速度の減速を大きくする要因となるものである。

離地時の足先の大転子に対する相対水平速度は、牽引力の増加と共に大きくなった。しかし、接地

時には一定の増加傾向が見られず、Tow4.5 では逆に減少し、接地時の減速作用が高まる可能性を示唆した（表4）。

牽引疾走時には、回復期の膝の最大角度の増加と最小角度の減少とで、膝関節の動作範囲は増大する傾向にある。また回復前期では、離地からフォロースルー終了までの区間（③-④）の時間が増大し（図2参照）、フォロースルー終了の位置がより高くなり、膝の最小角度が減少して下腿がより高く引き上げられる傾向を示した。また、回復後期では、逆足離地から振り戻し開始までの区間（⑦-⑧）の時間は、全力走に対して、Tow1.5 と Tow3.0 で有意に増加し（図2参照）、同時に膝の最大角度も増大した。従って、牽引疾走時には足の振り戻し開始の位置が、前方に移動する傾向にあると言える。しかしながら、Tow4.5 でのこの区間

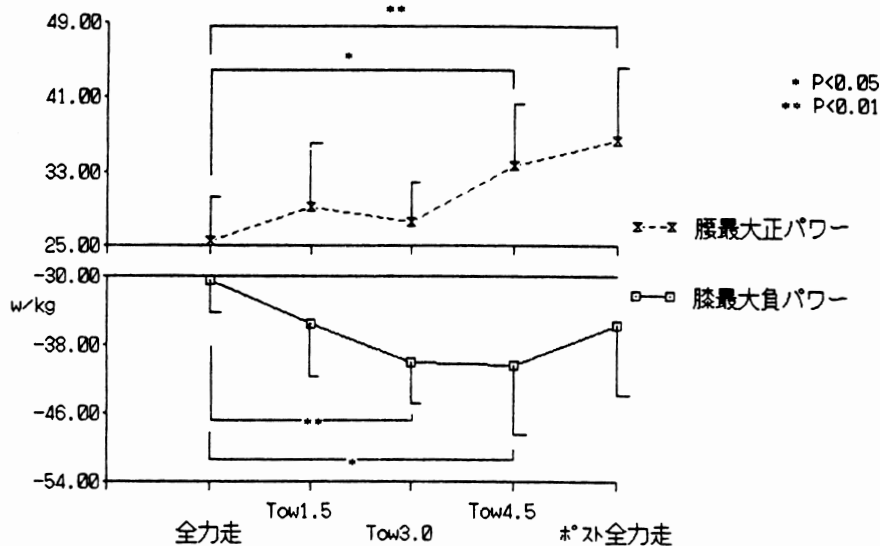


図3 腰・膝関節における最大パワーの実験試技間の比較

(⑦-⑧)の時間は、回復前期(③-④)とは逆に減少した。

表4に示された様に、離地時の膝の水平速度はTow4.5で有意に増大し、接地時には逆に減少しており、上記のことを考えあわせると、牽引疾走時、特にTow4.5では、離地時に脚を後方へ移動させる速度が増加して、フォロースルーの終了と同時に脚の前方振り出し時期も遅れ、「足が後ろに流れる」傾向が強まるものとみられる。

3) 下肢関節のパワー

図3には回復期における各関節の最大パワーの値を示したが、膝の最大負パワーはTow3.0とTow4.5で有意に増大した。Chapman and Caldwell⁶⁾は、回復期後半に膝屈筋群が発揮する負パワーが、スプリントにおける疾走スピードの限定因子であると報告している。また、阿江^ら¹⁾は、最大疾走速度の向上のためにはeccentricな手段による、膝屈筋群(Hamstrings)のトレーニング法を工夫する必要があることを示唆している。本研究の牽引走でも、この膝の最大負パワーは全力走に比べて有意に大きく、トウ・トレーニングがこうした専門的スピード・筋力発揮に有効な、専門的トレーニング手段となりうることを示唆するものであった。また、腰の最大正パワーはTow4.5でのみ有意に増大した。膝、腰ともその最大パワーは回復後期に現れていたが、この局面で、下腿の

振り戻しと腰の伸展の双方に関与する、大腿二頭筋への負荷は極めて大きなものであることが予想される(4.に後述)(図8)。

4) 主観的強度

表5には、被験者が各疾走直後に感じた主観的強度の各指標の平均値を示した。牽引疾走時の努力感は、総て全力走のものを下回ったが、牽引力の増大と共に大きくなる傾向にあった。また、Tow1.5では余裕度が大きかったが、Tow4.5では逆に恐怖度が高まった。自己の疾走フォームを維持できないと答える割合も、Tow1.5では0%に対して、Tow4.5では37.5%と著しく増加した。

牽引法は、選手への外的な抵抗(空気抵抗や重力等)を減じることから、一般に負荷軽減法の範疇に含まれる⁷⁾⁸⁾⁹⁾。しかしながら、水平方向への牽引走における超最大スピード負荷でのトレーニングでは、生体への身体的、心理的な運動負荷の観点からは、負荷軽減法の名称は必ずしも相応しくない。トウ・トレーニングでは、主に空気抵抗が直接的な外的負荷の軽減対象とされる。疾走時に走者が受ける空気抵抗は、Hill, A.V.¹⁰⁾の式 $[R=0.0563ArV^2]$ 、又は「ベルヌイの法則」からも近似的に求められる。本研究の条件下(平均身長176cm, 疾走速度10-11m/s, 気温約25度)でのおよその空気抵抗は約3.0kgに相当し、Tow3.0の牽引力とほぼ等しいものであった。

表5 心理的主観強度の実験試技間の比較

	全力走	Tow1.5	Tow3.0	Tow4.5	ポスト全力走
努力感 1) (S.D.)	100.0 —	85.0 (10.3)	90.6 * (6.8)	96.6 ** (9.3)(**)	90.6 ** (10.1)(**)
余裕度 2) (S.D.)	0.0 —	+2.5 (1.2)	-0.2 ** (1.2)	-2.2 ** (1.5)	0.8 ** (1.3)(**)
フォーム 3)		0/16 0.0%	2/16 12.5%	6/16 37.5%	3/8 37.5%

* P<0.05
 ** P<0.01
 (対前試技)
 1) 全力走を100%としての各疾走後の努力感
 2) 余裕度・恐怖度
 全力走を0として最も余裕を感じるを+5、
 最も恐怖を感じるを-5とした
 (**) P<0.01
 (対TOW1.5)
 3) 分母；各疾走条件における全試技数
 分子；自己の疾走フォームを保てなかったと感じた試技数

主観的強度の尺度の一つに用いた「余裕-恐怖度」が±0であったのは、Tow3.0での牽引走で、牽引力と上記の空気抵抗推定値とが丁度相殺されるニュートラルな条件と一致した。疾走直後に聞かれた被験者からのコメントは、Tow3.0に比べてTow1.5では「楽」、「自力で走っている」、「コントロールしやすい」、「やや物足りない」など、Tow3.0では「引っ張られていい感じ」、「スピードが自然と高まってしまふ」など、Tow4.5では「強く引っ張られる」、「速い」、「足がついていかない」などであった。

【トレーニング面への示唆】

以上の様に本研究では、適正牽引力として[Tow3.0]を支持する見解が得られた。しかし一方で、[Tow1.5]での膝関節屈筋群にかかる負荷は全力走とほとんど変わらないが、疾走中の余裕度が増し、疾走動作のコントロールがしやすくなる反応を得た。従って、[Tow1.5]は、より高いスピード条件でリラックスを保った疾走フォームの習得改善を目的とする、習熟的方向に適したものである。

しかしこの際には、牽引によってストライドを伸ばすよりも、上位群に見られた脚の高速回転-ピッチを高めることを重視した運動課題を持つべきであろう。村木²⁴⁾が指摘するように、通常の最大下の疾走訓練（流し、ウインドスプリント等）でも、一般に脚の回転よりも「大きく走れ」と言うストライドの拡大への指示、並びに選手の課題意識が顕著で、再考を要する問題である。

一方、[Tow4.5]での牽引疾走は、肉体的・精神的に負荷が大きく、疾走動作を崩し易いものであった。このため、訓練性の低い競技者では、こうした高い強度の負荷条件で運動を遂行することで、悪い運動習性を身につけてしまう可能性も高い。しかしながら、高度に熟練し、訓練性の高い競技者にとっては、スピードの頭打ち（スピード障害）を打破するための、より質の高いトレーニング手段となりうることが示唆された。

また、体重当りの相対牽引力を考慮すると、体重の重い大型選手ほど、小柄な選手より若干大きな牽引力が適することになる。

2. トウ・トレーニングの即時的効果について

本研究では、実験試技による牽引疾走の即時的効果を検討するために、牽引走直後に再度全力走（ポスト全力走）を行い、初めの全力走とを比較検討した。得られた即時効果は、上位群と下位群との間で、以下の様な内容的相違が顕著に見られた。

上位群ではストライドはやや減少したが、ピッチが増大することで疾走速度は平均+2.12%向上したのに対し、下位群ではストライドの減少に伴って速度もわずかに減少した(図4参照)。しかしながら、ストライドが減少し、ピッチは増加する傾向にあるという点では共通した。このピッチの増加傾向は、主に非支持期と支持期後半の時間の減少によるものであった(表2参照)。

ポスト全力走での各種力学量は、牽引疾走時の

ものと類似性が高かった。例えば、支持期や回復期での膝・腰角度、また回復前期・後期での時間の割合などである（表3/図2参照）。ポスト全力走では、初めの全力走に較べて、接地時と離地時での膝角度の大きさは逆転し、離地時の方が小さくなり、回復期での腰関節最大角度は減少する傾向にあった（表3参照）。

宮下ら²¹⁾は、世界一流スプリンターの膝関節角度は、接地時よりも離地時のほうが大きい傾向にあること、また離地後、大腿の後方への振幅が小さいことなどを報告している。ポスト全力走では、こうした膝や腰の角度に関しては、最初に走った全力走に比べてより世界一流スプリンターの動きに近づく傾向を示した。

また回復期での膝・腰の最大パワーは、全力走のものより増大する傾向にあり、特に、腰の最大正パワーには有意な増大がみられた（図3参照）。これは、非支持時間が減少してピッチが高められることと関連するものと推測される。

本実験では、ポスト全力走が9本目の試技であったにも関わらず、特に、上位群での努力度合は約80%で、最初の全力走より高い疾走速度を達成する中でも、心理的な“余裕”を感じるプラス面での即時効果が認められた。また上位群に共通したコメントは「動き易い」、「イメージが良くなっ

た」に集中した。牽引走を経て適度なリラクゼーションを覚え、身体コントロールがし易いという共通感覚が生じたことになる。しかしながら、下位群では必ずしもこの様なプラスの効果は得られなかった（後述）。従って、競技レベルに応じて適正負荷の設定がなされた場合、トウ・トレーニングには、その後の全力走に対してプラスの即時的効果を十分期待し得るものである。例えば、競技会のタイプによっては、本レース前に牽引走で刺激を与えてレースに臨むなどである。

3. 牽引疾走トレーニングにおける個別性（個人差）について

本研究では、被験者の中から競技水準と疾走フォームの両観点から、2つのタイプに類別したが、牽引疾走やポスト全力走での両者の結果は対照的なものであった。

顕著な相違の1つは、牽引疾走時の速度増加が、上位群では主にピッチでなされ、下位群ではピッチは変わらず、ほとんどストライドの増大によってなされたことにある（図4参照）。この様な顕著な差は、本実験でのトレーニング負荷（量と強度）に対して、類別した両群の競技水準や訓練性、並びに疾走フォームの超最大速度への適応可能性の両面から吟味される必要がある。ここでは、本研

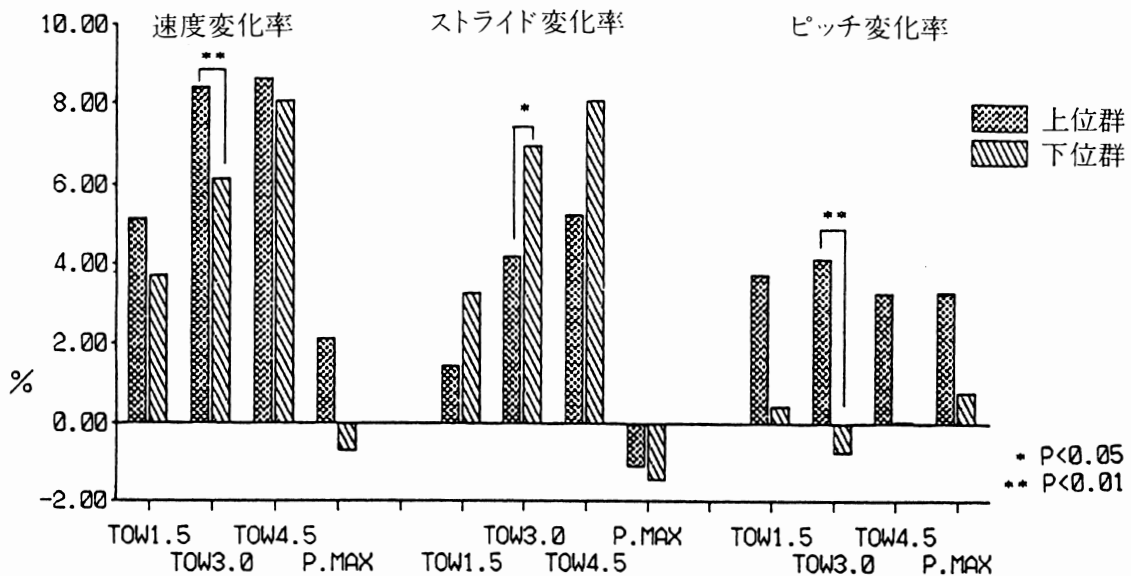


図4 初めの全力走に対する、各種の牽引走、ポスト全力走での疾走速度、ストライド、ピッチの変化率(%)。

究データから主に後者に関して検討した。

固有の疾走フォームに関連すると思われる、疾走時の意識の持ち方については、各疾走直後の被験者のコメントからも、次の様に顕著な相違が見出された。上位群では牽引疾走時に「前でとらえる」、「足が後ろに流れないように」といったことが常に意識され、逆に、下位群では牽引力が増して行くに連れて「ピッチが追いつかない」、「足が後ろに流されて前に出ない」、「恐怖でブレーキをかけてしまう」とコメントすることが多かった。

こうした運動遂行中の意識（感覚）の違いは、回復期での膝関節の最大・最小角度および、そのタイミングの変化からも読取ることが出来る。最大・最小角度共に、上位群の方が早いタイミングで出現する(図5)。この膝関節角度の最大となるタイミングが早いことは、足が接地する前で既に下腿の振り戻しが始まり、積極的な地面接地

(Active landing)を意味する。しかし、下位群の全力走では、接地時と膝関節角度が最大となる時点がほぼ同時である。

これを、区間毎の膝・腰関節での仕事から検討すると、回復期中に膝の負仕事が最大となる区間⑦-⑧で、上位群では Tow3.0と Tow4.5で有意な増加が見られる(図8)。このことは上位群が、牽引疾走時には「前でとらえる」積極着地に関する動作感覚が意識されており、下位群の“押し(Push)型”に比べて、“引っ掻き(Pull)型”である走方の違いを反映したものと推察される。

上位群では、回復前期の区間③-④の時間の増加が小さく抑えられていたのに対して、下位群では牽引力の増大と共に、その時間も増加する傾向にあり、Tow3.0と Tow4.5では有意な差がみられる(図6参照)。これは下位群で、牽引力が大きくなる程フォロースルーの終了が遅れ、足が後ろに流される傾向が強まることを意味する。また、下

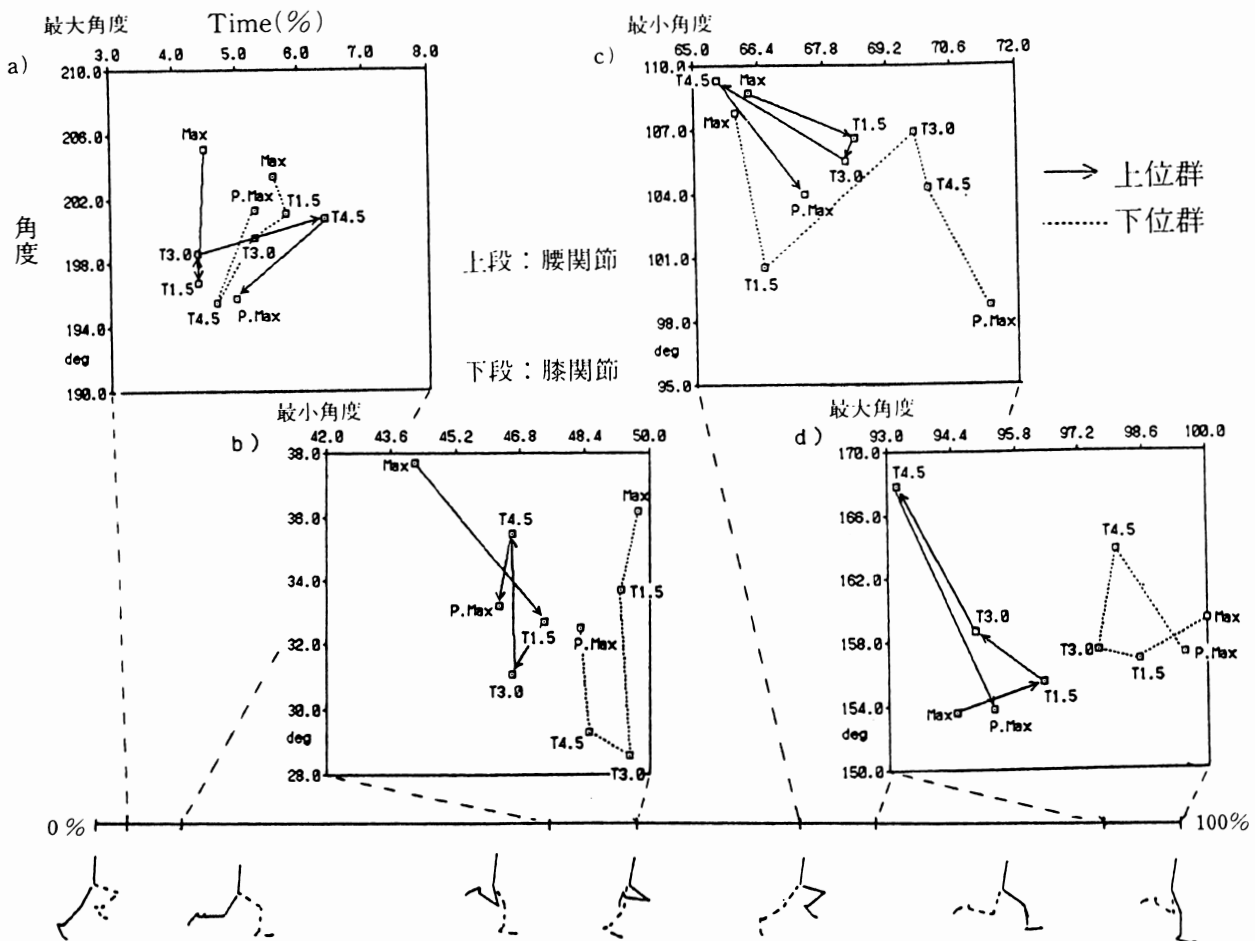


図5 回復期での腰・膝関節の最大・最小角度、およびそのタイミングの変化

位群では腰関節角度が最小となる（大腿が最も上体に引き付けられる）タイミングも、牽引力の増大に伴って遅れていく傾向がみられる（図5）。こうした現象は、牽引疾走時の下位群のコメント「足が後ろに流れて前に出てこない」にも符合するものである。

また、この区間③-④での腰関節に働く正仕事をみると、上位群では牽引力の増加とともに大きくなる。特に、全力走と Tow4.5 との間には有意な差が認められた。しかし、逆に下位群の Tow4.5 ではこの正仕事の減少が見られた（図8参照）。

牽引力が強まるほど、足が後ろに流れる傾向が

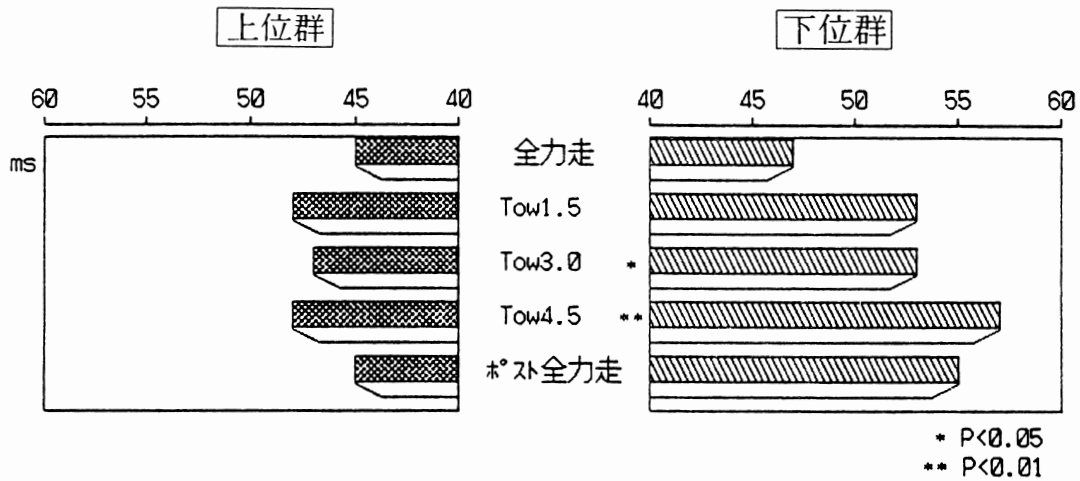


図6 各実験試技での離地からフォロースルー終了区間③-④の、上位・下位群の各平均時間の比較

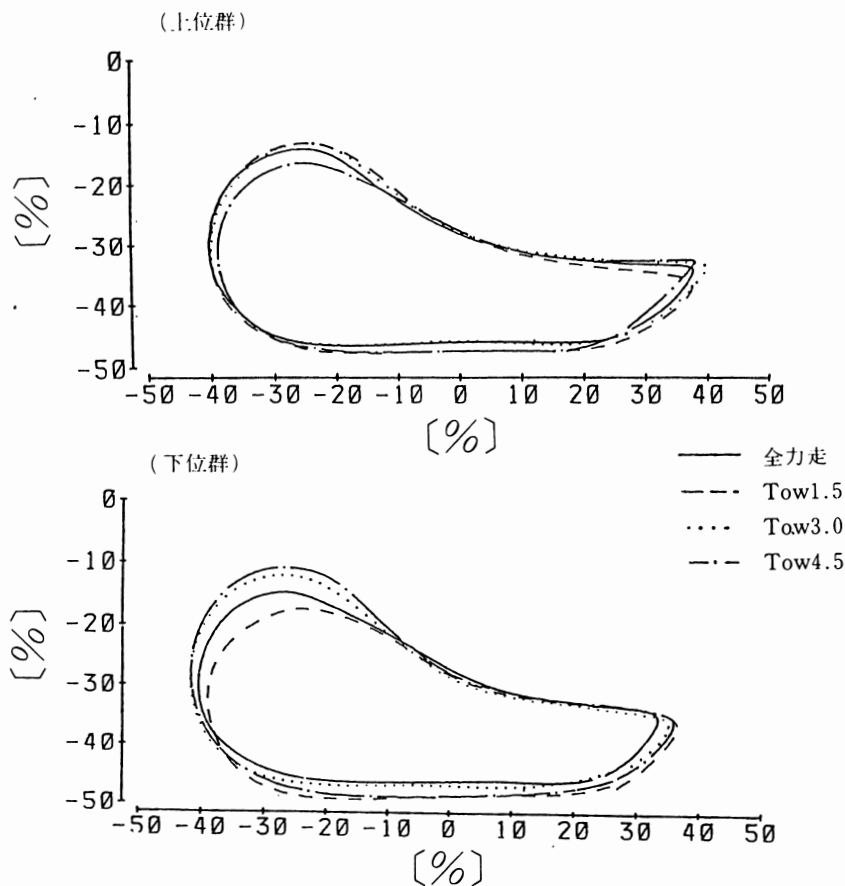


図7 各実験試技での大転子を中心とする足先の軌跡の上・下二群間の比較

強まることは前にも述べたが、上位群では「足が後ろに流れないように」という意識を常に持っていたことが、この回復前期の区間の正仕事を増大させ、この区間の時間の増加が抑えられたと思われる。この結果、牽引疾走時の足先の軌跡は、下位群よりも上位群の方が、牽引疾走時にその変化の度合いは少ない(図7参照)。従って、ピッチが増加した上位群は、牽引疾走時でも疾走フォームをあまり変化させずに、より主体的な疾走が実現

できたものと言えよう。

上位群での牽引疾走時の努力感は、Tow1.5で75.0%、Tow3.0で85.8%、Tow4.5では92.5%であった。一方、下位群ではそれぞれ順に92.5%、94.2%、95.8%と上位群より努力感が大きく、3種の牽引力間の差も大きかった。また、主観的強度でも、下位群ではTow3.0から既に恐怖感を感じる傾向にあり、フォームを維持できないと答えた割合も高かった(33.3%)。こうしたことは牽引疾

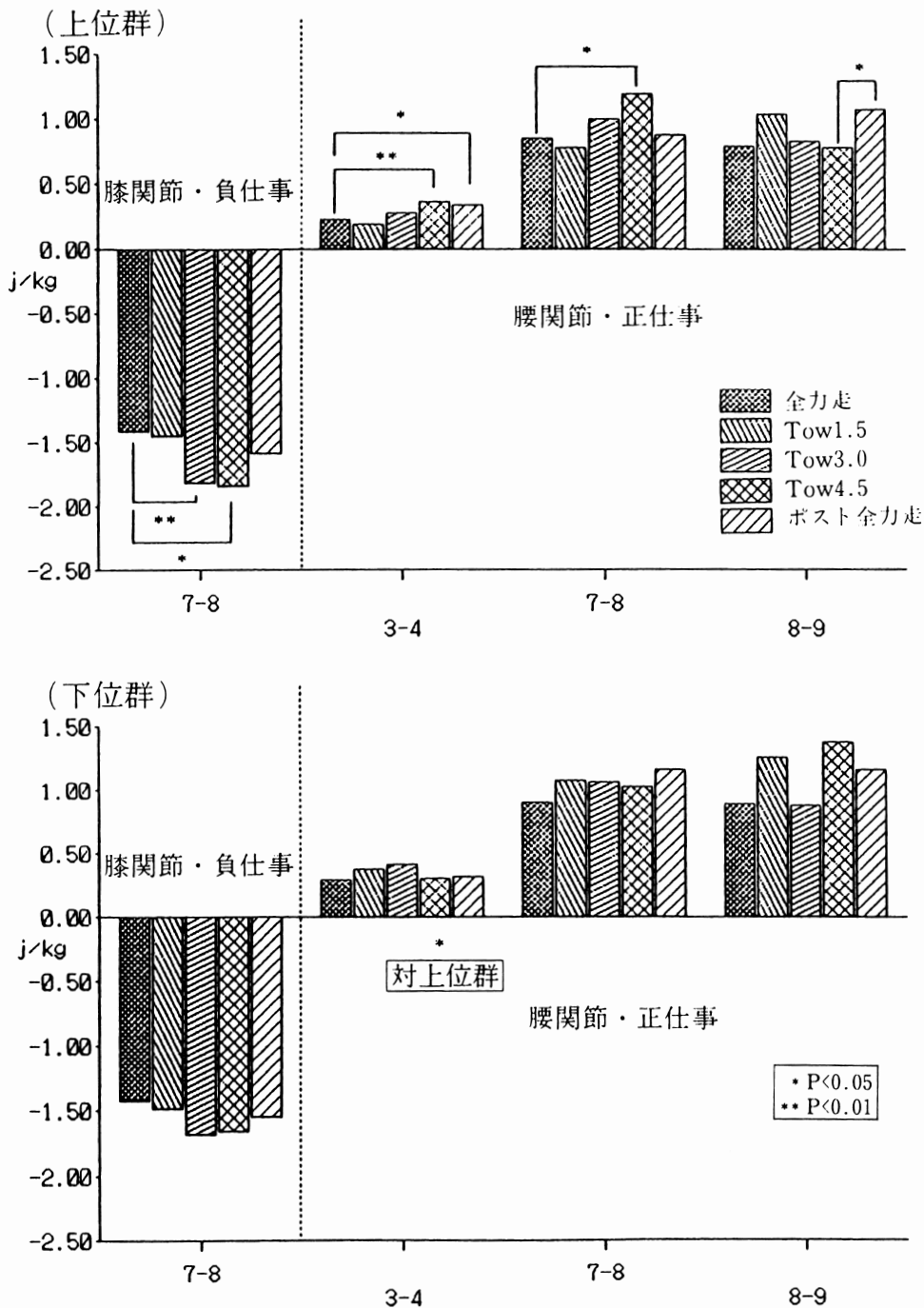


図8 各実験試技での走サイクル各局面での平均仕事の上・下二群間の比較

走回数が増すごとに、イメージが良くなっていった上位群に対して、下位群では、逆に疾走フォームを崩していく傾向がみられたことと一致する。

ポスト全力走では、上位群がピッチを増大することで、最初の全力走より疾走速度が+2.12%上回ったのに対し、下位群ではストライドの減少と共に、疾走速度も減少する傾向にあった。また、上位群では、ポスト全力走後のコメントにも「動きやすい」、「スピードが上がった感じ」、「最初の全力走よりもイメージが良くなった」、「前でとらえられる」等々、プラス面での解答が多かった。しかし、逆に下位群では「バラバラ、ヘッドアップ」、「最初の全力走よりも悪くなった」、「足が動かない、前に出ない」等のマイナス面での解答が多かった。

【トレーニング面への示唆】

この様に、牽引疾走トレーニングでの作用には、選手の競技水準と共に疾走フォームの違いによって大きな相違が見られる。実際のトレーニングではこの様な個人差に注意し、特に、訓練性・技術性の低い者に対しては、少なくとも以下の諸点を留意すべきであろう。

- 1) 4 kg 以上の牽引を避け、超最大速度での反復数は数回に制限する
- 2) 3 kg 以下の余裕ある負荷と最大/及び最大下の速度で、以下の疾走フォームの改善を重視する。
 - ・疾走イメージは“押し (Push) 型”でなく、“引っ掻き (Pull) 型”で
 - ・足の回転は「身体の前」での積極着地と、「足を後ろに流さない」
 - ・接地時間を短く、脚の高速回転-ピッチを重視する

4. トウ・トレーニングにおける力学的な負荷特性について

トウ・トレーニングの効果は、主に疾走速度、ストライド、ピッチのような運動達成要素 (Performance descriptors) や、関節あるいは部分角度などによる kinematics の観点から検討されている。しかし、牽引走によって作り出される超最大速度状態が、下肢筋群の活動状態におよぼす影響や負

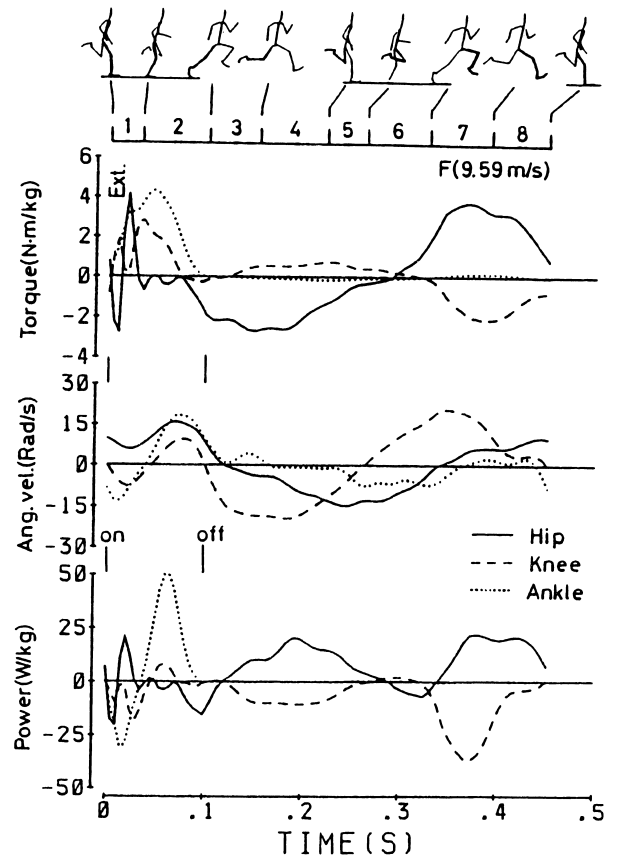


図9 全速疾走における走1サイクル中の右脚各関節の平均関節トルク(上段)、関節角速度(中段)、および筋の機械的パワー(下段)(阿江, 他, 1986¹⁾より)。

荷の大きさについて検討したものはあまりない。ここでは、短距離走における下肢筋群の機能に関するバイオメカニクスの知見¹⁾²⁾²¹⁾を参考にしながら、本研究で行なった牽引走における下肢筋群のトルク、パワーなどの変数をもとに、牽引走の下肢筋群に対する力学的な負荷特性を検討した。

1) 全速疾走時の下肢筋群のトルクおよびパワー

図9は、全速疾走における右の腰、膝、足の各関節におけるトルク、関節角速度、パワーの変化を1サイクルについて示したものである。これらのデータは、先に述べたものとほぼ同様の方法で求めたもので、5名の男子短距離走者(最高記録100m: 10.6±0.2秒)の平均値である。この図では、正のトルクは関節の伸筋群が、負の場合は屈筋群がそれぞれ優位に活動していることを示している。また正のパワーは筋群の concentric な筋収縮によって、また負の場合は eccentric な筋収縮によって

パワーが発揮されていることを意味している（阿江，他）¹⁾。

腰のトルクをみると，支持期前半では接地の衝撃による変動がみられるが，支持期後半から回復中期までは腰屈筋群が，その後回復期終了までは腰伸筋群が優位に働いていることがわかる。膝では，局面によって大きさに違いがみられるが，支持期から回復中期までは膝伸筋群が，その後は膝屈筋群が優位に活動している。このうち，膝伸筋群は支持期で，膝屈筋群は回復後期で大きなトルクを発揮している。また足底屈筋群は支持期を除くと，大きなトルクを発揮していない。

腰のパワーをみると，支持期ではトルクと同様に大きな変動がみられるが，支持期後半から離地直後にかけて負になっている。そしてほぼ回復期全体にわたって正であり，特に回復後期では大きい。逆に，膝では，回復期全体にわたって負であり，回復後期で最大パワーが発揮されている。足のパワーは支持期前半では負，後半では正となっている。

上述したトルクとパワーから，回復期における筋群のパワー発揮の状況を推測すると，回復中期までは腰屈筋群が concentric な筋収縮により，膝伸筋群が eccentric な筋収縮によりパワーを発揮していることがわかる。その後回復期終了までは腰伸筋群が concentric な筋収縮により，膝屈筋群が eccentric な筋収縮によりパワーを発揮していることがわかる。さらに，下肢の二関節筋群(Hamstrings)の働きに着目すると，回復前期から中期では腰屈筋であり膝伸筋でもある大腿直筋が，回復中期から後期終了までは，腰伸筋群であり膝屈筋群でもある大腿二頭筋，半腱様筋，半膜様筋が，これらのパワー発生に関与していると考えられる。大腿二頭筋，半腱様筋，半膜様筋は，回復期後半では伸張されているという Woodら³²⁾の報告から考えると，短距離疾走に大きく関与する大腿後面の筋群は，この局面では eccentric な筋収縮によってパワーを発揮していることになろう。

短距離疾走における下肢の動きとトルクの変化から各筋群の機能をとらえると，離地から回復中期までの腰屈筋群は離地した脚（回復脚）の大腿を引きつける役割をはたし，膝伸筋群では回復脚

の下腿の過度の回転を抑制し，足のキックアップが高くなりすぎて前方への引出しが遅れるのを防ぐ。回復中期から後期では，腰伸筋群および膝屈筋群では前方へ振出された大腿および下腿を接地に先立って引戻して後方に加速しながら足を接地させる機能をもっている。

図10は，疾走速度を毎秒約2m から全速まで増加したときの下肢筋群でなされた仕事を求め，疾走速度，ストライド，ピッチとの相関をみたもので，破線は1%の有意水準を示している。この図からも，上述した局面における筋群のなす仕事が疾走速度の増大に大きく関与しており，これらの筋群のパワーを高めることが大きな速度で疾走するために重要であることがわかる（阿江，他）¹⁾。

次に，牽引走によってこれらの局面における筋群に，どのような力学的な負荷が加わるかをみることにする。

2) 牽引走における下肢筋群のトルクおよびパワー

図11および図12は，牽引力を変化させた牽引走時の膝および腰におけるトルク，角速度，パワーを，全力走の場合と比較して示したもので，図11は上位群を，図12は下位群を示している。また図8は，各局面における膝の負の仕事および腰の正の仕事を示したものである。

トルクやパワーの変化パターンには，図9に示したものと大きな違いはみられない。しかし両群とも，牽引走では，回復後期における膝屈筋群の負のパワーおよび腰伸筋群の正のパワーが全力走よりも大きくなっていることがわかる。この最大パワーの増加を全力走に対する割合（両群をあわせた平均）でみると，膝では Tow1.5では16.5%，Tow3.0では31.6%，Tow4.5では32.5%であり，腰ではそれぞれ15.5%，12.4%，40.6%であった。

局面7における膝の負の仕事（図8）は，両群とも全力走より大きくなる傾向を示し，上位群では Tow4.5で，下位群では Tow3.0で最大となった。また腰の正の仕事は局面7と8ではばらつきはあるが，両局面をあわせて回復後期としてみると，牽引走では全力走の場合より大きい傾向がみられる。これらのことは，牽引走で生じる超最大スピード状態が，回復後期における腰伸筋群の con-

centric な筋収縮によるパワーおよび膝屈筋群の eccentric な筋収縮によるパワーを高める専門的な パワートレーニングとして使えることを示していると考えられる。実際には、これらのパワーを発揮するのは、先に述べたような二関節筋であるので、これらの筋には極めて大きな負荷が加わると考えてよいであろう。

一方、回復前期についてみると、局面3では腰の正の仕事が、下位群では上位群よりも大きくなる傾向がみられる(図8)。しかし図6からわかるように、離地からフォロースルー終了までの時間は、いずれの条件においても上位群の方が下位群よりも短い傾向にあり、Tow3.0とTow4.5では両群間に有意差がみられた。これらのことは、「足が流れる」かどうかは、離地後の腰屈筋群の正のパワーや仕事よりもそれ以前の局面、すなわち支持期後半の腰屈筋群の負のパワーや仕事の大きさによることを示唆するものであろう。またこのことは、図10に示したように、局面2および3の腰屈筋群の負の仕事と疾走速度との相関が高いことから推測できる。従って、上位群が示した「前で

とらえる」、「足が後に流れないように」という意識をもつことの力学的な効果が、支持期後半から離地直後あたりにあり、下位群のように「ピッチがあがらない」、「足が後に流れる」ような傾向にある選手には、この局面での脚の引きつけを先取りする意識をもたせることが役立つと考えられる。

局面4では牽引走の正の仕事が全力走のものよりも大きくなることがなかった。この局面では、腰の関節を介して胴体や逆脚から大腿へのエネルギーの流れ込みが大きいことが報告されているが(阿江, 他)²⁾、牽引走では全力走よりも大きなエネルギーの流れ込みが生じているのかもしれない。したがって、この局面における腰屈筋群のパワーや仕事は非常に大きいですが、牽引走によるトレーニング効果はあまり大きくないと考えられる。

【トレーニング面への示唆】

腰および膝のパワーや仕事からみると、牽引走によって生じる力学的な負荷特性に関連して、トレーニングの実践面への示唆として以下のことが言えよう。

- ① 牽引走では、回復後期における腰伸筋群の

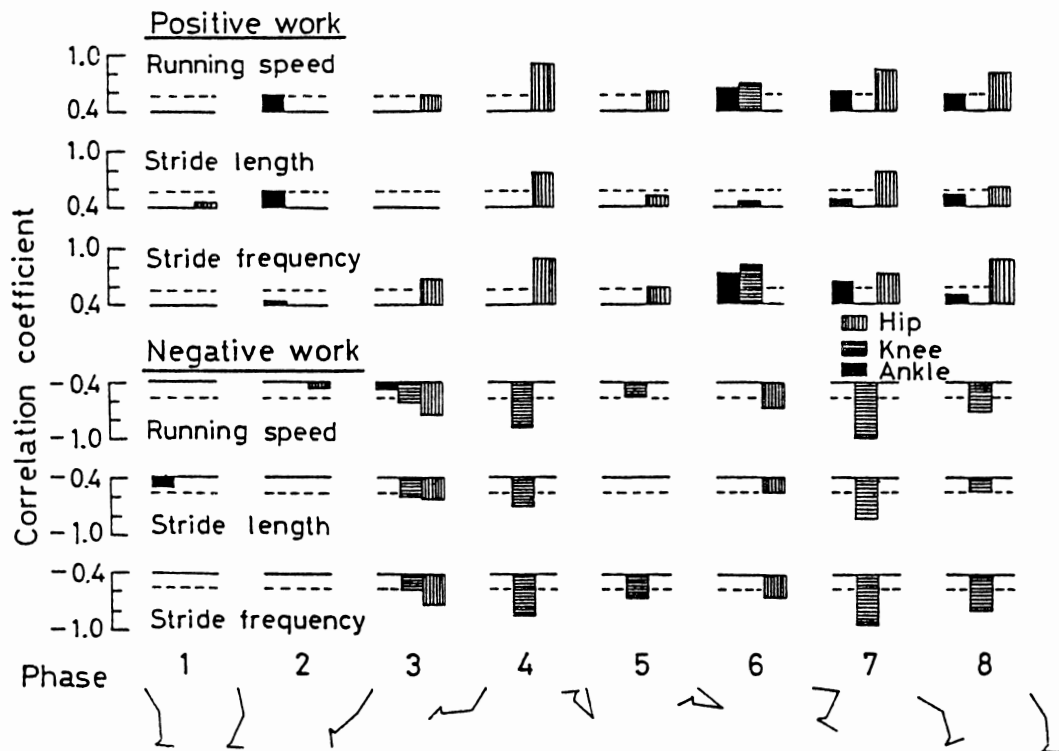


図10 全速疾走における走サイクル中の各局面での、右脚の各関節の正・負仕事と、疾走速度、ストライド、ピッチ間との相関係数の比較。図中の破線は1%水準の有意性を示す(阿江, 他, 1986¹⁾より)。

concentric なパワーおよび膝屈筋群の eccentric なパワーを高めるための負荷がかけられる。これは、実際には大腿後面の二関節筋群へかなり大きな負荷となるであろう。

② 足が流れてピッチが増加しない選手では、大きな牽引力(3.0kg 以上)を用いてトレーニングするためには、支持期後半から脚をひきつける意

識をもち、足の流れない疾走フォームを身につける必要がある。

③ 張力1.5kg 程度の牽引走は、選手に恐怖を与えることなくリラックスして疾走でき、しかも牽引されているので、支持期後半で大きく脚をキックしなくてもよいので、②の様な疾走技術のトレーニングに適しているであろう。

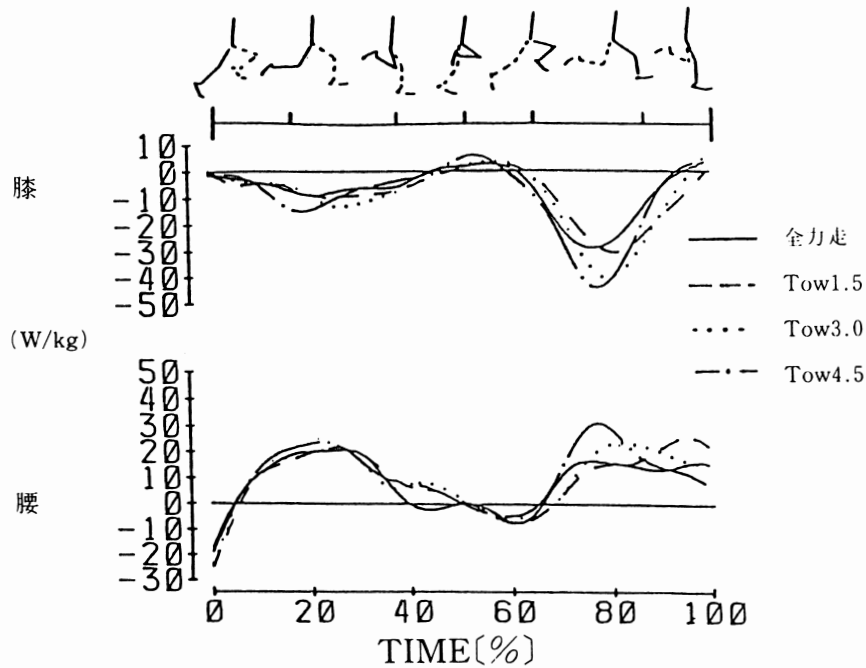


図11 上位群の全力走と各種牽引疾走における1サイクル中の膝・腰関節での各種力学量(関節トルク、角速度、機械的パワー)の比較。

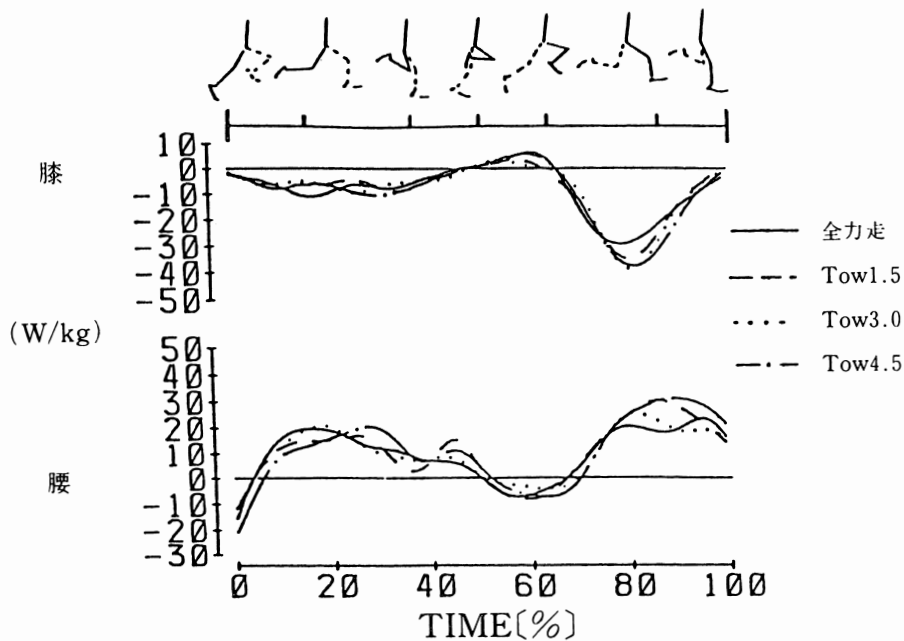


図12 下位群の全力走と各種牽引疾走における1サイクル中の膝・腰関節での各種力学量(関節トルク、角速度、機械的パワー)の比較。

④ 足の流れないフォームを身につけ、かなりのピッチを出せる選手には、4.5kgあるいはそれ以上の張力で牽引することは、超最大パワーが出現する大きな強度の専門的パワー・トレーニングであり、神経系にも強い刺激を与えられるので、いわゆる「スピードの殻」を破ることに役立つであろう。

総 括

本研究では、等張性牽引装置をもちいたトウ・トレーニングの実験試技の分析から、適正牽引力、トレーニングの即時的効果、個別性の問題、トレーニングの力学的な負荷特性等について検討し、以下の様な結論と、トレーニング実践面への実用的な示唆が得られた。

1) 牽引走では、回復後期における腰伸筋群の concentric なパワーおよび膝屈筋群の eccentric なパワーを高めるための負荷がかけられる。これは、実際には大腿後面の二関節筋群へかなり大きな負荷となり、スプリントの専門的パワー・トレーニングとして相応しいものであろう。

2) 適正牽引力には、1.5kg, 3.0kg, 4.5kg の内、平均的には中間の3.0kg を支持する見解が得られたが、以下の個別性が考慮されるべきであろう。

① 適正牽引力は、大型選手ほど若干大きく、小型選手ほど控え目にする。

② 「足が流れてピッチが増加しない」選手では、大きな牽引力(3.0kg 以上)を用いてトレーニングするには、支持期後半から脚をひきつける意識をもち、足の流れない疾走フォームを身につける必要がある。

③ その様な疾走技術のトレーニングには、張力1.5kg程度(若しくは3.0kg 以下)での牽引が適しており、その際には、牽引によってストライドを伸ばすよりも、脚の高速回転-ピッチを高め、「前でとらえる」積極着地と、「足が後に流れないように」脚の引きつけを先取りするという意識が役立つであろう。また、疾走イメージには“押し(Push)型”でなく、“引っ掻き(Pull)型”の、接地時間が短く、脚の高速回転-ピッチを重視したものが重視されるべきであろう。

④ 足の流れないフォームを身につけ、かなり

のピッチを出せる選手には、4.5kg あるいはそれ以上の張力で牽引することは、超最大パワーが出現する大きな強度の専門的パワー・トレーニングであり、神経系にも強い刺激を与えられるので、いわゆる「スピードの殻」を破ることに役立つであろう³⁾。

足の流れないフォームを身につけ、かなりのピッチを出せる選手(本研究の上位群に相当)では、牽引走直後での全力走にプラスの即時効果が認められた。しかし、「足が流れてピッチが増加しない」選手(同下位群に相当)では、必ずしもこのようなプラスの効果は期待できないであろう。

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9: 229-239, 1986.
- 2) 阿江通良, 宮下 憲, 飯干 明: 疾走中の下肢における機械的エネルギーの流れ. In: バイオメカニズム学会編: バイオメカニズム9-機能の解析とその回復: 105-113, 1988.
- 3) BOSCO, C., VITTORI, C.: Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. *New Studies in Athletics*, 1: 39-45, 1986.
- 4) BOSEN, K.O.: Experimental speed training. *Track Technique*, 77: 2382-2383, 1979.
- 5) CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E.: Factors determining changes in lower limb energy during swing in treadmill running. *J. of Biomechanics*, 16: 69-77, 1983^a.
- 6) CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E.: Kinetic limitations of maximal sprinting speed. *J. of Biomechanics*, 16: 79-83, 1983^b.
- 7) DAVIES, C.T.M.: Effects of wind resistance and assistance on the forward motion of a runner. *J. of Appl. Physiol.*, 48: 702-709, 1980.
- 8) ELFTMAN, H.: The work done by muscles

- in running. *Am. J. of Physiology*, 129 : 672-684, 1940.
- 9) FENN, W.O. : Work against gravity and work due to velocity changes in running. *Am. J. Physiol.*, 93 : 433-462, 1930.
 - 10) HILL, A.V. : The air resistance to a runner. *Pro. Roy. Soc.*, 102 : 380-385, 1927.
 - 11) LAPINSKI, R. : The tow method of training. *Modern Athlete and Coach*, 20-1 : 29-30, 1982.
 - 12) LEIERER, S. : A guide for sprint training. *The Athletic J.*, 59 : 104-106, 1979.
 - 13) MANN, R.V., SPRAGUE, P.G. : A Kinetic analysis of sprinting. *Med. Sci. Sports Exercise*, 13(5) : 325-328, 1981.
 - 14) MANN, R.V. : Kinetics of sprinting. In : TERAUDS, J.(Edited), *Biomechanics in Sports* : 305-316, Academic Publishers, 1982.
 - 15) MANN, R.V. : The biomechanical analysis of sprinters. *Track Technique*, 94 : 3000-3003, 1986.
 - 16) MATWEJEW, L.P. : Grundlagen des sportlichen Trainings. *Sportverlag Berlin* : 168-173, 1981. (邦訳・江上 : ソビエトスポーツ・トレーニングの原理, 白帝社, 228-245, 1985.
 - 17) MERO, A., KOMI, P.V. : Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. *IJSB*, 1(3) : 240-252, 1985.
 - 18) MERO, A., KOMI, P.V. : Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *Eur. J. of Appl. Physiol.*, 55 : 533-561, 1986.
 - 19) MERO, A., KOMI, P.V. : Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. *Med. and Sci. in Sports and Exercise*, 19-3 : 266-274, 1987a.
 - 20) MERO, A., KOMI, P.V., RUSKO, H., HIR-UVONEN, J. : Neuromuscular and anaerobic performance of sprinters at maximal and supramaximal speed. *Int. J. Sports Med.*, 8 : 55-60, 1987b.
 - 21) 宮下 憲, 阿江通良, 他 : 世界一流スプリンターのフォーム分析. *J. J. Spo. Sci.*, 15(12) : 892-898, 1986.
 - 22) 宮下 憲 : スポーツ指導者在外研修報告(陸上競技). In : 昭和63年度帰国スポーツ指導者在外研修事業研修報告書 : 4-14, 日本体育協会競技力向上委員会, 1989.
 - 23) 村木征人・編著 : 現代スポーツコーチ実践講座 2, 陸上競技 (フィールド). ぎょうせい, 133-139, 1982.
 - 24) 村木征人 : スプリント走における速度強度および歩幅と歩数に関する研究. In : 身体運動の科学 V : 76-83, 1983.
 - 25) OZOLIN, N. : How to improve speed. *Track Technique*, 44 : 1400-1401, 1971.
 - 26) Озолин, Э. : Современная Мехника Спринта. Легкая Атлетика, 11:4-7, 1985. (OZOLIN, E. : Contemporary sprint technique. *Soviet Sports Review*, 21-3 : 109-114 ; 21-4 : 190-195, 1986.)
 - 27) PHILLIPS, D.A., HALL, S., JERNBERG, B., et al. : Sprint assisted training programs. *Track Technique*, 101 : 3215-3218, 1987.
 - 28) 杉浦雄策, 青木純一郎 : 牽引走(Supramaximal running)が走法の異なる短距離走者のピッチとストライドにおよぼす影響. *日本体育学会第39回大会号*, p. 312, 1987.
 - 29) SANTOS, J. : Sprint assisted training. *Athletic J.*, 67 : 39-40, 1986.
 - 30) SANDWICK, C. : Pacing machine. *The Athletic J.*, 47 : 36-39, 1966.
 - 31) TANSLEY, J. : Glendale's tow training for sprinters. *Track Technique*, 78 : 247-1-2475, 1980.
 - 32) WOOD, G.A. : Optimal performance criteria and limiting factors in sprint running.

NSA, 2 : 55-63, 1986.

- 33) 山本博章：走力等の強化装置。特許庁提出実用新案登録願，1986年10月
- 34) ZHUKOV, I.L., SHABANOV, B.V. : The

effectivness of using 'lightened leading' in the preparation of sprinters. Soviet Sports Review, 20-30 : 123 ,1985.