

平成元年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.VII スプリントアシステッド・トレーニングに関する研究  
—第2報—

財団法人 日 本 体 育 協 会  
財団法人 日本オリンピック委員会



# 平成元年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

## No.VII スプリントアシステッド・トレーニングに関する研究

### —第2報—

報 告 者 (財)日本オリンピック委員会研究プロジェクトチーム  
=スプリントアシステッド・トレーニングに関する研究班=

|       |                           |                       |                       |  |
|-------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| 班 長   | 青 木 純一郎 <sup>1)</sup>     |                       |                       |  |
| 班 員   | 阿 江 通 良 <sup>2)</sup>     | 黄 川 昭 雄 <sup>3)</sup> | 国 井 実 <sup>4)</sup>   |  |
|       | 佐久間 和 彦 <sup>1)</sup>     | 杉 浦 雄 策 <sup>1)</sup> | 成 沢 三 雄 <sup>3)</sup> |  |
|       | 宮 下 憲 <sup>2)</sup>       | 村 岡 功 <sup>5)</sup>   | 村 木 征 人 <sup>2)</sup> |  |
| 研究協力者 | 伊 藤 信 之 <sup>2)</sup>     | 金 久 博 昭 <sup>3)</sup> | 黒 川 貞 生 <sup>3)</sup> |  |
|       | 前 河 洋 一 <sup>3)</sup>     | 右 田 孝 志 <sup>1)</sup> | 森 田 正 利 <sup>2)</sup> |  |
|       | 山 本 利 春 <sup>3)</sup>     | 山 本 正 嘉 <sup>3)</sup> |                       |  |
| 担当研究員 | 金 子 敬 二 (日本体育協会スポーツ科学研究所) |                       |                       |  |

### 研 究 概 要

青木純一郎

本年度は初年度の研究成果およびそれらに関する議論を踏まえて、本プロジェクトの研究期間を3年とし、各班がそれぞれ各自の初年度の研究をさらに発展させた。その結果、本報を構成する5編のレポートが得られたが、そのおおよその内容は次ぎのとおりである。

①筑波大学班『等張性牽引トレーニングがスプリント・パフォーマンスに及ぼす影響』  
トウ・トレーニングを導入する際に直面すると思われる次の3点について、運動方法学的およびバイオメカニクス的に検討した。

1) 順天堂大学体育学部 2) 筑波大学体育科学系 3)  
国際武道大学体育学部 4) セントラルスポーツ研究所  
5) 早稲田大学人間科学部

1. 最大下努力での牽引走と“指示”的有無が疾走に及ぼす影響
  - (1) 90%の最大下努力での牽引走でも、全力走の最大速度の1~7%増の超最大速度が達成される。
  - (2) 最大下努力での適正牽引張力は2 kgであった。
  - (3) “指示”はストライドを伸ばすより、ピッチを重視した内容の方がよい。
  - (4) 疾走フォームの個々の特性は、張力2 kgでの最大下牽引時に最も顕著に現れるので、走法改善のトレーニング方法として重要性が高い。
2. 漸進的トウ・トレーニングが疾走能力および

### 疾走フォームに及ぼす影響

- (1) トウ・トレーニングは目標となる上級レベルのレース・ペースでのシミュレーションを可能にして、ハイシーズンでのより短期的効果を目的とするトレーニング手段となりうる。
- (2) トウ・トレーニングはその強度負荷が高いため肉離れ等の危険が予測されるので、段階的・漸進的な組み込みが実際的である。
- (3) トウ・トレーニングでは、ストライド比が大きい者はピッチの変化が大きく、逆に小さい者はストライドの変化率が高いので、選手の走法の個別性を考慮した指導が重要である。

### 3. 牽引走が加速局面およびスピード維持局面に及ぼす影響

- (1) 牽引走によって100mの全体にわたって一流スプリンターのレースペースが体験できるので、牽引力を適切に設定することによって、理想とするレースのシミュレーションが可能である。
  - (2) 牽引走の加速局面では脚のキックが不十分になる可能性が大きく、トウ・トレーニングは加速局面あるいは加速疾走のトレーニング手段としては適切ではない。
  - (3) 牽引走は支持期距離が著しく減少しないように留意すれば、負荷のかけにくい腰屈筋群の専門的パワー持久力のトレーニング手段として有効である。
- ②国際武道大学班『トウ・トレーニングとプリオメトリック・トレーニング併用がスプリント走能力向上に及ぼす影響』
- 等張力性の牽引によるスプリントアシステッド・トレーニングに、筋の伸張性収縮能力を高めるプリオメトリック・トレーニングを加えれば、前者の効果がより高められるのではないかとの仮説の下

に、6週間に渡るトレーニング実験を行った。

しかし、その結果適切な牽引により疾走フォームを大きくスプリント能力の向上に有効であろうことは議論できたが、プリオメトリック・トレーニングを併用する利点を検証することはできなかった。

### ③順天堂大学班『牽引走トレーニングが短距離走者のPerformance、無気的パワー、脚筋力および酸素負債量に及ぼす影響』

牽引走トレーニングによって短距離走者のperformanceが向上する生理学的背景については、これまでいくつかの研究によってその可能性が議論されてきた。しかし、現在のところ、これらを実証したトレーニング実験は見当たらない。

そこで、4週間にわたる牽引走トレーニングを行って、100m走タイムならびに100m走中の中盤および後半におけるピッチおよびストライドの他に、自転車エルゴメータによる無気的パワー、非乳酸性および乳酸酸素負債ならびに等尺性および等速性脚伸展および屈曲力を測定した。

その結果、100m走のタイムはトレーニング後低下したが、その1週間後には統計的に有意に向上した。その背景として、比較的高い負荷である6および7 kpでの自転車漕ぎパワーが有意に増加したことから、神経筋協調能の改善が示唆された。

なお、牽引走トレーニングは大きな脚疲労をともなうため、その効果を判定するためには項目による測定の適時性を検討しなければならないことが今後の課題として指摘された。

．．．

3年次はこれまでのトレーニング実験をさらに発展させ、“牽引”に関する実験データを集積・解析し、最終的には現場で牽引走(tow-training)が生かせるマニュアルの完成を目指す予定である。

# I. 等張性牽引トレーニングがスプリント・パフォーマンスに及ぼす影響

## ——筑波大学研究班の研究経緯と研究成果の概要——

村木 征人, 宮下 憲, 阿江 通良, 伊藤 信之, 森田 正利

初年度での筑波大学研究班は、等張性牽引装置によるトウ・トレーニングの基礎的研究として、各種の実験試技の分析から(1)適正牽引力の見極め、(2)トレーニングの即時的効果、(3)牽引疾走時における生体への力学的な負荷特性、(4)個別性の問題等、トレーニングの基礎的課題および前提条件について検討し、以下の結論およびトレーニング実施上の示唆が得られた。

- (1)牽引走では、スプリント運動の主働筋群である大腿後面の二関節性筋群への負荷が特徴的であった。
- (2)最大努力(Maximal effort)での超最大スピード(Supramaximal speed) 疾走状態の適正牽引力には、3.0kg の張力を支持する見解が得られた。
- (3)疾走スピードの改善にはストライドよりピッチ要素が重要で、牽引疾走時のピッチ増加には足の流れない疾走フォームの修得が前提条件となること。
- (4)そのための習熟的方向を目指す導入的トレーニングには、最大努力のものより90%の最大下の効力度合(Submaximal effort)でのトウ・トレーニングが相応しく、その際にはより小さな牽引張力(1.5–2.0kg)が適していること。
- (5)また、足の流れない疾走フォームの修得はキックでの脚の伸展–押し(Push)型ではなく、回復期後半での脚の引き下ろしにアクセントを持つ接地時間の短い引っかき(Pull)型が適していることが示唆された。
- (6)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より大きな張力(4.5kg+)での本格的な超最大スピード・トレーニングの可能性が大であろう。

本研究班はこれらの研究成果を踏まえ、本年度はスプリントスピード能力の改善を目指すための基本的かつ漸進的な具体的方策を提示する目的で、相互に関連し合う3つのトレーニング実験を設定し、トウ・トレーニングの導入で直面すると思われる以下のより実践的な課題や問題点を中心に、運動方法学的およびバイオメカニクス的に検討した。

- (1)漸進的トレーニングの導入段階に不可欠な90%の最大下効力度合(Submaximal effort)での牽引走が疾走運動に及ぼす影響について：
  - ①最大下効力での牽引走が100m走に及ぼす影響
  - ②走法改善を目指した“指示”的有無が100m走に及ぼす影響
  - ③走法の類型的個別性と牽引走の影響の違い
  - ④最大下効力での牽引走の適正牽引力の吟味
- (2)モデル的な漸進的トウ・トレーニングが100m走に及ぼす効果：
  - ①トウ・トレーニングが100m走の走速度、ストライド、ピッチに及ぼす影響。
  - ②トウ・トレーニングが疾走フォームのダイナミクスに及ぼす影響。
- (3)牽引走が加速局面および速度持続局面に及ぼす影響。

## 2. 実験構成と研究課題への相互の対応関係

上記の研究課題を検討するために、相互に関連し合う以下の3つのフィールド実験が計画遂行された。それらの実験は、それぞれ個別の研究課題に対応すると同時に、相互に関連し合う内容を補完し得るように設定されており、課題に応じて共通データを選択交換し、比較した。

## (1) 実験 I - (A)最大下努力での牽引走 (B)全力走でのプレ・テスト

本実験は90%の最大下努力(Submaximal effort)での牽引走シリーズ(A), およびトレーニング実験へのプレ・テスト(B)の2部構成で, 同一期日の午前と午後に, それぞれ目的の異なる実験試技シリーズが設定された(表1)。

### 1) 目的

第1に、漸進的なトウ・トレーニングの導入段階に不可欠な最大下努力での牽引走シリーズ(A)で、前記の研究課題(1)に示された①最大下努力での牽引走が100m走に及ぼす影響, ②走法に関する指示が疾走運動に及ぼす影響, ③走法の類型的個別性と牽引走の影響の違い, ④最大下努力での牽引走における適正牽引力等の吟味が目指された。

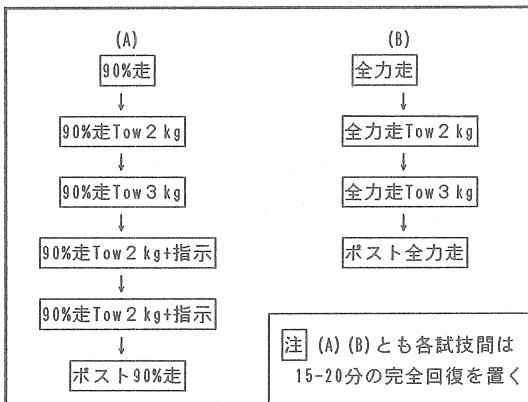
第2に、前記の研究課題(2)に関連した漸進的トウ・トレーニング実験に先立つ100m走のプレ・テストを目的に、実験IIIでのポスト・テストと同様に設定されたものである(B)。

また同時に、ここでの測定データは実験IIIと同様に、研究課題(3)－牽引走が100m走の加速過程および速度持続局面に及ぼす影響の吟味にも利用するものとした。

### 2) 方法

モデル的な漸進的トウ・トレーニング(実験II)での、トレーニング群とコントロール群を含めた全被験者を任意の2群に分け、試技順の影響を少なくするために、表1の実験プロトコールに従つ

表1 実験Iのプロトコール(各100m 1本ずつ)



て、午前・午後で実験試技(A)(B)を入れ替えて実施した。

被験者らは、筑波大学陸上競技部にて計画的に専門的なスプリント・トレーニングを行なっており、本研究への関心が高く、自発的な参画意欲を持った短距離7名、跳躍8名および混成競技選手5名の計20名とした。

総ての実験試技は100m走とし、スタートから10m毎に置いた光電管からの疾走タイム(msec)と、高速ビデオカメラでの映像分析から、平均速度、ストライド、ピッチを算出した。

同時に、加速-最大速度-速度持続3局面の運動を側方から高速ビデオで集録し、初年度と同様な運動分析を行い、全体および類型化されたグループ毎に個別のデータを平均化および類型化して比較検討した。

各研究課題に対応した被験者および研究方法の詳細は、個別の課題別研究報告に記述される。

## (2) 実験II-漸進的トウ・トレーニング

本トレーニング実験は、これまでの指導経験と昨年度の研究成果を参考に、1カ月の漸進的トウ・トレーニングをモデル的に立案し、年間トレーニング計画第2サイクルの専門的準備期でのトレーニングに組み込んだ。

### 1) 目的

本実験の目的は、モデル的な漸進的トウ・トレーニングの実践的応用と、トレーニング前後の実験I/IIとの比較から、前述の研究課題(2)に対応するモデル的な漸進的トウ・トレーニングが100m走に及ぼす影響について、①走速度、ストライド、ピッチに及ぼす影響および②疾走フォームのダイナミクスに及ぼす影響を吟味した。

### 2) 方法

1カ月の漸進的トウ・トレーニングは、実験Iの1週間後から、被験者の年間トレーニング計画に即して、第2サイクルの準備期での専門的スプリント課業として、毎週2日ずつ定期的に組み込まれた(期間: 1989年7月25日-8月22日)。

各回の具体的なトウ・トレーニング内容(主課業)は、実験プロトコールとして表2に示した。

被験者は、実験Iへの参加者のうちの短距離5

表2 漸増的トウ・トレーニングでの各回の主課業  
(総て100m走)

|  |
|--|
| —導入段階—   |
| ①90%Tow 2 kg × 3本                                      |
| ②90%Tow 2 kg × 4本                                      |
| ③90%Tow 2 kg × 5本                                      |
| ④90%Tow 2 kg × 5本                                      |
| ⑤90%Tow 2 kg × 4本                                      |
| ⑥(全力走 × 1本)+(90%Tow 2 kg × 3本)<br>+(全力走 × 1本)          |
| —発展段階—   |
| ⑦(90%Tow 2 kg × 1本)+(全力Tow 3 kg × 2本)                  |
| ⑧(90%Tow 2 kg × 1本)+(全力Tow 3 kg × 2本)                  |
| ⑨(全力走 × 1本)+(全力Tow 3 kg × 1本)<br>+(全力走 × 1本)           |
| <p><b>注</b>実験課業は各試技間に15-20分の完全回復を持つフレペティション方式で行った。</p> |

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。

総ての実験試技は100m走とし、実験Iと同様に、スタートから10m毎に置いた光電管からの疾走タイム(msec)と、上方からの高速ビデオカメラでの歩数分析から平均速度、ストライド、ピッチを算出した。また同時に、被験者のコンディション把握を目的に、各試技の内省調査および1日のトレーニング前後の体調自覚調査、体重、立五段跳、エルゴ・ジャンプの測定を実施した。

トウ・トレーニングの即時の効果については、各回の基本的測定データと共に、漸進的トウ・トレーニングの導入段階と発展段階の最後(表2⑥および⑨)の各課業の前後に通常の100m全力走を実施させ検討した。

トウ・トレーニング実験期間中の基本的ミクロ(週間)トレーニング構成は、月曜・木曜日の2日を休養日として、翌日の火曜・日曜日に主要課題としたトウ・トレーニングへ出来るだけフレッシュな状態で臨めるようにした。その他のトレー

表3 週間トレーニング構成

| 曜 | 主課業       |
|---|-----------|
| 月 | 休養        |
| 火 | トウ・トレーニング |
| 水 | 一般的訓練     |
| 木 | 休養        |
| 金 | トウ・トレーニング |
| 土 | 専門技術/筋力   |
| 日 | 一般的訓練     |

ニング日には、専門技術・筋力・スピード持久的等々の通常訓練が実施された(表3)。

また、被験者には、トウ・トレーニングの主課業の遂行に先立って、40分程度の一般的および専門的ウォーム・アップを十分に実施させた。専門的ウォーム・アップには「指示」に関する具体的な運動課題として、脚の引き下ろしにアクセントを置き、積極着地を強調するプル型のスプリント・ドリルが含まれられた。

一方、コントロール群は当該トレーニング周期で準備期的性格を持つ、自主的な通常トレーニングの継続はなされたが、トウ・トレーニングに関しては一切含めないようにした。

### (3) 実験III-ポスト・トレーニング実験

本実験は、実験IIでの1ヵ月間のトウ・トレーニングの100m走への直接的な影響と効果を検討する目的で、ポスト・トレーニングテストとして、トレーニング実験終了1週間後に、実験Iのプロトコール(B)に準じて設定された。

従って、本実験で得られたデータは、研究課題(3)の牽引走が100m走の加速過程と後半でのスピード持続局面に与える影響の吟味のために、実験I(B)のデータとの参照資料としても用いられた。

本実験方法は、実験IIのトウ・トレーニング終了1週間後に設定され、表4の実験プロトコールに基づいて、試技間に完全休息をとりながら全力での各種100m走を実施した。

表4 ポスト・トレーニング実験IIIのプロトコール

実験試技= **全力走×1本** + **全力Tow 3 kg ×2本** + **ポスト全力走×1本**

各種の測定は実験Iと同様な方法で、10m毎の全経過の速度、ストライド、ピッチと共に、加速局面(20~30m)–最大速度局面(40~50m)–速度持続局面(75~85m)の3つの主要な局面での疾走フォームを高速ビデオ撮影し、詳細な各局面の運動解析を行った。

各実験の実施に際しては、各被験者に実験目的と内容を詳細に説明し、実験への参加が自発的なものであり、危険性を感じた場合には途中でも自発的に中止を申し出られるものとした。

また、本研究班では、各課題別研究報告の執筆に際して、伊藤、宮下／森田、阿江らがそれぞれ順に上記(1)(2)(3)の各課題領域を分担執筆し、村木が研究の全体構成および総括を担当した。

従って、上記の各個別研究課題についての研究報告の詳細は、別記II~IVを参照されたい。

### 3. 研究成果の概要と実践面への示唆

上記の一連のトレーニング実験から得られた研究成果の概要および実践面への示唆は、以下に要約される。

#### (1) 最大下努力での牽引走とその際の指示の有無が疾走運動に及ぼす影響について。

1) 90%の最大下努力の牽引走でも、通常の全力走の最大速度の平均5%増の、超最大(Supramaximal)速度が達成される極めて強度の高いスピード負荷が示された。

2) 最大下の努力での牽引走の適正張力は、疾走フォームの修正改善を目的とする習熟的方向へのトレーニングには、「指示」への対応性の容易さからより小さな2kgの張力が適する。しかし、「指示なし」の場合には、特にピッチ走法タイプにピッチの低下が顕著で、支持期前半のブレーキも大きくなる傾向にあり、ピッチを重視した運動課題の尊守を「指示」することの重要性が示された。

3) 張力3kgでは、最大下の努力および指示の有無による影響の度合が少なく、全力走に比べてピッチの減少が生じないものでは回復期後半での腰、膝の仕事が増大する傾向にあるので、より強化的方向のトレーニングが可能であろう。しかし、牽引走中に支持期後半のキックが著しく弱まる者では、非支持期の時間および距離が増大することで、ピッチが低下してストライドが延びる傾向にある。この現象は、牽引力が大きいほど強まるので、これらに対しては異なった運動課題ー反対にプッシュの強調または負荷走・加速走の補足的課業の挿入による運動修正の必要が示唆され、実践的なトレーニングでの個別的な対応の重要性が示された。

4) 疾走フォームの個別性は、張力2kgの最大下努力での指示なしのフリーな条件下でより顕著に発現し、選手が持つ潜在的な疾走フォームの特徴の実践的検査方法としての有用性が示唆された。また同時に、最大下努力での牽引走に指示を与えることで、ストライド型・ピッチ型それぞれに異なるストライドとピッチ間の最適化(Optimization)への適応が認められ、走法改善のトレーニング方法としての重要性が示された。

#### (2) 漸進的トウ・トレーニングが疾走能力および疾走フォームに及ぼす影響。

1) 全力走、牽引走およびポスト全力走のいずれも、トレーニング後での最大速度が有意に增加了が、最も大きな変化を示したのはトレーニング手段とした牽引走自体で、特に最大速度局面および速度持続局面で顕著な効果が得られた。従って、トウ・トレーニングは目標となるより上級レベルのレース・ペースでの、試合的なシミュレーション・トレーニングとして、ハイシーズンでのより短期の即時的效果を目的とするトレーニングの可能性を示唆する。

2) トレーニング経過に伴う最大疾走速度の変化は、トレーニング開始後2週間に一時的な低下が示されたが全体的には漸増傾向を示し、本研究で用いた漸進的トウ・トレーニングの妥当性が示された。トレーニング終了直後（1週間後）のポスト・テストでは、コントロール群に比べて顕著なパフォーマンス向上は見られなかつたが、その後の試合期を通じたトレーニング群のスプリント・パフォーマンスの向上は顕著であり、より長期の回復過程で現われる遅発的效果の重要性が示された。

トウ・トレーニングはその高い強度的負荷の特徴から、一時的な仕上げ的トレーニングでの即時の効果は明らかであるが、肉離れ等の発生の危険性も高く、本トレーニング実験の様な段階的・漸進的な組み込みが実際的である。この様な場合には、トレーニング内容と至適トレーニング期間の吟味と共に、特に、その後の回復過程での遅発的效果の発現時期の見極めが重要であろう。

3) 疾走フォームはストライドの対身長比からストライド型、ピッチ型、中間型の3つに類型化され、中間型が他の2つに比べてスプリント能力の高い傾向が示された。またトウ・トレーニングでは、ストライド比が大きい者（ストライド型）はピッチの変化が大きく、逆にこの比が小さい者（ピッチ型）はストライドの変化率が高い傾向を示した。このことは、トウ・トレーニングが目標とする超最大速度に対して、個々の選手の走法タイプに応じたストライド-ピッチの最適化(Optimization)を促し、習熟的方向でのトレーニングの重要性を示唆している。また、最適化が既に達成された中間型の者では、より強化的なトウ・トレーニングの取り組みが勧められる。

### （3）牽引走が加速局面およびスピード持続局面に及ぼす影響について。

1) 牽引走における疾走速度は、100m走の全局面にわたって全力走を上回っており、速度持続率は一流スプリンターに近いものであった。このことは、牽引走によって100mの全体に渡って、一流スプリンターのレースペースが体験でき、牽引力を適切に設定することによって理想とするレース

のシミュレーションの可能性を示す。

2) 牽引走での加速局面における疾走速度の増加はピッチによるものであり、それは主に支持期後半の時間短縮によって生じた。疾走フォームは全力走に比べて、支持期における膝、大腿の伸展が小さく、すでに全速疾走フォームに近いものであった。また、牽引走の加速局面では脚のキックが不十分になる可能性が大きく、下肢の筋群の力学的仕事から、加速局面あるいは加速疾走のトレーニング手段としては適切ではない。従って、トウ・トレーニングを導入する際には、加速局面をトレーニング課題とするトレーニング内容（加速走、負荷走等々）の適切な補充が不可欠であろう。

3) 牽引走の持続局面における疾走速度および速度持続率は短距離より高く、ストライドも増加した。しかし、ピッチを余りにも強調しすぎて、支持期での脚のキックが不十分（いわゆる“空回り”）になると、実際の100m走とはやや異なった疾走フォームになり筋群の仕事が減少するので、牽引走は支持期距離が著しく減少しないように留意すれば、通常では負荷のかけにくい、腰屈筋群の専門的パワー持久力のトレーニング手段として有効であろう。

本研究の遂行に際しては、筑波大学陸上競技部の短距離、跳躍、混成ブロックの学生、院生ならびに研究生諸君には、被験者および実験補助者として積極的なボランティア参加を願った。夏休みの長期に渡るハードなトレーニング実験にも関わらず、労を厭わぬ彼等の献身的な協力に対して深甚なる敬意を表すると共に、記して深く感謝申し上げる。また、更に実験後も長期間に渡って、膨大な実験データの整理・分析に御協力頂いた学生・院生・研究生諸君に対して、研究者一同、改めて記して深く感謝の意を表する次第である。

### 注1 エルゴ・ジャンプ

被験者に、特製マットスイッチ上で各種の連続垂直跳を行わせ、その接地・離地時のスイッチ・シグナルを電気タイマー（セイコー社製スポーツタイマー）に入力してキック時間、滞空時間(msec)を計測し、跳躍高、平均キック力、スタートシグ

ナルからの反応時間等を推定する垂直跳による運動機能テストで、主に脚伸展および抗重力筋群の神経・筋機能を検査し、トレーニング過程での選手の、主に中枢神経系に関わる運動の機能的状態の検討に利用される<sup>1)2)3)4)</sup>。

- ①反応垂直跳：音シグナルに対する垂直跳（無振込／無反動膝角度90度の構え）開始までの反応時間の測定と、滞空時間からの跳躍高、平均キック力を推定する。
- ②リバウンド垂直跳：無振込／無反動膝角度90度の構えから垂直跳を行い、一旦空中に身体を浮ばせてから、引続いて3回のリバウンド的垂直跳（ドロップ・ジャンプ）を行い、滞空時間と接地時間を測定し、跳躍高と平均キック力を推定する。

#### 参考文献

- 1) COMETTI G.: Colloque musculation. Revue de l' Amicale des entraîneurs Franc ais D'Athletisme. 109 : 35-48, 1989.
- 2) BOSCO, C.: L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. In Atleticastudi Jan-Fev. 7-117, 1985.
- 3) BOSCO, C.: Elasticita moscolare e forza esplosiva nelle attivita fisico sportive, Roma : Societa stampa sportiva. 1985.
- 4) LOCATELLI, E.: Strength control and development in young jumpers (16-19 yrs) when they move up to high level training. New Studies in Athletics, 1-4 : 71-80, 1986.

# I - 1 牽引走を最大下の努力度合で行うことによる影響

伊藤 信之, 村木 征人, 宮下 憲, 阿江 通良, 森田 正利

## 1. 緒 言

牽引走トレーニングに期待されている効果の1つは、より速いスピードを体験することで、神経・筋のコーディネーションを改善させることによりピッチを高め、疾走スピードの向上をはかる<sup>3)</sup>ということであるが、実際の牽引走時には、ストライドの増大によって疾走速度が増大することが多い。村木ら<sup>6)</sup>は、この牽引走時にピッチを増加させるためには、足の流れない疾走フォームを身につける必要があり、そのための疾走技術のトレーニングには、張力が3 kg以下の牽引走が適しているといったことを指摘している。こうした疾走技術のトレーニングを実施するにあたっては、受動的に牽引されるままに走るのではなく、ある課題をもつて能動的に取り組んでいくことが大切であろう。そのためには、最大努力で疾走を行うのではなく、運動修正が可能な、ある程度余裕を持った最大下の努力度合での牽引疾走を行うことが必要であろう。

本研究では、牽引走を全力および90%の主観的強度で行い、両者の疾走速度および疾走フォーム、疾走の力学的特性等を比較することにより、牽引走を最大下の努力度合で行うことによる影響を検討した。また牽引疾走時に、ストライドを伸ばすよりもピッチを重視して走るという課題（指示）を走者に与えることによる影響についても検討した。

## 2. 研究方法

### （1）実験方法

#### 1) 実験試技と牽引装置

努力度合の程度に応じた適性牽引力の推定のために、ここでは2 kgと3 kgの2種類の牽引力を設定した。また、最大下の努力度合で牽引走を行

うことによる影響を検討するために、上記2種類の牽引力を最大努力および最大下の努力度合（最大努力の90%とした）の2種類で行った。さらに、最大下の努力度合の試技においては、指示を与えることの影響の有無を検討するために、「指示なし」と「指示あり」の2種類の試技を実施した。ここで与えた「指示」は、「足を後ろに流さないように、ひっかき型の疾走イメージでピッチを重視して走る」ものである。

今後は、これらの実験試技を以下のように呼ぶこととする。

- ①最大努力での張力2 kgの試技：Tow-2
- ② 同 張力3 kgの試技：Tow-3
- ③最大下の努力度合での張力2 kgの試技：  
TS-2
- ④ 同 張力3 kgの試技：  
TS-3
- ⑤ 同 「指示あり」の2 kgの試技：  
TSA-2
- ⑥ 同 「指示あり」の3 kgの試技：  
TSA-3

また各牽引走の疾走運動に与える影響を検討するために、これらの牽引走の前に全速疾走（以下全力走と呼ぶ）を行った。各試技の疾走距離はすべて100mであり、クラウチングスタートの姿勢から実施した。

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。また、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ている光電管をおき、10m毎の速度変化を測定した。

## 2) 被験者

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、この実験Ⅰに引き続いて行われる、1ヶ月のトレーニング実験にも、自発的な参画意欲を持った大学男子短距離選手7名および跳躍選手8名、十種競技選手5名の計20名を用いた。

疾走のタイプによる影響の違いを検討するため、各被験者の全力走のストライドの対身長比の値から全体をピッチ群（5名）、中間群（10名）、ストライド群（5名）の3群に分類した。また、疾走動作や疾走の力学的特性をより詳細に検討するため、タイプの異なる3名の被験者を選択し、映像分析の対象とした。なお、これらの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。

被験者はランダムにA/B二つのグループに分け、Aグループは実験日の午前に全力での試技を、午後に最大下の努力度合の試技を行った。Bグループは午前と午後の試技を入れ換えた。また、試技前にはレース前と同様なウォーミング・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。

## （2）実験データの解析

### 1) 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

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時刻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毎の平均速度をこの平均ピッチの値で除したものを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。

### 2) 映像分析

映像分析の対象となった被験者3名の試技が撮影されたビデオ画像から、身体上の計測点(23点)の座標を読みとり、画面に写し込んだ較正点ととも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。

### 3) 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、および回復期での膝、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（右足接地から次の右足接地まで）を、走行中の足先と身体重心との位置関係などに着目した8時点-①右足接地、②右足支持期中間点（身体重心が足先上を通過する時点）、③右足離地、④右足フォロースルー終了、⑤左足接地、⑥左足支持期中間点、⑦左足離地、⑧右足支持期中間点-で区分し、以下の局面を設

表1 被験者の身体特性

|                 | 年齢         | 身長<br>(m)    | 体重<br>(kg)  | 対身長比*        | 100m/仮<br>(sec) | 種目    |
|-----------------|------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|-------|
| 全体<br>(n=20)    | 21<br>1.08 | 1.74<br>0.05 | 66.2<br>6.0 | 1.21<br>0.04 | 11.24<br>0.45   |       |
| ピッチ群<br>(n=5)   | 20<br>0.40 | 1.74<br>0.04 | 68.2<br>7.7 | 1.15<br>0.02 | 11.48<br>0.48   |       |
| 中間群<br>(n=10)   | 21<br>1.00 | 1.72<br>0.06 | 64.4<br>5.0 | 1.21<br>0.02 | 11.14<br>0.41   |       |
| ストライド群<br>(n=5) | 21<br>1.02 | 1.75<br>0.04 | 67.8<br>4.7 | 1.26<br>0.02 | 11.18<br>0.40   |       |
| 被験者H            | 22         | 1.73         | 65.0        | 1.24         | 10.5            | 200m  |
| Y               | 23         | 1.80         | 69.8        | 1.23         | 11.0            | 400mH |
| M               | 21         | 1.81         | 76.0        | 1.25         | 11.3            | 三段跳   |

\*対身長比：全力走でのストライド長／身長

けた。

局面 1 : 支持期前半①-②

局面 2 : 支持期後半②-③

局面 3 : ③-④

局面 4 : ④-⑤

局面 5 : ⑤-⑦

局面 6 : ⑥-⑦

局面 7 : ⑦-⑧

局面 8 : ⑧-①

これらの各時点における膝関節角度および大腿,

下腿の部分角度を求めた。また、筋群によってなされた機械的仕事を、回復期での各局面(局面3-8)毎に求めた。

### 3. 結果と考察

#### (1) 100mの疾走速度曲線およびストライド、ピッチの基本的な変化傾向について

図1および2は、各種の試技における100mの疾走速度、ストライド、ピッチ曲線を15名の被験者の平均値で示したものである。牽引力が2 kgの3

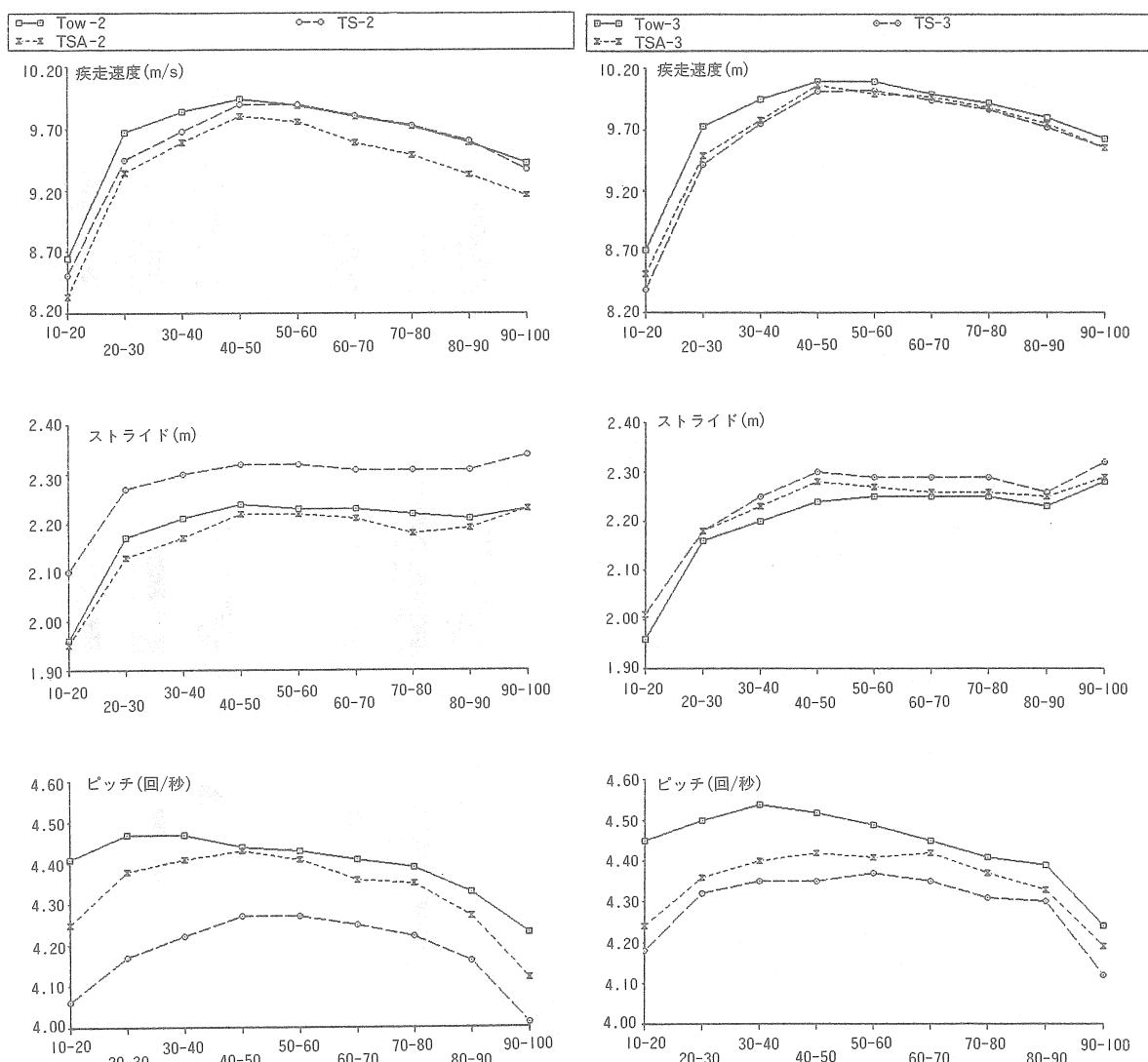


図1 牽引走(2 kg)の疾走速度、ストライド、ピッチ曲線

図2 牽引走(3 kg)の疾走速度、ストライド、ピッチ曲線

試技の速度曲線をみると、40mまでの加速局面では、Tow-2, TS-2, TSA-2の順に速度が大きくなっている。しかし最大速度局面から速度持続局面にかけては、Tow-2とTS-2は、ほとんど同じ大きさになっており、TSA-2のみが両者を下回っていた。

ストライドをみると、TSA-2の大きさがわずかにTow-2のものを下回ったが、最大速度局面では両者に統計的に有意な差はみられなかった。それに対してTS-2は両者を大きく上回り、全ての区間でTow-2/TSA-2双方とに有意な差がみられた( $p < .01$ )。

ピッチをみると、全力で走ったTow-2では、加速の初期の段階からピッチが高くなっている、疾走速度が最大になる前の20–30m区間で最高の値となった。90%の努力度合で行われたTS-2とTSA-2では、ストライド曲線と同様に、加速局面では徐々にピッチが高まってゆき、その値が最高になる区間は疾走速度が最高となる区間(40–50m)と一致していることでは共通するが、TS-2の値はTSA-2のものをほぼ全域にわたって有意に下回った。

一方、最大速度局面以降、TSA-2の値はTow-2のものに接近し、20mから80mまでの各区間では、両者の間に有意な差はみられなかった。

次に3kgの牽引力の各試技の速度曲線をみてみると、加速局面では90%の努力度合で走った試技(TS-3/TSA-3)がTow-3を下回るが、2kgのケースとは逆にTSA-3の値がTS-3の値を上回っており、10–20m区間では両者に有意な差がみられた( $p < .05$ )。また、最大速度局面から持続局面にかけては、三者間にはほとんど差がみられなくなった。

ストライドをみると、TSA-2の値がTow-2のものを上回っていたが、2kgのケースに較べて、三者間の差が少なくなった。ピッチに関してはTSA-3の値が、2kgのケースよりもやや低くなっている、加速局面から最大速度局面(10–60m区間)では、Tow-3との間に有意な差がみられた。

図3は、各試技の最大速度区間(40–60m)での全力走に対する速度、ストライド、ピッチの変化の度合を、各群別に表したものである。この3

群間に最も顕著な差が表れるのは、指示を与えない最大下努力度合の試技(TS-2, TS-3)のピッチの変化のしかたである。TS-2では、ストライドが増大し、ピッチが減少する傾向があることは先にも述べたが、このピッチの減少の度合が、中間群では他の群よりも少なく、特にピッチ群との間には有意な差がみられた。TS-3においては、ピッチ群、ストライド群のピッチの値が減少しているのに対して、中間群はわずかではあるが増大していた。ストライドの伸びもこれに対応して他の群

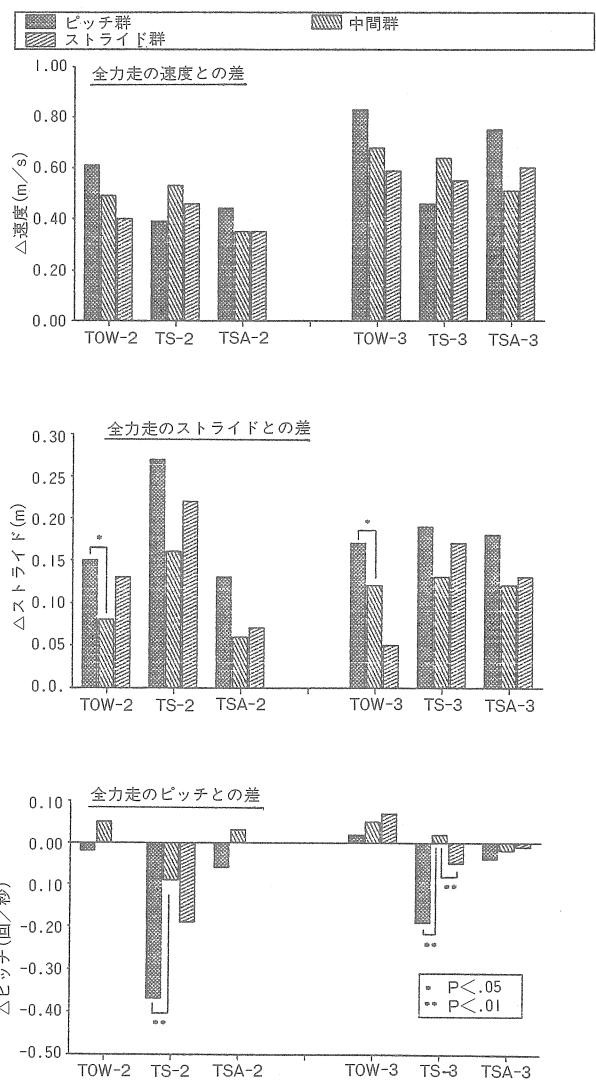


図3 全力走に対する牽引走の疾走速度、ストライド、ピッチの変化

よりも抑えられていた。また、2 kg の場合でも 3 kg の場合でも、「指示」を与えることによって、こうした群間の差はほとんどなくなってしまっている。この 3 群の中では、ピッチ群が指示を与えることの有無による影響が最も大きく、中間群は比較的その影響が少なかったと言える。

杉浦ら<sup>4)</sup>は牽引疾走時、ピッチ型の疾走フォームのものはストライドが増大し、ストライド型の疾走フォームのものは、ピッチが増大したと報告した。本研究では、Tow-3 のケースがこれに近かったが、牽引力の違いや指示の有無により必ずしも同様の変化とはならないことが示唆される。

村木<sup>6)</sup>は速度水準が低いほどストライド、ピッチ、疾走フォームの違いが大きくなることを指摘しているが、牽引走の場合には、最大下の努力度合で走った場合にこのことがあてはまる。しかしこでの最大速度局面の速度レベルは、最大努力（全力）での試技に比べて著しい低下はみられなかつた。

総じて「指示」を与えなかった最大下の努力度合の試技では、ストライドが増大し、ピッチが減少する傾向にあった。最大速度局面以降の速度は、TSA-2 以外は、最大下の努力度合であっても、全力のものとほとんど変わらなかつたが、ストライドとピッチの変化の仕方に差が表れていた。2 kg の牽引力では、指示を与えるとピッチの大きさが全力のものに近くなるが、ストライドが減少することによって、疾走速度は他の試技を下回る傾向にあつた。

牽引走時に、走者にできるだけ速く脚を地面に接地させるように指示した結果、速度の増加とピッチの増加との間に有意な相関が認められた<sup>4)</sup>との報告があるが、ここで「指示」の与えられた試技 (TSA-2) は、与えられなかった試技 (TS-2) よりもピッチが高かつたが、全力で行ったもの (Tow-2) を越えることはなかつた。一方、3 kg の牽引力では、指示を与えてもピッチはさほどの高まりをみせず、ストライドの変化も少なかつた。これらのことから、ある課題をもつて、スプリントのフォームやテクニックを改善していくことを目指す場合には、3 kg よりも 2 kg の牽引力で行うことが望ましいといったことが示唆される。

## (2) 疾走動作および動作中の各種力学量に及ぼす影響について

### 1) 速度、ストライド、ピッチ

最大下の努力度合で牽引疾走を行うこと、および指示の有無による影響を、ここではタイプの異なる 3 名の被験者を事例として比較しながら検討することにする。種々の疾走条件での速度、ストライド、ピッチ等の基本的な運動学的変数の比較は表 2 に示した。ここでの 3 名の結果は、全体の平均値とはやや異なつた変化のパターンをみせた。

牽引力が 2 kg の試技をみると、疾走速度は被験者 H では Tow-2 で最大となり、最大下の努力度合での牽引試技 (TS-2, TSA-2) での速度は全力走時のものを下回っていたのに対して、被験者 Y と M は TS-2 で最大となつた。疾走動作を崩さないためには、牽引走での速度増加率を 5 % 以内に抑えるべきであるという報告<sup>3)</sup>があるが、ここでの張力 2 kg の各試技では、いずれの被験者の速度増加率もこの範囲あつた。

ストライドは、いずれの被験者も TS-2 で最大となり、これは非支持期距離の増大によるものであつた。「指示あり」の TSA-2 では三者とも「指示無し」の TS-2 よりもストライドは減少した。被験者 H では非支持期距離を減少させることによつて、これに対応していたのに対して、被験者 Y と M は支持期後半距離を減少させていた。

ピッチをみると、ストライドが最大となつた TS-2 でその値が最も低くなつたが、「指示」を与えた TSA-2 では、被験者 H と被験者 Y は TS-2 に比べてピッチを増大させた。他方、被験者 M はストライドは小さくなつたものの、ピッチは変化しなかつた。

牽引力が 3 kg の試技では、疾走速度が被験者 H では Tow-3 で最大となつたのに対して、被験者 Y と M では TSA-3 で最大となつた。Y と M の 2 kg の試技では「指示無し」のほうが速度が高かつたことは逆の結果となつた。ストライドをみると、その変化の仕方には個人差がみられるが、2 kg のケースとは異なり、最大下の「指示無し」の試技 (TS-3) のストライドが最大とはならないといふ点では共通していた。「指示あり」の試技 (TSA-3) では、被験者 H は 2 kg の場合と同様にストラ

イドを短くしていたが、被験者YとMでは逆にやや長くなる傾向がみられた。また、被験者Mは支持期後半距離が牽引走時に減少する傾向がみられたが、TS-3で特にそれが顕著になった。これは支持期後半の脚の後方へのキックが著しく減少することを意味するものと考えられる。

ピッチに関して、被験者Hは3試技とも変化が無かった。しかし、被験者YとMは指示を与えることによってピッチがやや高まり、ストライドも減少しなかったため、疾走速度が3試技中最大となっている。短距離走者HとYの非支持期時間は、牽引力が増えたにも関わらず、2 kgの場合よりも

表2 疾走速度、ストライド、ピッチの実験試技間の比較

| 測定項目           | 全力走   | Tow-2           | TS-2            | TSA-2           | Tow-3          | TS-3           | TSA-3          |
|----------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 速度(m/s)        |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 10.27 | 10.73<br>4.48%  | 10.20<br>-0.68% | 10.23<br>-0.39% | 11.05<br>7.59% | 11.00<br>7.11% | 10.44<br>1.66% |
| Y              | 10.18 | 10.12<br>-0.59% | 10.40<br>2.16%  | 10.22<br>0.39%  | 10.48<br>2.95% | 10.55<br>3.63% | 11.08<br>8.84% |
| M              | 9.20  | 9.51<br>3.37%   | 9.55<br>3.80%   | 9.22<br>0.22%   | 9.77<br>6.20%  | 9.30<br>1.09%  | 9.81<br>6.63%  |
| ストライド(m)       |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 2.11  | 2.31<br>9.48%   | 2.35<br>11.37%  | 2.15<br>1.90%   | 2.32<br>9.95%  | 2.31<br>9.48%  | 2.19<br>3.79%  |
| Y              | 2.29  | 2.23<br>-2.62%  | 2.34<br>2.18%   | 2.20<br>-3.93%  | 2.25<br>-1.75% | 2.37<br>3.49%  | 2.38<br>3.93%  |
| M              | 2.25  | 2.33<br>3.56%   | 2.39<br>6.22%   | 2.31<br>2.67%   | 2.44<br>8.44%  | 2.37<br>5.33%  | 2.40<br>6.67%  |
| 支持期距離<br>前半(m) |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 0.30  | 0.31            | 0.39            | 0.30            | 0.43           | 0.30           | 0.31           |
| Y              | 0.30  | 0.28            | 0.40            | 0.30            | 0.20           | 0.31           | 0.32           |
| M              | 0.36  | 0.37            | 0.36            | 0.46            | 0.32           | 0.36           | 0.38           |
| 後半             |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 0.50  | 0.53            | 0.41            | 0.50            | 0.56           | 0.52           | 0.51           |
| Y              | 0.72  | 0.68            | 0.62            | 0.61            | 0.72           | 0.62           | 0.66           |
| M              | 0.73  | 0.56            | 0.56            | 0.45            | 0.56           | 0.36           | 0.49           |
| 非支持期距離         |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 1.25  | 1.40            | 1.45            | 1.34            | 1.34           | 1.42           | 1.36           |
| Y              | 1.20  | 1.14            | 1.36            | 1.43            | 1.27           | 1.38           | 1.43           |
| M              | 1.22  | 1.46            | 1.46            | 1.50            | 1.48           | 1.60           | 1.49           |
| ピッチ(回/秒)       |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 4.88  | 4.65<br>-4.71%  | 4.35<br>-10.86% | 4.76<br>-2.46%  | 4.76<br>-2.46% | 4.76<br>-2.46% | 4.76<br>-2.46% |
| Y              | 4.44  | 4.55<br>2.48%   | 4.44<br>0.00%   | 4.65<br>4.73%   | 4.65<br>4.73%  | 4.44<br>0.00%  | 4.65<br>4.73%  |
| M              | 4.08  | 4.08<br>0.00%   | 4.00<br>-1.96%  | 4.00<br>-1.96%  | 4.00<br>-1.96% | 3.92<br>-3.92% | 4.08<br>0.00%  |
| 支持時間(ms)<br>前半 |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 30    | 30              | 40              | 30              | 40             | 30             | 30             |
| Y              | 30    | 30              | 40              | 30              | 20             | 30             | 30             |
| M              | 40    | 40              | 40              | 50              | 30             | 40             | 40             |
| 後半             |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 50    | 50              | 50              | 50              | 50             | 50             | 50             |
| Y              | 70    | 70              | 60              | 60              | 70             | 60             | 60             |
| M              | 80    | 60              | 60              | 50              | 60             | 40             | 50             |
| 非支持時間          |       |                 |                 |                 |                |                |                |
| H              | 120   | 130             | 150             | 130             | 120            | 130            | 130            |
| Y              | 120   | 110             | 130             | 140             | 120            | 130            | 130            |
| M              | 130   | 150             | 150             | 160             | 150            | 170            | 150            |

最大下の試技での増加分が少なくなった。

## 2) 膝関節角度および大腿角、下腿角の変化

表3は、接地時と離地時の膝関節角度、大腿角、下腿角および回復脚の状態を表す逆足の接地時と離地時の大転骨角を示したものである。

牽引力が2kgの試技では接地時の膝関節角度が、全力走時に比べて増大する傾向にあり、いずれの被験者もTS-2でこの値が最大となった。接地時の下腿角もTS-2で増大する傾向にあり、TS-2の支持期前半の時間と距離が増大していたことを考え合わせると、TS-2では接地時のブレーキが大きかったものと推定される。「指示」を与えたTSA-2では、この局面の膝関節角度・下腿角とも

に、被験者M以外は減少する傾向にあり、支持期前半の距離と時間も被験者M以外は減少した。離地時の下腿角は被験者H以外で、最大下の試技で減少する傾向にあり、TSA-2で最小となった。

図4は、全力走に対する牽引走の支持期後半距離の変化と離地時の下腿角の変化とを比較したものであるが、変化の大きかった試技と被験者とはほぼ一致していた。被験者Yと被験者Mは、牽引走時に支持期の脚の後方へのキックが弱まることが示唆される。特に支持期後半の時間と距離の減少が顕著にみられた被験者Mでは、離地時の大転骨角をみても他の二人に比べて著しく減少し、キック時に大転骨の後方への伸展が抑えられていた。こ

表3 膝関節角度および大腿角、下腿角の実験試技間の比較

| 測定項目        | 全力走   | Tow-2 | TS-2  | TSA-3 | Tow-3 | TS-3  | TSA-3 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>膝関節</b>  |       |       |       |       |       |       |       |
| 接地時         |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | 149.7 | 155.6 | 160.4 | 155.0 | 158.1 | 155.2 | 153.0 |
| Y           | 144.0 | 144.8 | 154.0 | 148.8 | 144.4 | 144.2 | 151.4 |
| M           | 156.7 | 159.5 | 165.8 | 162.3 | 168.6 | 165.1 | 160.4 |
| 離地時         |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | 144.9 | 144.9 | 148.3 | 141.4 | 139.6 | 142.4 | 146.1 |
| Y           | 143.5 | 144.1 | 147.1 | 149.6 | 143.2 | 147.8 | 147.0 |
| M           | 152.8 | 148.6 | 146.1 | 147.0 | 147.4 | 149.5 | 148.5 |
| <b>大腿角度</b> |       |       |       |       |       |       |       |
| 接地時         |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | 31.1  | 28.6  | 30.9  | 26.8  | 35.2  | 28.9  | 31.2  |
| Y           | 32.3  | 31.0  | 29.8  | 24.8  | 29.2  | 27.6  | 28.2  |
| M           | 27.1  | 25.8  | 24.3  | 28.1  | 20.0  | 21.8  | 25.4  |
| 離地時         |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | -16.0 | -16.6 | -18.3 | -14.6 | -13.8 | -13.7 | -17.6 |
| Y           | -22.1 | -22.1 | -22.1 | -22.1 | -20.9 | -24.0 | -20.9 |
| M           | -27.5 | -18.9 | -15.1 | -13.7 | -12.7 | -10.9 | -13.0 |
| 逆足接地        |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | 16.2  | 20.5  | 35.2  | 25.2  | 30.5  | 24.7  | 30.9  |
| Y           | 19.7  | 16.1  | 22.0  | 28.5  | 29.7  | 26.9  | 19.8  |
| M           | 5.1   | 11.5  | 9.6   | 13.4  | 7.1   | 6.5   | 12.2  |
| 逆足離地        |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | 78.5  | 82.8  | 87.3  | 81.1  | 85.9  | 84.3  | 87.4  |
| Y           | 72.6  | 73.0  | 79.4  | 78.3  | 77.6  | 77.5  | 77.5  |
| M           | 60.8  | 66.8  | 60.1  | 59.3  | 66.0  | 66.1  | 67.8  |
| <b>下腿</b>   |       |       |       |       |       |       |       |
| 接地時         |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | 0.7   | 4.2   | 11.3  | 1.7   | 13.3  | 4.1   | 4.1   |
| Y           | -3.7  | -4.2  | 3.8   | -6.4  | -6.4  | -8.2  | -0.4  |
| M           | 3.9   | 5.3   | 10.1  | 10.4  | 8.6   | 6.9   | 5.9   |
| 離地時         |       |       |       |       |       |       |       |
| H           | -51.1 | -51.7 | -50.0 | -53.2 | -54.3 | -51.3 | -51.4 |
| Y           | -58.6 | -58.1 | -55.0 | -52.5 | -57.7 | -56.2 | -54.0 |
| M           | -54.7 | -50.3 | -49.0 | -46.7 | -45.3 | -41.5 | -44.5 |

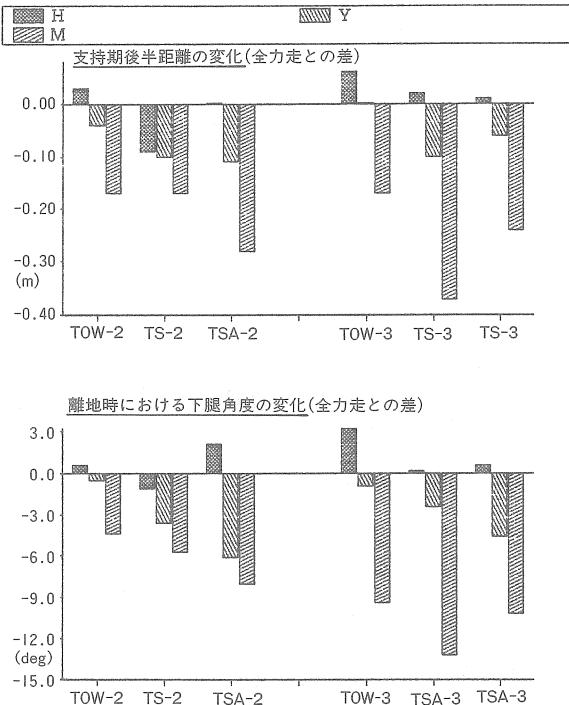


図4 全力走に対する牽引走の支持期後半時間と下腿角度変化との比較

のこととは、支持期後半の脚のキックの方向が、後方から上方へ移ることを示すものである。離地時に膝の伸展が少ないことが支持期を減少させ、ピッチを向上させることにつながるという報告<sup>2)</sup>もあるが、支持期後半の後方へのキックが著しく弱まったこの被験者Mでは、支持期後半の距離と時間は減少する反面、非支持期時間が増大しピッチの向上にはつながらなかった。

3 kg の試技では、接地時の膝関節角度は被験者Y以外、2 kg の場合と同様に、最大下の「指示無し」の牽引走(TS-3)で最も大きくなった。また、接地時の下腿角は、被験者HがTow-3で著しく増大したが、それ以外は2 kg の場合よりも変動が少なかった。離地時の下腿角および大腿角は、2 kg の試技と同様に、被験者YとMでは全力走に比べて小さくなった。特に被験者Mのものは2 kg よりもさらに減少する傾向にあり、後方へのキックがさらに弱まっていることが推測される。

逆足接地時と離地時の大転骨角の変化の仕方には個人差がみられるが、牽引走時は概ねこれらの角

度は大きくなっている、大腿の回復が速く、大腿がよく上がっていることを示している。

### 3) 下肢関節の力学的仕事

図5および6は、牽引走の回復期において腰関節、膝関節まわりの筋群がなした力学的仕事を、全力走との差で示したもので、正の値は牽引走の場合が全力走よりも大きいことを示している。図5の1と2は、張力2 kgの試技の比較を、図6の1と2は、張力3 kgの試技の比較を表している。これらの局面3から5は回復期前半を、局面6から8は回復期後半を示し、短距離疾走では回復期前半では腰屈筋群および膝伸筋群が、後半では腰伸筋群および屈筋群がそれぞれ有意に活動していることが知られている<sup>1)</sup>。

図5の2 kgの試技でのTow-2の腰は、被験者Hの局面4と局面7の仕事の減少がみられるが、被験者YとMは局面7の仕事が全力走よりも大きくなっている。また、膝では、回復期後半の屈筋群の仕事が増大する傾向がみられた。最大下の努力度合で行われたTS-2では、局面4で三者とも共通して腰の仕事の減少がみられた。回復期後半では、被験者Yの局面7の腰の仕事の減少がみられた。一方、膝では回復期前半の変動は少ないが、後半の仕事が減少する傾向にあった。指示が与えられたTSA-2では、被験者Hの回復期後半で腰の伸筋群の仕事が増大したが、被験者Mでは、その局面の仕事が逆に減少していた。膝では、被験者HとMはTS-2とほとんど変化がなかったが、被験者Yの回復期後半の仕事が、特に局面6と8で増大していた。

図6の牽引力3 kgの試技をみてみると、Tow-3の腰では、回復期前半の屈曲局面はTow-2と同様に全力走に比べて仕事が減少する傾向がみられた。しかし、回復期後半、特に局面7で仕事が増大する傾向にあった。膝では被験者Mの局面7の仕事が増大した以外は、その変動が少なかった。次にTS-3では、腰の仕事はTow-3のものとほぼ同じ傾向であったが、回復期前半で被験者Yはその値が増大したのに対して、被験者Mは逆に減少した。また、局面8で被験者Hの仕事が著しく減少した。膝では、局面7で被験者Mの仕事の減少がみられた。被験者HとYは、局面8でこの値

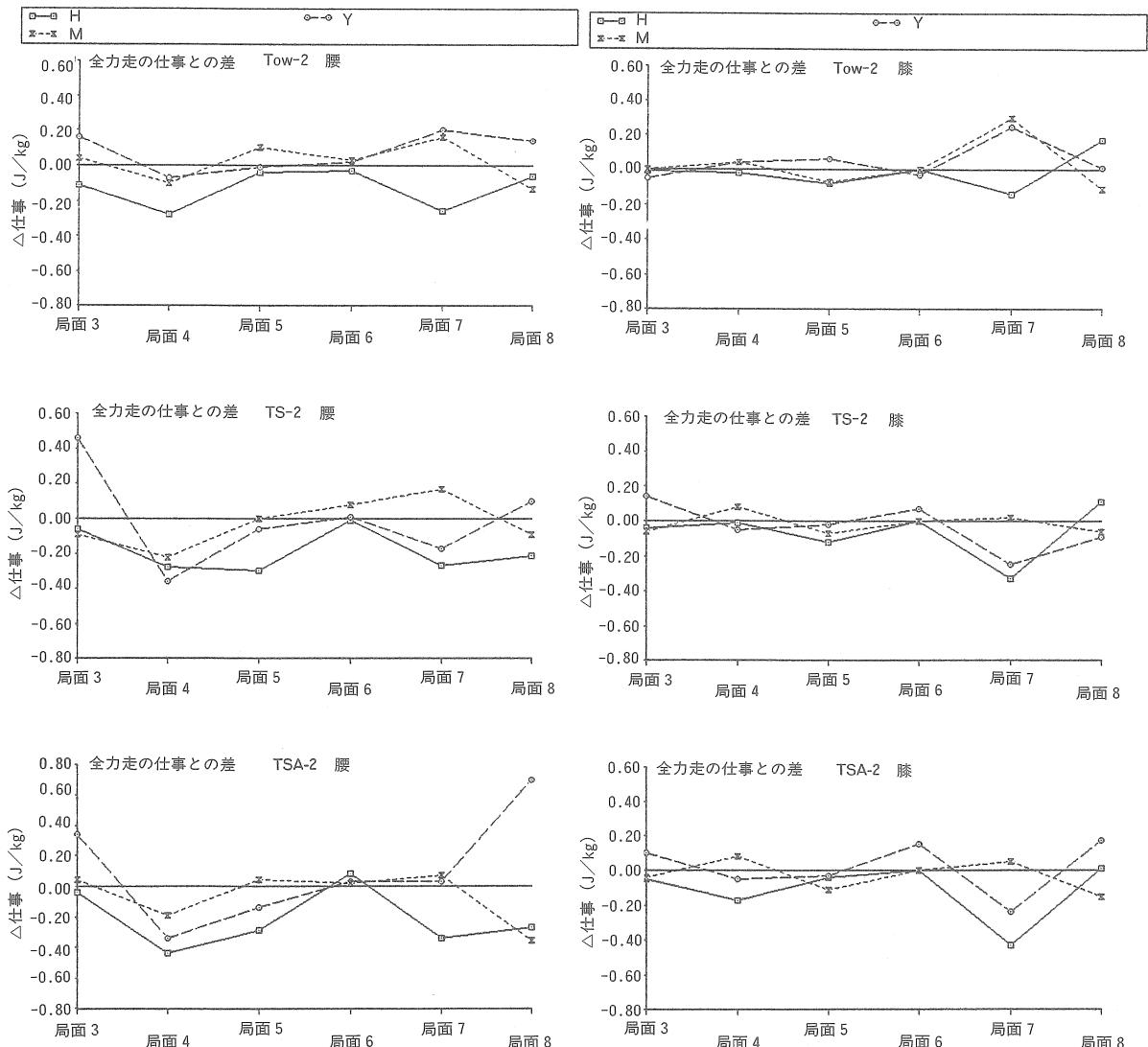


図 5-1 全力走に対する牽引走(2 kg)の回復期における腰正仕事の変化

を減少させていた。TSA-3 の腰では、被験者 Y と M は局面 4 で TS-3 よりも仕事が増大する傾向にあったのに対して、被験者 H はこの局面で逆に減少していた。被験者 Y は回復期後半の仕事も増大する傾向にあった。膝では、被験者 Y と M が局面 7 の仕事を、TS-3 に比べて増大させた。

総じて牽引疾走時は、腰関節の屈筋群の仕事が全力走に比べて減少する傾向にあった。しかし、実際の疾走速度は牽引時には増大しており、回復期の脚のリカバリも早くなっていた。牽引走時 3 kg 以下の牽引力では、疾走中に余裕があり、楽

図 5-2 全力走に対する牽引走(2 kg)の回復期における膝負仕事の変化

に感じるという報告<sup>6)</sup>がなされているが、本研究での 2 kg の試技での結果は、疾走中にこうした感覚が得られることと符合するものであった。

2 kg の牽引力で、最大下の努力度合で行った場合、腰・膝ともに回復期の仕事が減少する傾向にあり、全力走に比べて疾走速度は高まても、筋の仕事は増大しないことがわかる。この 2 kg での最大下の努力度合の試技では、指示を与えることがストライド・ピッチの変化に与える影響が大きかったことと考えあわせて、トレーニングには強化的な方向よりも、むしろ習熟的な方向で取り組

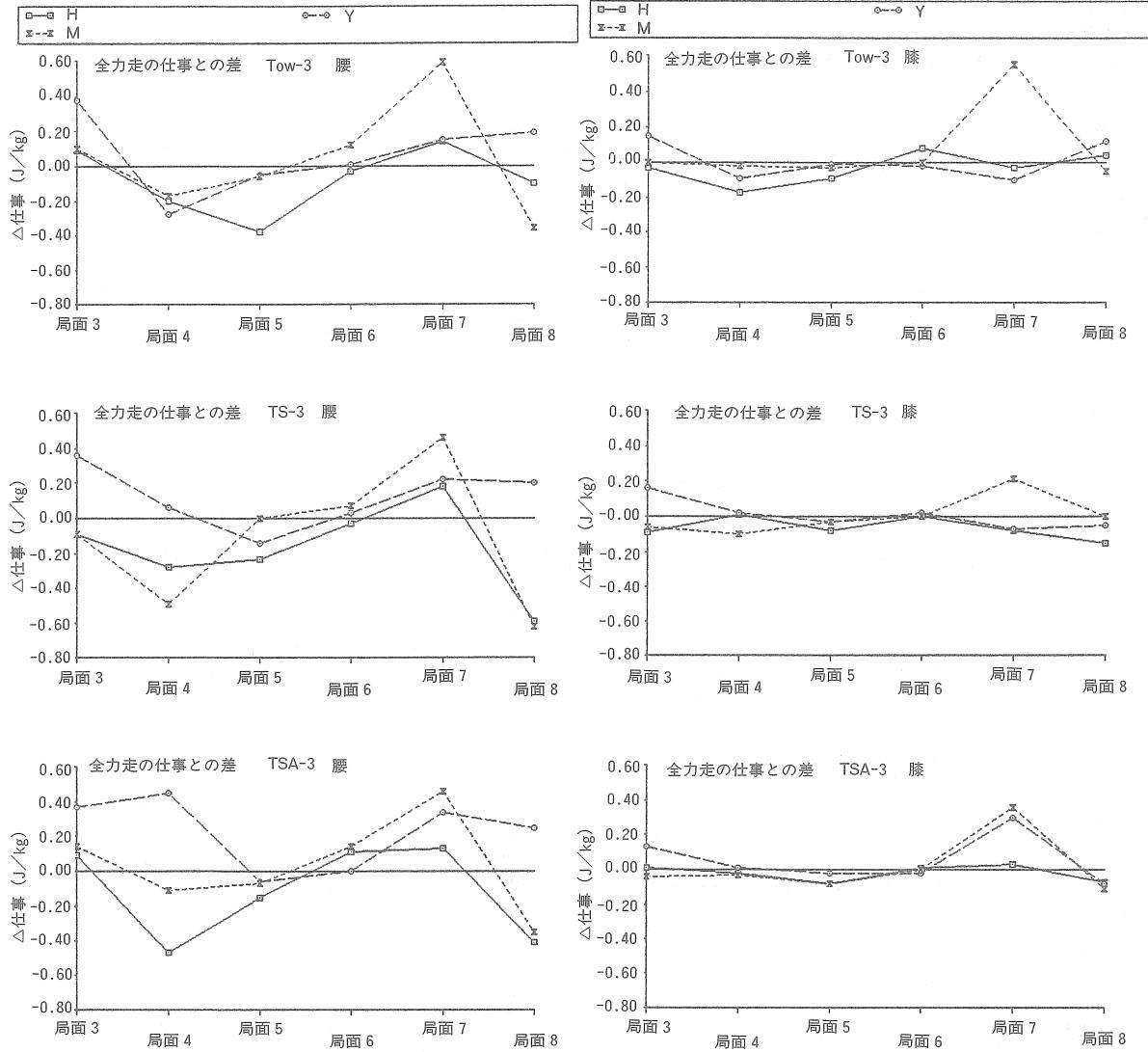


図 6-1 全力走に対する牽引走(3 kg)の回復期における腰正仕事の変化

むべきであることが示唆される。

3 kg の試技における腰の仕事は、回復期前半では個人差によるばらつきがみられるが、局面 7 で伸筋群の仕事は増大し、最大下の試技でも減少がさほどみられなかった。膝の仕事は、2 kg の場合と異なり、3 試技とも全力走の値を下回ることが少なかった。こうしたことから、この 3 kg での牽引走は、より強化的な方向でのトレーニングを取り入れていくことが望ましいと考えられる。

「指示」を与えることに対する対応の仕方は、個人差があり、一般的な傾向は見いだせなか

ったが、「指示」を与えた試技でピッチを増大させた被験者 Y では、回復期の脚の仕事も増大する傾向にあった。

#### 4. トレーニング面への示唆

- (1) 張力が 2 kg の試技では、「指示」への対応が容易で、回復期での脚の仕事も減少する傾向にあったことから、疾走フォームの修正改善を目的とする、習熟的方向に適したものといえる。しかし、「指示なし」の最大下の努力度合での牽引走では一特に、ピッチ走法の群で、ピッチの低下が顕著で

ある。またこれらは、支持期前半のブレーキも大きくなる傾向にあるので、牽引によってストライドを伸ばすよりも脚の高速回転—ピッチを重視した運動課題の尊守が必要であろう。

(2) 張力が3 kgの試技では、最大下の努力度合で牽引走を行うことによる影響、および指示の有無による影響の度合が少なく、最大速度局面以降の疾走速度は3試技共、ほとんど変わらなかった。また、全力走に比べてピッチが減少しなかったものでは、回復期後半での腰、膝の仕事が増大する傾向にある。従って、これらの者への3 kgの牽引走は、より強化的な方向でのトレーニングへの取り組みが可能であろう。

(3) しかし、牽引走中に支持期後半のキックが著しく弱まる傾向のみられるものでは、非支持期の時間および距離が増大することで、ピッチが逆に低下して、ストライドが延びる傾向にある。この現象は、牽引力が大きいほど強まるので、これらに対しては、異なった運動課題—反対にプッシュの強調、または負荷走・加速走の補足的課業の挿入による運動修正の必要が示唆された。

## 参考文献

- 1) 阿江通良ほか：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、pp.229-239、1986.
- 2) MANN, R.: The biomechanical analysis of sprinters. Track Technique, 94: 3000-3003, 1989.
- 3) MERO, A. and KOMI, P.V.: Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables insprinting. ISB, 1: 240-252, 1985.
- 4) MERO, A. and KOMI, P.V.: Force-, EMG, and elasticity- velocity relationships at Supramaximal running speeds in sprinters. Eur. J. of Appl. Physiol. 55: 533-561, 1986.
- 5) 村木征人：スプリント走における疾走速度および歩幅と歩数に関する研究—スプリント走の客観的速度と主観的速度および歩幅との関係。身体運動の科学V, pp.76-83, 1983.
- 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性牽引力とトレーニングの即時の効果。昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No.X、スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究（第1報），pp.9-27, 1989.
- 7) 杉浦雄策、青木純一郎：牽引走 (Supramaximal running) が走方の異なる短距離走者のピッチとストライドに及ぼす影響。日本体育学会第39回大会号, 1983.

## I - 2 漸進的トウ・トレーニングが100m走の走速度・ストライド・

### ピッチや疾走フォームのダイナミックスに及ぼす効果

宮下 憲, 森田 正利, 村木 征人, 阿江 通良, 伊藤 信之

#### 緒 言

現代を代表する長身の C. Lewis は、超ストライド型(中間局面で2.55m)<sup>13)</sup>であるにもかかわらず、日本選手が持っている程度のピッチ (4.49f/s) もまた同時に持ち合わせている。女子100mの世界記録保持者である F. Joyner は、女子スプリンターの中では平均的な身長の持ち主であるが、強い筋力を支えに身長に比して大きなストライドと、同時に高いピッチを兼ね揃えたまれにみる女子選手であった。また、一時、女子の世界記録を次々に塗り換えていった M. Göhr は短身ながら、非常に高いピッチ (5.51f/s) の持ち主であった。100m競争ではこのように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従来変わっていない。従ってどのタイプのスプリンターにとってもより長いストライドやより高いピッチを獲得することと同時に、それらを持続させる能力を高めていくことは共通したトレーニング課題である。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. Sandwick<sup>14)</sup>は、最大スピードの改善をはかる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て効果をあげたことを報告している。これはトウ・トレーニングの先鞭であった。その後、小型エンジンや電動モーターによって紐を巻き込む方法へと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ている。

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<sup>2)3)5)7)</sup>。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<sup>9)10)11)15)16)</sup>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<sup>9)10)16)</sup>という点では必ずしも一致した結果<sup>12)17)</sup>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<sup>12)</sup>では、最大努力(全力)での等張性牽引走の適正牽引力は3 kg であることを見いだした。しかしそこでは、選手がトレーニングの習熟的方向での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、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。この研究課題の検討は、本トレーニング研究の先行実験として、前項IIで行なわれている。90%の最大下努力度合 (Submaximal effort)での牽引走では、運動制御可能な余裕を残しながらも、実際の最大疾走速度は通常の全力走の1 - 7 %増の最大速度 (Maximal speed)，若しくは超最大速度 (Supramaximal speed) を達成しうるのが Sprint Assisted Training としての等張性牽引走の特徴である。

本研究では、1カ月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ックスに与える影響を実験的に検討した。

#### 2. 研究方法

##### (1) 実験方法

###### 1) 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。被験者らは、いずれも長期にわたって計画的に専門的なスプリント・トレーニングを行なっており、本研究への関心が高く自発的な参画意欲を持ったものである。

## 2) 実験試技

モデル的トレーニングとしての実験プロトコールは、これまでの研究成果と実践的な経験が生かされた。またそこでは、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、全力による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、毎週2日のトウ・トレーニング（実験II）が1ヵ月間組み込まれた。実験試技の内容は以下に示す。

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

### 実験試技II

#### -1ヵ月の漸進的トウ・トレーニング-

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

8回目：〔最大下努力の牽引走（2 kg）100m×1本〕+〔全力での牽引走（3 kg）100m×2本〕

9回目：〔全力走100m×1本〕+〔全力での牽引走（3 kg）100m×1本〕+〔全力走100m×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×1本
- ②全力での牽引走（3 kg）100m×1本
- ③全力での牽引走（3 kg）100m×1本
- ④ポスト全力走100m×1本

## 3) 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”（ニシスポート社製）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、バイオメカニクス的なデータを得るため、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

### 1) 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の値で除したものと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。

### 2) 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。

### 3) 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12～13および図15～18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。

## 3. 結果と考察

### （1）疾走速度について

#### 1) 最大疾走速度

1ヶ月の漸進的トウ・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

表1 トウ・トレーニング前後の疾走速度、ストライド、ピッチの変化の比較

| 実験群（n=7）      | 疾走速度         |              |                  |               |               |                | ストライド        |              |                |                   |                   |                 | ピッチ             |                |              |                |                   |                   | 全効率             |                 |                |                |                |                   |                   |                 |                 |                |                |
|---------------|--------------|--------------|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|               | 全効率          |              |                  | 牽引走           |               |                | 全効率          |              |                | 牽引走               |                   |                 | 全効率             |                |              | 牽引走            |                   |                   | 全効率             |                 |                | 牽引走            |                |                   |                   |                 |                 |                |                |
|               | I            | II           | III              | I             | II            | III            | I            | II           | III            | I                 | II                | III             | I               | II             | III          | I              | II                | III               | I               | II              | III            | I              | II             | III               |                   |                 |                 |                |                |
| 疾走速度<br>(m/s) | 9.43<br>0.49 | 9.63<br>0.47 | 2.20%**<br>1.99% | 10.12<br>0.52 | 10.40<br>0.39 | 2.84%*         | 9.42<br>0.46 | 9.68<br>0.51 | 2.72%*         | 7.40%***<br>2.50% | 8.06%***<br>2.52% | -0.02%<br>1.52% | 0.47%<br>1.17%  | 9.42<br>0.46   | 9.68<br>0.51 | 2.72%*         | 7.40%***<br>2.50% | 8.06%***<br>2.52% | -0.02%<br>1.52% | 0.47%<br>1.17%  | 9.42<br>0.46   | 9.68<br>0.51   | 2.72%*         | 7.40%***<br>2.50% | 8.06%***<br>2.52% | -0.02%<br>1.52% | 0.47%<br>1.17%  |                |                |
| ストライド<br>(m)  | 2.13<br>0.10 | 2.16<br>0.08 | 1.48%<br>2.29%   | 2.24<br>0.07  | 2.26<br>0.08  | 0.76%<br>1.66% | 2.12<br>0.09 | 2.13<br>0.09 | 0.41%<br>0.85% | 5.45%**<br>2.41%  | 4.69%***<br>1.00% | -0.24%<br>1.01% | -1.27%<br>1.43% | 2.12<br>0.09   | 2.13<br>0.09 | 0.41%<br>0.85% | 5.45%**<br>2.41%  | 4.69%***<br>1.00% | -0.24%<br>1.01% | -1.27%<br>1.43% | 2.12<br>0.09   | 2.13<br>0.09   | 0.41%<br>0.85% | 5.45%**<br>2.41%  | 4.69%***<br>1.00% | -0.24%<br>1.01% | -1.27%<br>1.43% |                |                |
| ピッチ<br>(Hz)   | 4.43<br>0.27 | 4.47<br>0.24 | 0.86%<br>2.96%   | 4.51<br>0.30  | 4.61<br>0.27  | 2.16%*         | 4.45<br>0.29 | 4.54<br>0.27 | 2.18%<br>2.78% | 1.77%*<br>1.15%   | 3.13%*            | 0.32%<br>2.31%  | 0.32%<br>0.97%  | 1.64%<br>1.33% | 4.45<br>0.29 | 4.54<br>0.27   | 2.18%<br>2.78%    | 1.77%*<br>1.15%   | 3.13%*          | 0.32%<br>2.31%  | 0.32%<br>0.97% | 1.64%<br>1.33% | 4.45<br>0.29   | 4.54<br>0.27      | 2.18%<br>2.78%    | 1.77%*<br>1.15% | 3.13%*          | 0.32%<br>0.97% | 0.32%<br>1.33% |

| 対照群（n=6）      | 疾走速度         |              |                  |               |               |                | ストライド        |              |                 |                   |                   |                 | ピッチ             |              |              |                 |                   |                   | 全効率            |                  |                  |                 |                 |                   |                   |                |                |              |                |                  |                  |                 |                 |              |                |                |                |                |                |
|---------------|--------------|--------------|------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|               | 全効率          |              |                  | 牽引走           |               |                | 全効率          |              |                 | 牽引走               |                   |                 | 全効率             |              |              | 牽引走             |                   |                   | 全効率            |                  |                  | 牽引走             |                 |                   |                   |                |                |              |                |                  |                  |                 |                 |              |                |                |                |                |                |
|               | I            | II           | III              | I             | II            | III            | I            | II           | III             | I                 | II                | III             | I               | II           | III          | I               | II                | III               | I              | II               | III              | I               | II              | III               |                   |                |                |              |                |                  |                  |                 |                 |              |                |                |                |                |                |
| 疾走速度<br>(m/s) | 9.31<br>0.26 | 9.61<br>0.28 | 3.16%**<br>1.74% | 10.05<br>0.45 | 10.31<br>0.24 | 2.76%<br>4.08% | 9.33<br>0.28 | 9.60<br>0.18 | 2.96%*<br>2.27% | 7.85%***<br>2.25% | 7.35%***<br>1.78% | 0.21%<br>0.66%  | 0.02%<br>1.43%  | 9.33<br>0.28 | 9.60<br>0.18 | 2.96%*<br>2.27% | 7.85%***<br>2.25% | 7.35%***<br>1.78% | 0.21%<br>0.66% | 0.02%<br>1.43%   | 9.33<br>0.28     | 9.60<br>0.18    | 2.96%*<br>2.27% | 7.85%***<br>2.25% | 7.35%***<br>1.78% | 0.21%<br>0.66% | 0.02%<br>1.43% |              |                |                  |                  |                 |                 |              |                |                |                |                |                |
| ストライド<br>(m)  | 2.10<br>0.07 | 2.14<br>0.09 | 1.66%<br>4.55%   | 2.24<br>0.06  | 2.26<br>0.10  | 1.00%<br>4.34% | 2.09<br>0.06 | 2.13<br>0.10 | 1.82%<br>3.53%  | 6.59%**<br>3.75%  | 5.86%**<br>2.44%  | -0.43%<br>2.71% | -0.25%<br>1.92% | 2.10<br>0.07 | 2.14<br>0.09 | 1.66%<br>4.55%  | 2.09<br>0.06      | 2.13<br>0.10      | 1.82%<br>3.53% | 6.59%**<br>3.75% | 5.86%**<br>2.44% | -0.43%<br>2.71% | -0.25%<br>1.92% | 2.10<br>0.07      | 2.14<br>0.09      | 1.66%<br>4.55% | 2.09<br>0.06   | 2.13<br>0.10 | 1.82%<br>3.53% | 6.59%**<br>3.75% | 5.86%**<br>2.44% | -0.43%<br>2.71% | -0.25%<br>1.92% |              |                |                |                |                |                |
| ピッチ<br>(Hz)   | 4.44<br>0.15 | 4.50<br>0.20 | 1.51%<br>3.05%   | 4.49<br>0.19  | 4.57<br>0.22  | 1.81%<br>1.64% | 4.47<br>0.17 | 4.52<br>0.21 | 1.20%<br>1.33%  | 1.21%<br>2.80%    | 1.52%<br>1.54%    | 0.69%<br>2.04%  | 0.40%<br>0.70%  | 4.44<br>0.15 | 4.50<br>0.20 | 1.51%<br>3.05%  | 4.49<br>0.19      | 4.57<br>0.22      | 1.81%<br>1.64% | 4.47<br>0.17     | 4.52<br>0.21     | 1.20%<br>1.33%  | 1.21%<br>2.80%  | 1.52%<br>1.54%    | 0.69%<br>2.04%    | 0.40%<br>0.70% | 4.44<br>0.15   | 4.50<br>0.20 | 1.51%<br>3.05% | 4.49<br>0.19     | 4.57<br>0.22     | 1.81%<br>1.64%  | 4.47<br>0.17    | 4.52<br>0.21 | 1.20%<br>1.33% | 1.21%<br>2.80% | 1.52%<br>1.54% | 0.69%<br>2.04% | 0.40%<br>0.70% |

\*\*\* P<.001

\*\* P<.01

\* P<.05

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、最後のトウ・トレーニング終了1週間後にポスト・テストとしてトレーニング後の試技を行っており(実験III)，トレーニング疲労からの十分な回復状態ではなかったことが予想される。

他方、コントロール群は、相対的に負荷強度の低い通常トレーニングでの、よりフレッシュな状

態でポスト・テストに臨めたことを考えると、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。すなわち、トレーニング群がその後のシーズンで、ほとんどの者が短距離(100m/200m)、跳躍(走中跳/三段跳)種目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いが、その後のより長い遅発的転化という意味で、そ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。

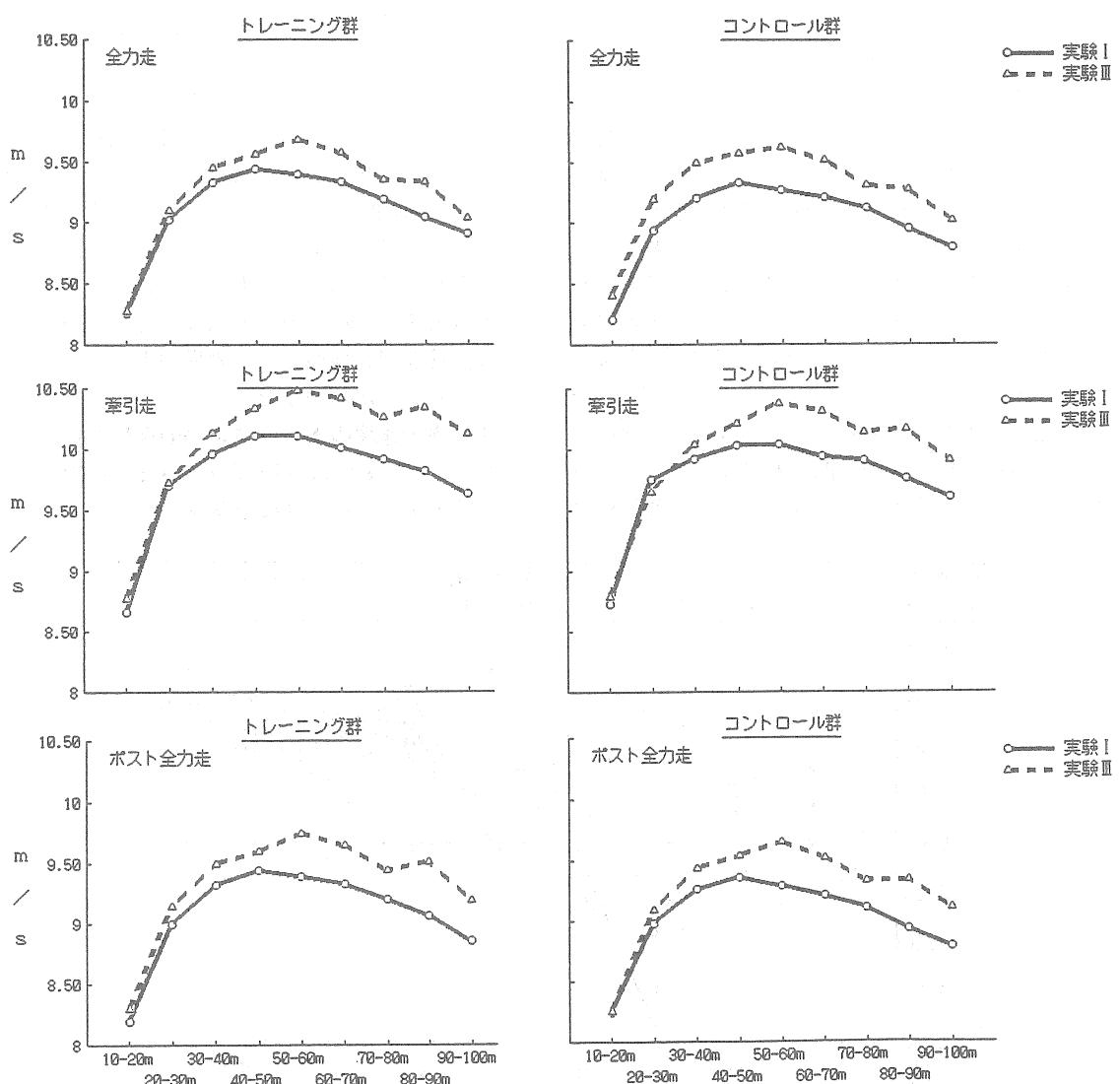


図1 トウ・トレーニング前後の各種100m走の疾走速度曲線の比較

最大疾走速度の出現区間は3試技—全力走、牽引走、ポスト全力走とともに、トレーニング前後で40—50m区間から50—60m区間への移行が見られた。しかし、最大速度の持続区間が延びることはなかった。この傾向は両群に認められ、より高いパフォーマンスレベルに至るスプリント能力の発達的変化の特徴を示した。

## 2) 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)からはその疾走局面を、スタートから30mまでの大きな加速を示す加速局面、緩やかな加速と最大速度及びわずかな減速を示す30—60mの最大速度局面、及びその後の速度持続の3局面に大別することが許されよう。

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遞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メダリストの速度遞減率の平均が約5%であることからも、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にばかりではなく、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效果<sup>12)</sup>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。

## 3) 疾走速度のトレーニング経過について

図2は、実験Iにおける張力2kgの最大下努力での牽引走時の最大速度を基準にした、1カ月の

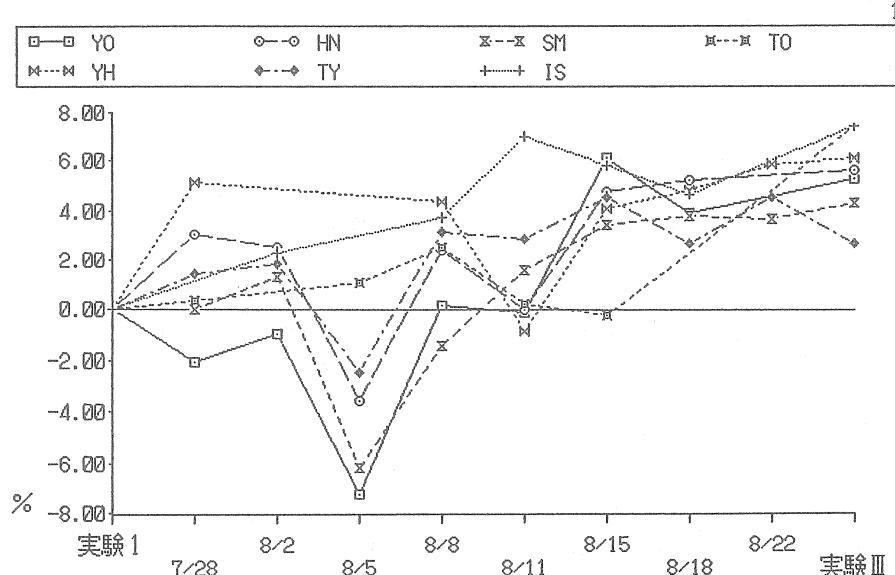


図2 最大疾走速度のトレーニング前に対するトレーニング中の変化率(%)

トウ・トレーニングでの各トレーニング日の最大疾走速度の変化である。トレーニング開始2週間後では、7名中4名がトレーニング前の全力走に対して2.5から7.5%の速度の低下を示したが、全体的な走速度のトレーニング過程は順調で漸進的なものであった。これは、本研究でのモデル的な漸進的トウ・トレーニング—最大下努力での漸増的牽引走シリーズ3週間とその後の全力での牽引走シリーズへの展開が、内容に無理がなく適切なものであったことを支持するものであろう。

## (2) ストライドについて

### 1) 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、スタートから加速および最大速度局面では疾走速度曲線と同じ傾向を示し、その後ゴール前ではストライドを大きくしてレースを終えている<sup>6)</sup>。本研究でも、ほとんどの被験者は100m最終の10m区間(90—100m)で最大ストライドを示した。この区間では前述したように、最大速度に比べ約5—6%の速度の低下が見られた。そのために、この区

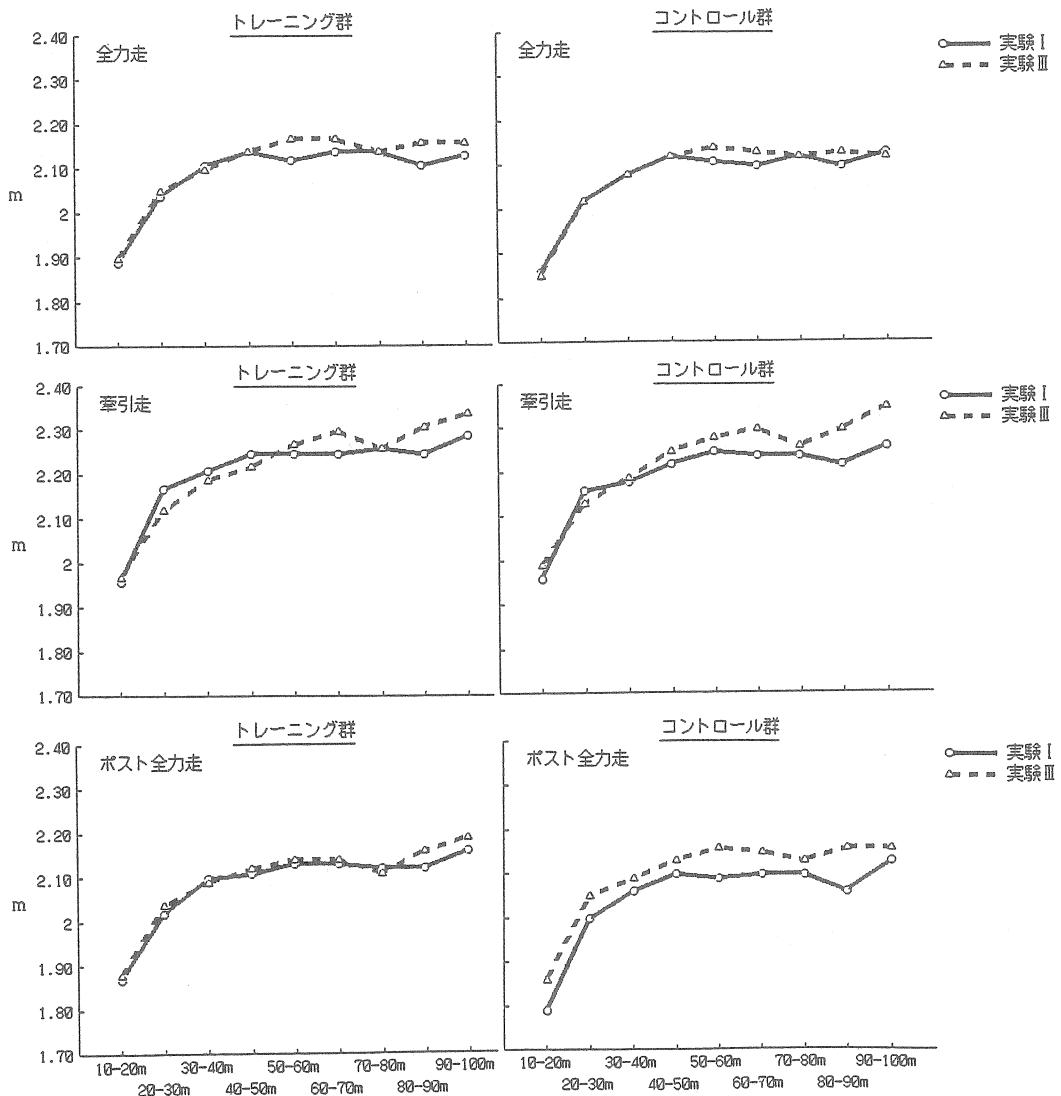


図3 トウ・トレーニング前後の各種100m走のストライド曲線の比較

間でのストライドは、必ずしも最大速度局面でのストライドとはいえない。したがって本稿では、最終区間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した。

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かった。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り、トウトレーニングの即時的效果をストライドに認めるることはできなかった。

最大速度での疾走時のストライドは最大ストライドに対し、トレーニング群ではトレーニング前後の全力走でそれぞれ97.4, 99.0%であり、他の試技ではほぼ98%台であった。

最大速度と最大ストライドの出現区間をトレーニング群で比較すると、全力走ではトレーニング前後で両者の出現区間は同じであった。しかし、最大速度が単独の区間で出現するのに対して、最大ストライドは複数の区間に出現し、最初の最大ストライド区間が最大速度区間に相当し、他はそれよりも後の区間に出現している。牽引走やポスト全力走では最大速度区間よりも遅れて最大ストライドに達していることが特徴的である。

ポスト全力走ではトレーニング群がほとんどの10m区間に於いて、トレーニング前後で小さくなる傾向があるのに対し、コントロール群ではその傾向が逆になっている。

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效果も認められなかった。

## 2) 区間のストライドについて

全力走におけるトレーニング前後および両群に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3)。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。

最大速度局面と速度持続局面では全力走および牽引走で、両群にトレーニング後にストライドの増加が見られた。ポスト全力走ではトレーニング群に比べ、コントロール群に両局面での効果が認められ、特に速度持続局面に大きな即時的な効果が見られた。

### 3) トレーニング経過でのストライド変化

図4は、実験Iで行われた張力2kgの最大下努力での牽引走における、40-60m区間のストライドを基準にしてトレーニング経過を示したものである。

各トレーニング時の同じ区間でのストライド変化を見ると、ほとんどの者がマイナスに位置し、最大マイナス8%以内でランダムな傾向を示しながら最終的には全員が低下して終了している。トウ・トレーニングでは最大下の90%努力で走行し、ピッチを高めて走るという指示もあって定量的・定性的なストライドパターンが出現しなかったものと思われる。

### (3) ピッチについて

#### 1) 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つたが、4.42から4.47f/sへと約1%増加する傾向があつた。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、トレーニング後では4.47から4.61f/sへと5%水準でそれぞれ有意な差が認められ、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との間にも有意な差( $P < .05$ )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效果が認められた。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。

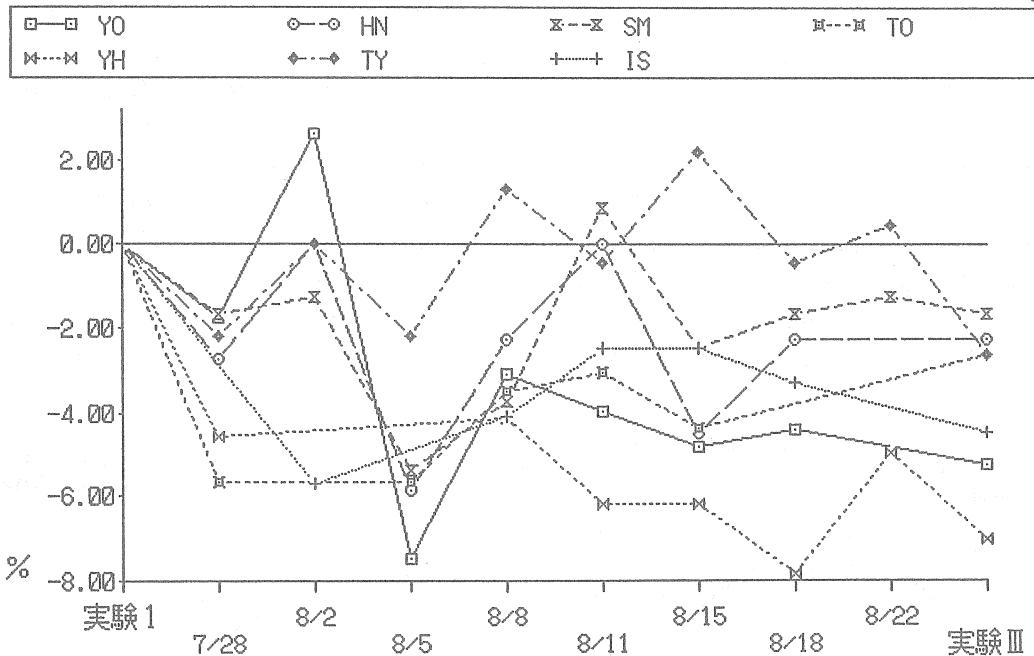


図4 最大速度局面のストライドのトレーニング前に対するトレーニング中の変化率(%)

トレーニング群の全力走に関してみると、トレーニング前では50–60m区間に、トレーニング後では30–40m区間に最大ピッチが出現し、トレーニング前後で最大速度出現区間を挟んで早期に最大ピッチの出現が移行している。すなわちより速いピッチの立ち上がりを見せストライドと対比的な傾向を示した。牽引走ではトレーニング前後とともに、最大速度が出現する直前の区間に最大ピッチが表われている。ポスト全力走ではトレーニング前後ともに最大速度と同じ区間に最大ピッチが出現している。

コントロール群での最大ピッチは、トレーニング前の試技ではポスト全力走–牽引走–全力走の順に最大速度出現区間の近くで出現している。また、トレーニング後の試技ではいずれも最大速度出現区間の2–3区間に前で最大ピッチに達している。ポスト全力走では、半数の者が最大速度と最大ピッチが同時に出現しているが、6名の平均で見ると2区間に前に出現を見る。このようにコントロール群では最大ピッチの出現が必ずしも最大速度に関連せず、常に最大速度に先行して最大ピッチが出現していることがわかる。

## 2) 区間のピッチについて(図5)

加速区間におけるトレーニング群のピッチの出現を見ると、トレーニング前後の牽引走に顕著な増加が見られる。このことを受けて、全力走におけるトレーニング前後のわずかな増加がポスト全力走で拡大している傾向を読み取ることができる。一方、コントロール群ではトレーニング前後の全力走における差が大きく、牽引走やポスト全力走では減少さえ示した。

最大速度局面でもトレーニング群では、牽引走とポスト全力走のトレーニング前後で大きな差が出現し、しかも、ポスト全力走ではこの区間のピッチの低下が著しく小さくなっている。コントロール群では全力走でトレーニング前後の差が大きく、牽引走、ポスト全力走へと試技毎に差が小さくなっている。

速度持続区間では両群とも全力疾走区間と同じ傾向を示すが、トレーニング群ではトレーニング前後の牽引走の差がそのままポスト全力走に持ち込まれていると考えられる。

以上のように、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、より顕著な即時的效果が引き出されたものと考えられる。このことは全力走、牽引走、ポスト全力走のピッチを同時に表わした図6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。

### 3) ピッチのトレーニング経過について

実験1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

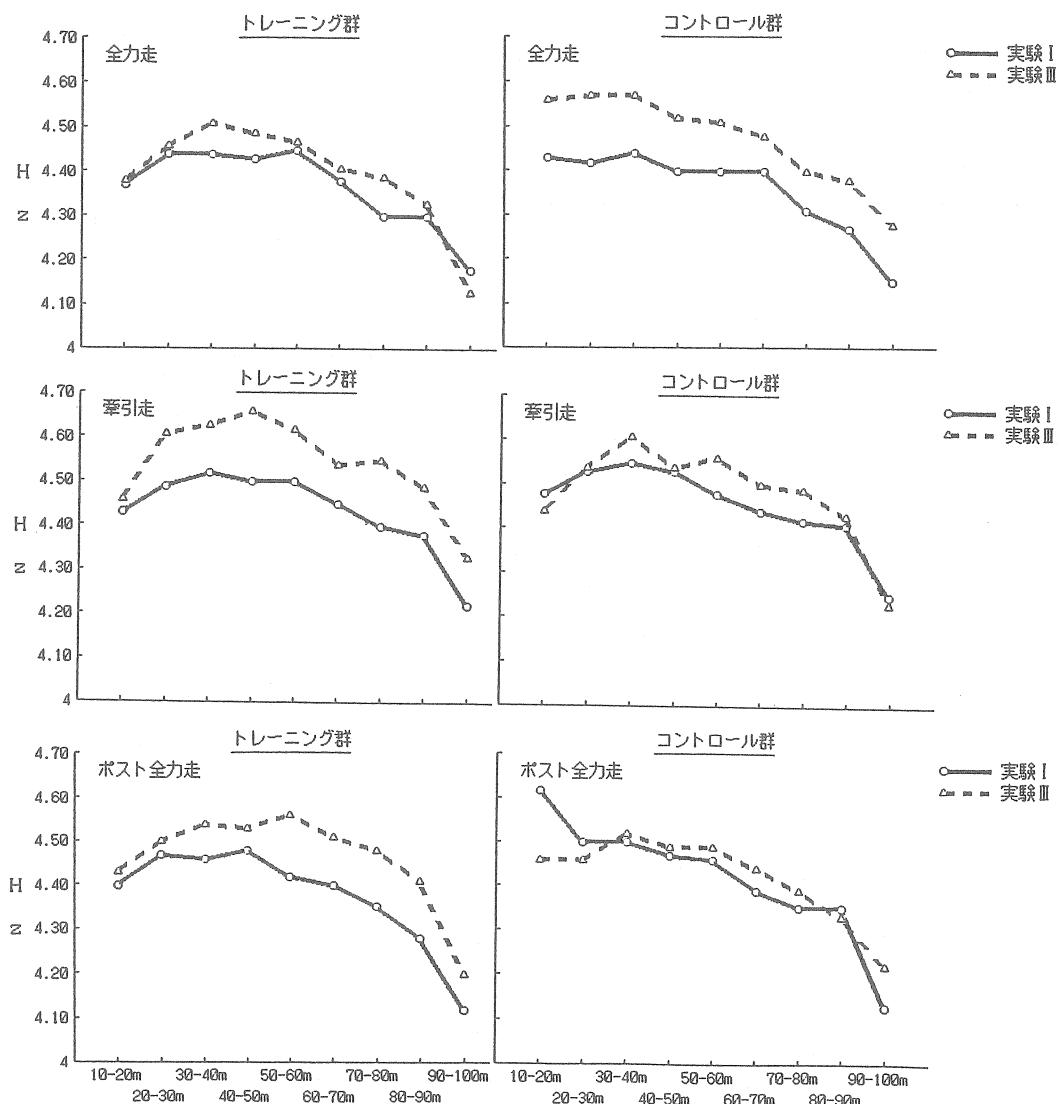


図5 トウ・トレーニング前後の各種100m走のピッチ曲線の比較—1

経緯を読み取ることができる(図7)。

#### (4) 疾走速度、ストライド、ピッチの関係

##### 1) 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

トレーニング群では全力走の疾走速度に、トウ・トレーニング効果としての有意な増加を示したが、ストライドとピッチの変化には有意な差がなく、両者の微増によって走速度の増加が計られたものと考えられ、特定はできなかった。

次に最大速度、最大ストライド、最大ピッチの出現の仕方をみていくこととする。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表われている。

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と一致する<sup>10)</sup>。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表わたった。

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。

##### 2) 走法の類型的個別性とトレーニング効果の違いについて

全力走のものを基準にして、最大ストライドを

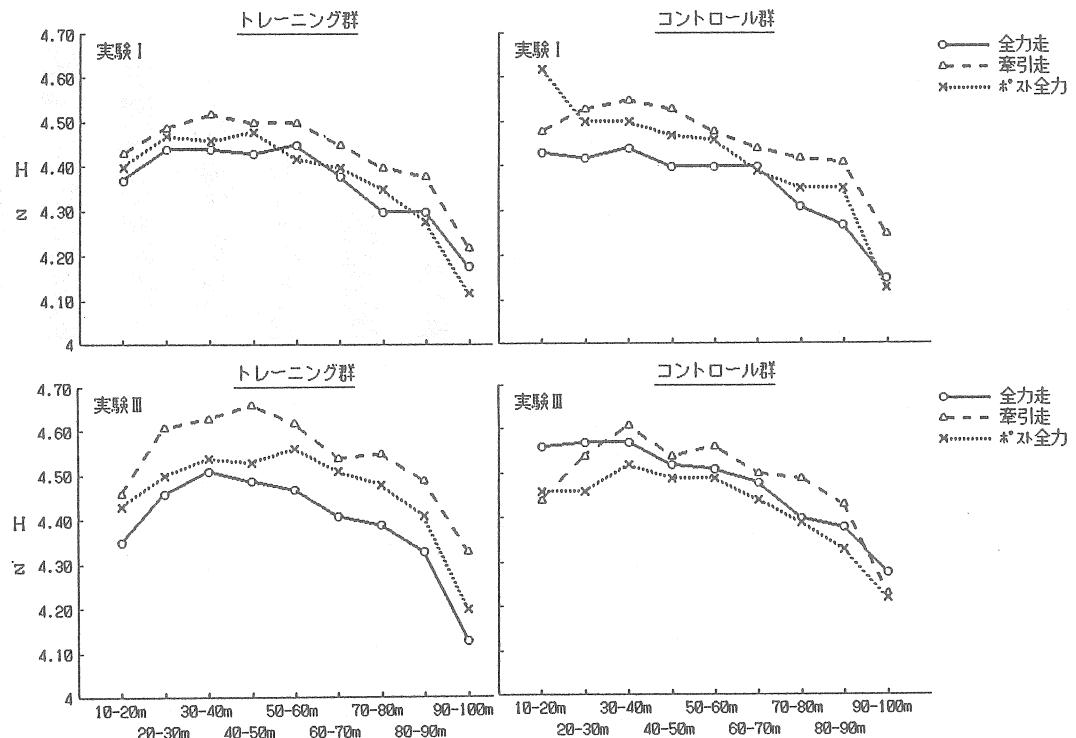


図6 トウ・トレーニング前後の各種100m走のピッチ曲線の比較—2

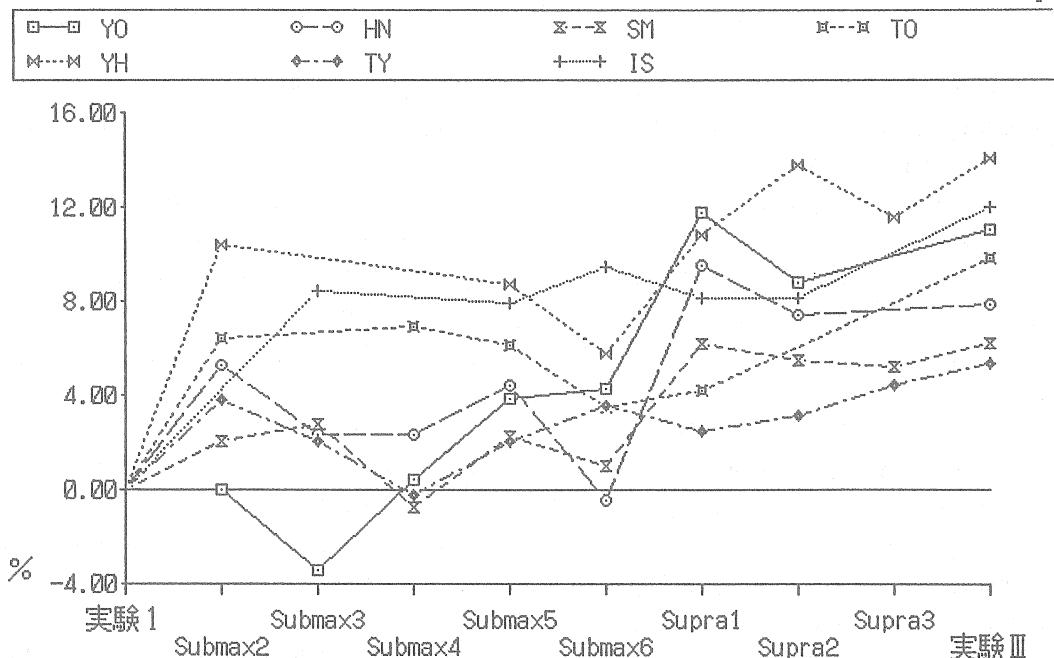


図7 最大速度局面のピッチのトレーニング前に対するトレーニング中の変化率(%)

身長比で表わしたのが図8である。

速度の変化をピッチとストライドから考えてみると、全力走に於いて身長に対するストライド比の大きい走法（ストライド型）の者ほどピッチの変化率が大きく、また逆に、ストライド比が小さい（ピッチ型）者はストライドの変化率が大きいことが分かる（図9）。また全力走、牽引走及びポスト全力走のそれぞれの速度変化を見ると、ストライド型の方がプラスの増加率が大きい傾向を示し、しかもピッチの貢献によるものと考えられる。トウ・トレーニングでは、このようにストライド比の高い者がピッチの向上に有効に作用し、杉浦らの研究結果<sup>15)</sup>との一致も見られた。

#### （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、疾走フォームの類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

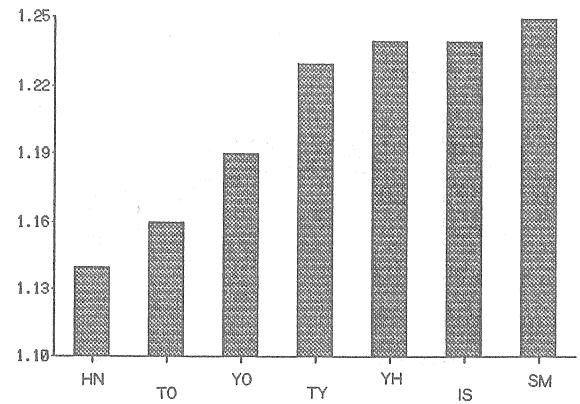


図8 トレーニング前の全力走での身長に対するストライド比

グ度が高い短距離選手である。被験者Yは400mHを専門とするストライド型の短距離選手であり、被験者Mは三段跳を専門とするストライド型の跳躍選手である。

図10の速度、ストライド、ピッチのトレー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。

### 1) 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(3 kg)、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、先行研究の結果と一致していた。また、一流選手の全速疾走において見られる動き<sup>10)</sup>とも同様であった。

大腿角は、接地時に関しては共通した傾向は見られなかったが、離地時の角度はトレーニング前後でともに増加を示していた。つまり、離地時に大腿の後方への伸展が抑えられていたことになる。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。

以上の結果を総合すると、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る。

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、

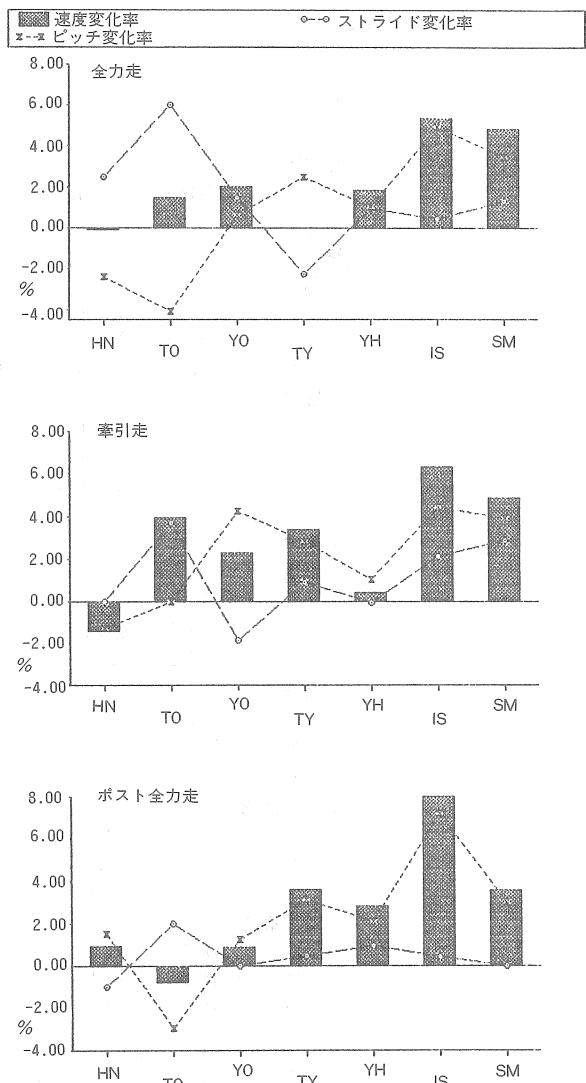


図9 トレーニング群における各種100m走の疾走速度、ストライド、ピッチのトレーニング前後の変化率(%)

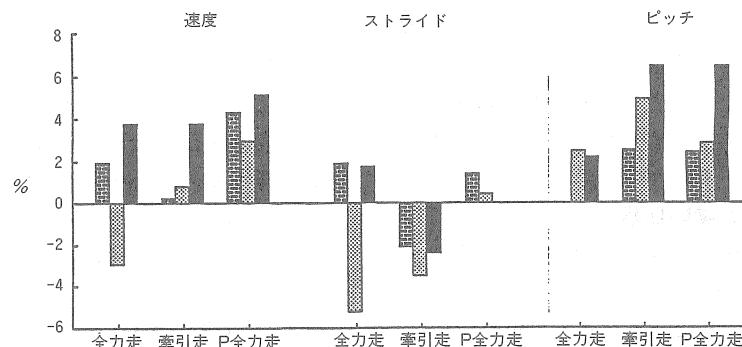


図10 各種100m走の疾走速度、ストライド、ピッチのトレーニング前後の変化率(%)

表2 トレーニング前後の種々の100m走（全力走、牽引走、ポスト全力走）における各局面の膝関節角度と大腿角

実験I、実験IIIの下肢関節および部分角度

| 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 |
| <b>膝関節</b> |       |       |       |       |        |       |
| 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 |
| <b>大腿角</b> |       |       |       |       |        |       |
| 接地時        |       |       |       |       |        |       |
| H          | 31.1  | 31.9  | 35.2  | 30.4  | 28.0   | 26.9  |
| Y          | 32.3  | 27.5  | 29.2  | 28.1  | 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  |

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ヶ月のトウ・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。

ポスト全力走について見ると、被験者により異なるため、トレーニング前後の変化に共通した傾向はあまり見られなかったが、離地時の膝関節角度がトレーニング前よりもトレーニング後の方が大きくなっていた。

## 2) 下肢関節の力学的仕事

ここでは動作分析から得られた、関節まわりの力学的仕事量 (J/kg) のトレーニング前後の変化を見るところとする。図11は全力走、牽引走(3 kg) およびポスト全力走における、膝関節まわりの筋

群がなした負の力学的総仕事を、トレーニング前に対するトレーニング後の変化率(%)として示したものである。

図11では、それらが被験者Mの牽引走を除く全ての試技での増加を示している。つまり膝のなした負の総仕事が、トレーニング後に増加したことを見ている。このときどの局面でその仕事が増減したのかを示したのが図12および図13である。図12は全力走のトレーニング前後での変化量( $\Delta J/kg$ )を各局面ごとに示したもので、図13は同様に、牽引走のトレーニング前後での変化量を示している。

図12、図13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と8において見られた。膝のなした負の総仕事が、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。

CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E.<sup>4)</sup>らは、スプリントでは膝関節の発揮する負のパワーが下腿の振り戻しに大きく関係し、これがスプリントにおける疾走スピード、ストライド、ピッチの増加に大きく関係してスプリントにおける疾走スピードの限定因子になると述べている。また阿江ら<sup>1)</sup>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、牽引走は先行研究と同様に、疾走速度の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、また膝屈曲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14は図11と同様に、腰関節まわりの筋群がなした正の力学的総仕事を、トレーニング前後の変化率(%)として示したものであり、被験者によってその値は大きく異なっていた。被験者HとYは全ての試技において減少を示していたが、被験者Mは全ての試技において増加を示していた。つまり被験者HとYについては、腰まわりの正の総仕事が、トレーニング前よりも減少したことを示している。

図15と図16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を、それぞれ全力走(図15)と牽引走(図16)について局面毎に示したも

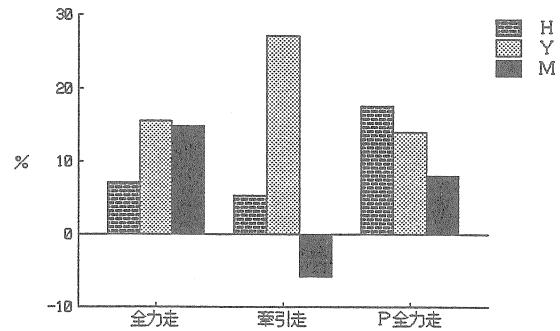


図11 膝の総負仕事のトレーニング前後の変化率(%)の比較

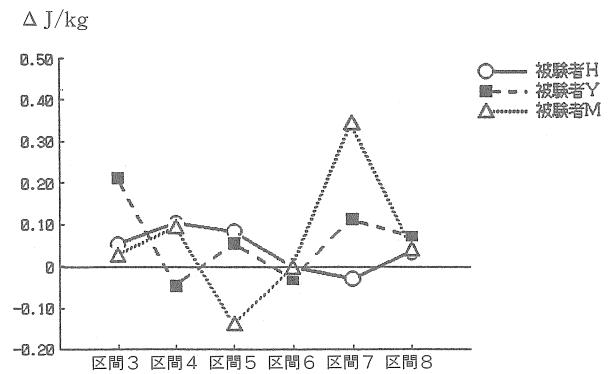


図12 全力走に関する膝の負仕事のトレーニング前後の変化量( $\Delta J/kg$ )の走サイクル局面間の比較

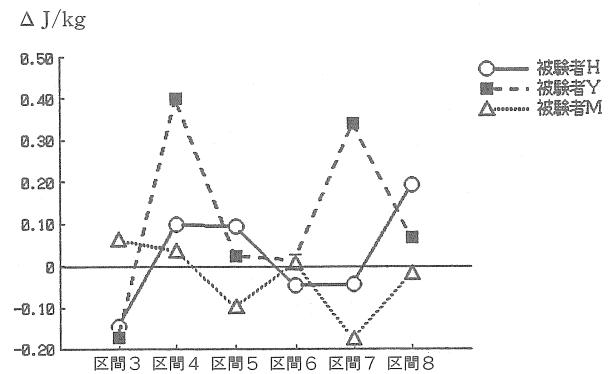


図13 牽引走に関する膝の負仕事のトレーニング前後の変化量( $\Delta J/kg$ )の走サイクル局面間の比較

のである。被験者HとYは回復期前半の局面3と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。

表2を見ると、牽引走のトレーニング前後の比較において、被験者HとYは離地時に大腿がより後方へ伸展されていた。また、逆足接地時の値を見るとトレーニング後の方が小さく、トレーニング前より脚の回復が遅れていた。しかし前述の様に、被験者HとYはトレーニング後での全力走と牽引走との比較では、脚の回復の遅れは見られなかった。

一方、被験者Mは牽引走のトレーニング前後の比較では、離地時の大腿がトレーニング後でより後方へ伸展されていたものの、その値は被験者HとYのトレーニング後の牽引走の値よりも6-7度小さく、それほど後方へ伸展されてはいなかつた。また、逆足接地時には24.6度、逆足離地時には11.3度トレーニング後の方が小さな値を示しており、脚の回復を極端に早めていたことがわかる。

図17は腰まわりの正仕事を、トレーニング前での全力走に対する牽引走の各局面での仕事変化を示す。同様に図18は、トレーニング後での全力走に対する牽引走の変化を示している。両図を比較してみると、被験者HとYは、トレーニング前(図17)では、局面3で正、局面4と5で負になっているが、トレーニング後(図18)では逆に局面3で負、局面4と5で正を示している。このことは、トレーニング前の牽引走では早い時期(局面3)に全力走より大きな仕事をし、トレーニング後では少し遅れた時期(局面4と5)に全力走より大きな仕事をしたことを示す。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。このことはトレーニング前後でも同じように早い時期(局面3)に全力走よりも大きな仕事をしたことを示している。

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

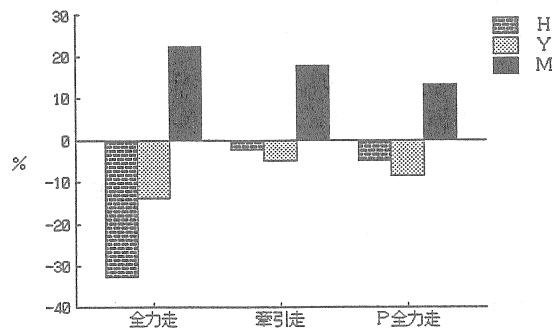


図14 腰の総正仕事をトレーニング前後の変化率(%)の比較

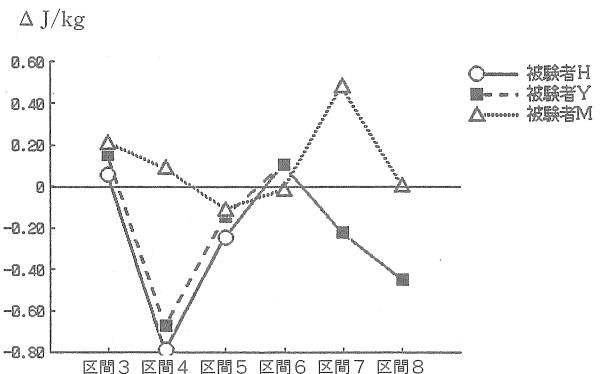


図15 全力走に関する腰の正仕事をトレーニング前後の変化量( $\Delta J/kg$ )の走サイクル局面間の比較

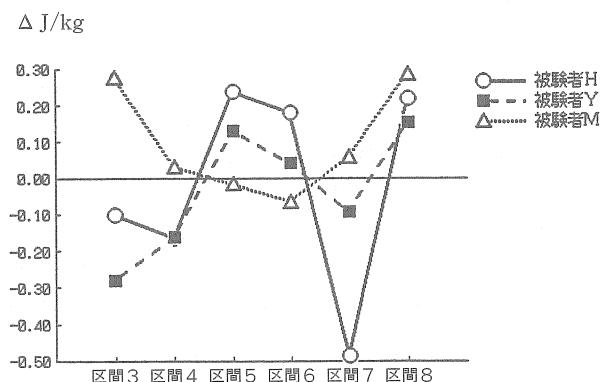


図16 牽引走に関する腰の正仕事をトレーニング前後の変化量( $\Delta J/kg$ )の走サイクル局面間の比較

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。

#### 4. まとめ

本研究では、20名の被験者のうち11名をトレーニング群、残り9名をコントロール群として1カ月間の等張性の漸進的トウ・トレーニングを、実験プロトコールに基づいてトレーニング群を行った。最初の3週間には最大下の努力での100m牽引(2 kg)、第4週目には最大努力での牽引走(3 kg)を漸進的な負荷の与え方で行った。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9.63 m/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效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) 全力走においてはストライドやピッチに有意な差が認められず、速度の増加は両者の微増であり因子の特定はできなかった。しかし100mの各区間でみると、最大速度局面や速度持続局面では両者に大きな増加がみられた。

(4) 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た。

(5) 100mでの最大速度は、全力走では最大スト

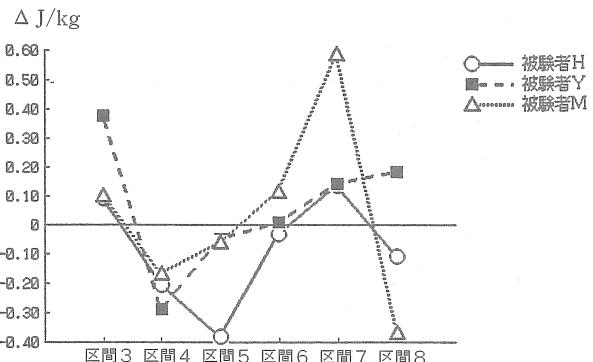


図17 トレーニング前の全力走に対する牽引走での腰の正仕事の変化の比較

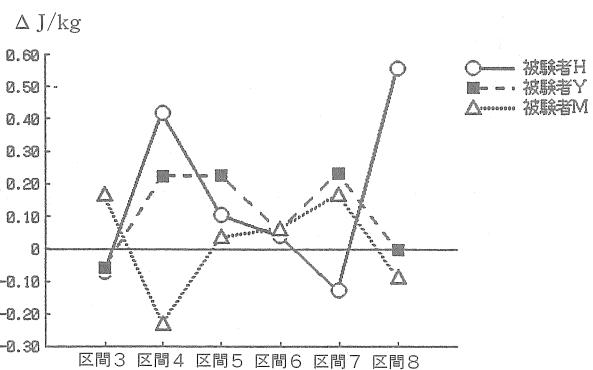


図18 トレーニング後の全力走に対する牽引走での腰の正仕事の変化の比較

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。

(6) ストライド比が大きい者(ストライド型)はピッチの変化が大きく、逆にこの比が小さい者(ピッチ型)はストライド変化率が高い傾向を示した。

(7) 漸進的な牽引負荷を通して、最大速度やピッチは順調なトレーニング経過を示したが、ストライドの変化に定性的な傾向を認めることはできなかった。

(8) 90%の最大下(Submaximal)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Supramaximal)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効果として、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。

う。

(9) 奉引走時の下肢関節の動きは、先行研究の報告と同様に接地時に大きく、離地時に小さくなる傾向を示した。

(10) トレーニング後の奉引走時の下肢関節は、トレーニング前もの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、全力での奉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。

(11) 全力走と比較した場合、奉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。

(12) 選手によっては、奉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ことは、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一特にその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) BOSEN, K.O.: Experimental speed training. Track Technique, 75: 2382-2385, 1978.
- 3) BOSCO, C., VITTORI, C.: Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. NSA, 1: 39-45, 1986.
- 4) CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E.: Kinetic limitations of maximal sprinting speed. J. of Bio-mechanics, 16: 79-83, 1983.
- 5) COSTELLO, F.: Training for speed using resisted and assisted methods. NSCA, 7-1, 1985.
- 6) グンドラッハ H: 歩幅・歩数からみられた100m疾走速度の研究。オリンピア, 20: 303-305, 1963.
- 7) MERO, A., KOMI, P.V.: Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. I.J.S.B., 1: 240-252, 1985.
- 8) 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.
- 9) MERO, A., KOMI, P.V.: Electromiographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal: Med. Sci. SportExerc. 19: 266-274, 1987.
- 10) 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.
- 11) 森田正利, 関岡康雄, 他: スプリントトレーニングの手段に関する基礎的研究。日本体育学会第40回大会号B, 585-, 1989.
- 12) 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效果。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.
- 13) 陸上競技マガジン。第38巻第13号, 1988.
- 14) SANDWICK, C.M.: Pacing machine. Athletic J. 47: 36-39, 1966.
- 15) 杉浦雄策, 青木純一郎: 奉引走が走法の異なる短距離選手のピッチとストライドに及ぼす影響。日本体育学会第39回大会号A, 312, 1988.
- 16) ZHUKOV, I.L., SHABANOV,B.V.: Tow training. Track Technique, 96: 3074-3075, 1986.

## I - 3 牽引走が100m走の加速および速度持続局面に及ぼす影響

阿江 通良, 村木 征人, 宮下 憲, 伊藤 信之, 森田 正利

### 緒 言

100mレースの前半では、わが国のスプリンターは外国の一流スプリンターとほぼ互角に戦うが、後半になると、いとも簡単に抜き去られる。このことから、わが国のスプリンターは、スタートおよび加速能力では外国の一流スプリンターにひけをとらないが、レース後半の高い疾走速度の持続能力に劣るということが定説のようになっている。

100m走のパフォーマンス向上させるためには、加速能力に優れ、大きな最大疾走速度を獲得できること、高い疾走速度が持続できることができて重要である。牽引走に関する最近の研究<sup>14)</sup>は、牽引走はスプリントにおける脚の専門的パワートレーニングであり、高い疾走速度を獲得するためのトレーニング手段として有効であることが報告されている。しかし、牽引走に関する研究の大部分<sup>3)9)10)11)14)</sup>は、全速疾走を対象としたもので、加速局面や速度持続局面における疾走速度、運動達成要素(ストライド、ピッチなど)、疾走フォームなどに関して牽引走の効果を研究したものはないようである。

本研究では、100m牽引走中の加速、全速、持続の各局面における疾走速度、関節角度、下肢筋群の力学的事業などを全力走の場合と比較することにより、牽引走が100m走の各局面におよぼす影響をとらえ、疾走能力のトレーニング手段としての有効性を検討した。

### 方 法

#### (1) 実験方法

##### 1) 被験者

被験者は、大学段階の男子陸上競技者20名(短距離選手7名、跳躍選手8名、混成競技選手5名)であり、いずれも長期にわたって計画的なトレーニングを行なっているものである。

#### 2) 実験試技

本研究課題の実験試技には、トウ・トレーニングの前後に実施した、プレ・テストおよびポスト・テストでの100m全力走と、全力での牽引走(Tow-2/Tow-3)を用いた。

##### 3) 牽引装置および実験装置

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”(ニシスポート社製)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ている光電管をおき、10m毎の通過時間を測定した。これと同時に、バイオメカニクス的なデータを得るためにスタートから20-30m、40-50m、75-85mの各区間を、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りした。

#### (2) 実験データの処理

##### 1) 疾走速度曲線

光電管から得られた10m毎の通過時間をもとに、スタート後10mから100mまでの10m毎の平均速度を計算し、疾走速度曲線を描いた。

##### 2) 映像分析

映像分析の対象となった被験者3名の試技が撮影されたビデオ画像から、身体上の計測点(23点)の座標を読みとり、画面に写し込んだ較正点をもと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)にわたって行なったが、データの平滑化や微分演算などを考慮して分析対象範囲の前後10コマを加えた。

##### 3) 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左足振り戻し開始で分け、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。

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およ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および大腿の部分角度を求めた。

## 結果

### （1）牽引走が100mの疾走速度曲線および運動達成要素に及ぼす影響

図1は、3種類の試技における疾走速度曲線を12名の被験者の平均値で示したものである。最高速度はいずれも40～50m区間で出現し、全力走では9.46m/s、TOW-2では9.95m/s、TOW-3では10.15m/sで、牽引走の速度は100mのほぼ全局面にわたって全力走を上回っている。また加速についてみると、牽引走の20～30m区間における速度は最高スピードの96～97%であったのに対し、全力走では約95%であった。一方、最高速度に対する80～90m区間の速度は、全力走では95.9～

96.3%，牽引走では96.9～97.0%であり、牽引走における速度維持率は世界の一流選手（約96.5～100%<sup>5)</sup>に近いものであった。

しかし、牽引により疾走速度が高まったとしても、走者のトレーニング度、疾走フォームなどにより、超最高速度への対応の仕方が異なることが報告されている<sup>13)</sup>。そこで、本研究では、タイプの異なる3名の被験者の全力走と牽引走（3kg）を事例として比較しながら、加速、全速、持続の各局面への牽引走の影響を検討することにする。

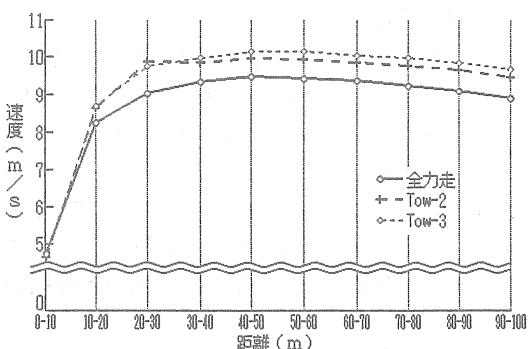


図1 100m全力走および牽引走の速度曲線  
(20名の平均値)

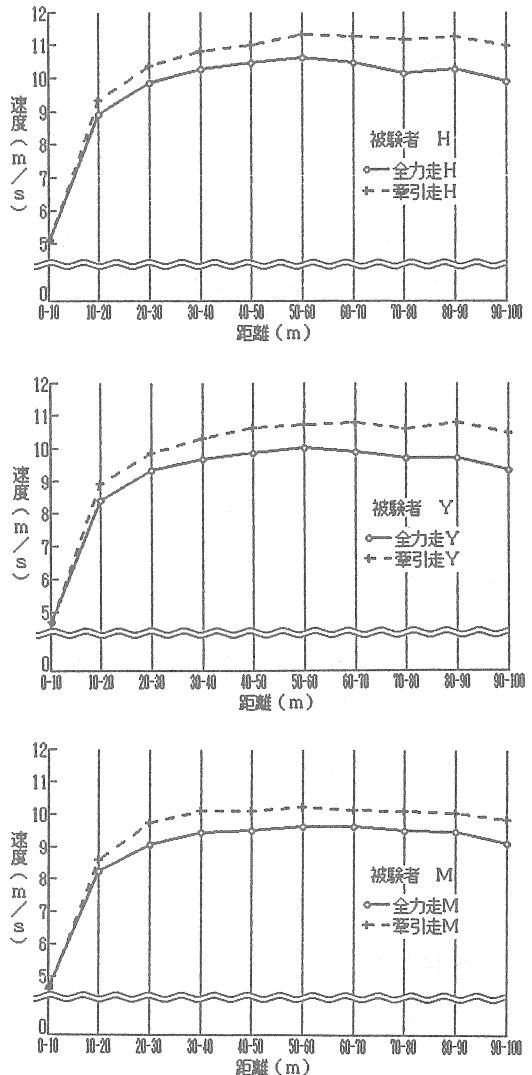


図2 100m全力走および牽引走の速度曲線  
(上から被験者H, Y, M)

図2は、3名の典型的な被験者の全力走および牽引走(3 kg)における速度曲線を示したものである。被験者Hは短距離選手で、トレーニング度が高く、ピッチ型の特徴をもっている。被験者Yは400mハードルを専門とする長身(1.8m)の短距離選手、被験者Mは三段跳を専門とする長身(1.8m)の跳躍選手で、疾走フォームのタイプはストライド型である。

図2からわかるように、短距離選手HとYでは全力走、牽引走とも被験者Mより最高速度が大きい。また、速度維持率は全力走では被験者Mの方がよいが(98.4% VS 96.8, 96.6%)、牽引走では被験者H(99.4%)とY(99.9%)の方が被験者M(98.3%)よりも優れている。

図3は、これら3名の被験者の牽引走(3 kg)における加速、全速、持続の各局面での速度、ストライド、ピッチの全力走に対する変化率を示したものである。

加速局面をみると、いずれの被験者もストライドよりもピッチの変化率の方がやや大きく、この局面では牽引走の速度増加がピッチの増加によってもたらされていることがわかる。さらに、支持期および非支持期の時間を検討すると、ピッチの増加は支持期後半の時間短縮によるものであった。

全速局面では速度増加の要因がストライド(H)、ピッチ(Y)、ストライドとピッチの両方(M)によるものが見られる。これらを被験者ごとに検討すると、超最高速度への対応の仕方に相違があることがわかる。すなわち、被験者Hのストライド増加は支持期距離の増加により、被験者Yのピッチ増加は支持期後半の時間短縮により、被験者Mのストライド増加は非支持期距離の増加により、そしてピッチ増加は支持期後半の時間短縮により生じたものであった。これらの増加の要因を被験者の疾走フォームのタイプに関連づけると、全力走におけるピッチが4.88Hzと非常に高いピッチ型の被験者Hは、ストライドの増加によって超最高速度に対応したと考えられる。一方、ストライド型の被験者Yでは、ピッチの増加によって対応していると言えよう。

持続局面では、被験者Hは支持期前半距離の増加(13cm)によるストライドの増加を示した。

方、ストライド型の2名は非支持期距離の増加によりストライドが、支持期後半の時間短縮(10ms)によりピッチが増加した。このうち、ストライドの変化には相違がみられ、被験者Yでは支持期距離は全力走の場合より1 cm減少したのみであるが、非支持期距離が21cm増加した。ところが、被験者Mでは非支持期距離は18cm増加したが、支持期距離が15cm減少したため、ストライドの増加は小さ

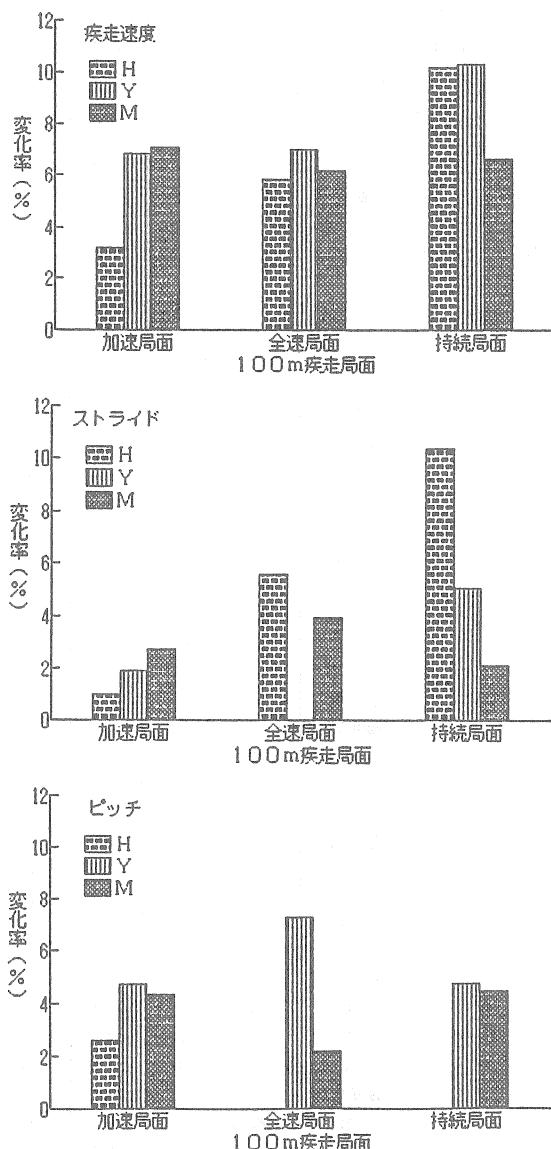


図3 100m全力走に対する牽引走の疾走速度、ストライド、ピッチの変化率

かった。

## (2) 牽引走が膝関節角度および大腿角度の変化に及ぼす影響

表1は、支持期における脚のキックの指標である膝関節角度および回復脚の状態を表わす大腿角度を全力走および牽引走の加速、全速、持続の各局面について示したものである。

加速局面における膝関節角度は、牽引走では全力走と逆の変化を示し、いずれの被験者も離地時の方が接地時よりも小さい。大腿角度をみると、被験者により異なる変化を示すが、牽引走では離地時の大腿角度が小さく、離地時における大腿の後方伸展が小さくなる傾向が見られる。また逆足の接地時および離地時の大腿角度は小さくなる傾

向があり、大腿の上がり方は牽引走の方が小さくなっている。

全速局面における膝関節角度は、全力走では被験者により異なる変化を示すが、牽引走ではいずれの被験者も接地時の方が離地時よりも大きい。支持期における大腿角度の変化にも個人差があるが、全力走の場合よりも動作範囲が小さくなる傾向がみられる。回復期では、牽引走の大腿角度は全力走の場合よりも逆足の接地時、離地時とも大きくなっている。大腿の回復が早く、大腿がよく上がっていることを示している。

持続局面では、全力走における膝関節角度の変化には個人差がみられるが、牽引走ではいずれの被験者も接地時が離地時よりも大きくなっている。しかし、牽引走の全速局面や全力走の持続局面に

表1 100m 全力走および牽引走(3kg)の加速、全速、持続局面における膝関節角度および大腿角度の変化

| 測定項目         | 加速局面  |       |       | 全速局面  |       |      | 持続局面  |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
|              | 全力走   | 牽引走   | 牽-全   | 全力走   | 牽引走   | 牽-全  | 全力走   | 牽引走   | 牽-全   |
| <b>膝関節角度</b> |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| 接地時          |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| H            | 144.5 | 152.4 | 7.9   | 149.6 | 153.4 | 3.8  | 154.0 | 158.7 | 4.7   |
| Y            | 146.3 | 154.4 | 8.1   | 152.9 | 155.0 | 2.1  | 147.2 | 156.3 | 9.1   |
| M            | 149.5 | 148.7 | -0.8  | 154.1 | 156.3 | 2.2  | 151.0 | 154.7 | 3.7   |
| 離地時          |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| H            | 154.7 | 151.7 | -3.0  | 152.6 | 143.8 | -8.8 | 144.3 | 148.3 | 4.0   |
| Y            | 149.8 | 148.7 | -1.1  | 146.4 | 146.5 | 0.1  | 147.8 | 151.1 | 3.3   |
| M            | 150.7 | 146.7 | -4.0  | 151.9 | 145.1 | -6.8 | 153.2 | 142.0 | -11.2 |
| <b>大腿角度</b>  |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| 接地時          |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| H            | 27.7  | 29.0  | 1.3   | 31.9  | 30.4  | -1.5 | 29.1  | 31.5  | 2.4   |
| Y            | 31.8  | 30.7  | -1.1  | 27.5  | 26.1  | -1.4 | 27.0  | 27.2  | 0.2   |
| M            | 26.8  | 27.1  | 0.3   | 25.1  | 29.1  | 4.0  | 30.4  | 28.0  | -2.4  |
| 離地時          |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| H            | -27.6 | -22.0 | 5.6   | -25.0 | -23.8 | 1.2  | -18.8 | -22.7 | -3.9  |
| Y            | -21.9 | -23.7 | -1.8  | -23.4 | -22.1 | 1.3  | -26.8 | -23.0 | 3.8   |
| M            | -25.1 | -19.8 | 5.3   | -23.5 | -16.7 | 6.8  | -27.1 | -14.2 | 12.9  |
| 逆足接地         |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| H            | 24.7  | 12.5  | -12.2 | 10.2  | 23.0  | 12.8 | 21.7  | 16.3  | -5.4  |
| Y            | 29.2  | 26.9  | -2.3  | 18.7  | 25.1  | 6.4  | 14.6  | 20.6  | 6.0   |
| M            | 24.3  | 26.2  | 1.9   | 24.7  | 31.7  | 7.0  | 15.3  | 27.6  | 12.3  |
| 逆足離地         |       |       |       |       |       |      |       |       |       |
| H            | 82.4  | 78.1  | -4.3  | 74.4  | 85.7  | 11.3 | 76.7  | 79.0  | 2.3   |
| Y            | 87.7  | 84.8  | -2.9  | 77.5  | 79.0  | 1.5  | 77.9  | 84.2  | 6.3   |
| M            | 81.0  | 77.3  | -3.7  | 77.5  | 77.3  | -0.2 | 68.4  | 75.4  | 7.0   |

おける離地時の膝関節角度と比べると、短距離選手HとYでは牽引走の持続局面の方が大きいが、被験者Mでは逆に持続局面の方がかなり小さい。支持期における大腿角度をみると、短距離選手HとYでは膝関節角度と同様な傾向を示すが、被験者Mでは離地時における大腿の伸展が全力走よりも12.9度小さい。回復期では、ストライドの増加した被験者Hでは、全力走よりも逆足接地時の大腿角度が小さく、大腿が流れる傾向にあるが、他の2名は大腿が早く前方へ引出されている。

### (3) 牽引走が腰および膝における力学的仕事を及ぼす影響

図4は、牽引走の回復期において腰関節まわりの筋群がなした正の力学的仕事を、全力走との差で示したもので、正の値は牽引走の場合が全力走よりも大きいことを示している。また図5は、膝関節まわりの筋群がなした負の力学的仕事を同様にして示したものである。これらの図において局面3から5は回復期前半を、局面6から8は回復期後半を示し、短距離疾走では回復期前半では腰屈筋群および膝伸筋群が、後半では腰伸筋群および膝屈筋群がそれぞれ優位に活動していることが知られている<sup>1)4)8)15)</sup>。

加速局面についてみると、腰では回復期全体では全力走よりも仕事は小さく、被験者Hでは局面8における腰伸筋群の仕事の減少が特に著しい。一方、被験者Mでは、かなりのばらつきがみられるが、全体としては牽引走の方が大きい傾向を示す。また膝では、回復期全体ではいずれの被験者も牽引走の方が大きい。しかし増加の仕方には個人差がみられ、被験者HおよびMでは主として膝屈筋群の、被験者Yでは膝伸筋群の仕事が大きい。

全速局面についてみると、腰ではいずれの被験者も牽引走の方が大きい。しかし被験者HとYでは腰の屈筋群および伸筋群が、被験者Mでは伸筋群が大きい。膝では、かなりの個人差があり、一般的な傾向は見出せないが、短距離選手HとYでは回復期後半の膝屈筋群の負仕事が増す傾向にあるのに対し、被験者Mではむしろ減少する傾向を示している。

持続局面についてみると、かなりの個人差がみ

られる。しかし短距離選手HとYでは、腰屈筋群の正仕事が大きく、またピッチの増加が大きかった被験者Yでは腰伸筋群の正仕事も大きい。一方、被験者Mでは、腰の屈筋群、伸筋群ともに小さい。これは、離地時における膝関節および大腿の伸展が小さかったことと関連していると考えられる。膝関節では、回復期全体としてはいずれの被験者も全力走を大きく上回っている。しかし、各局面

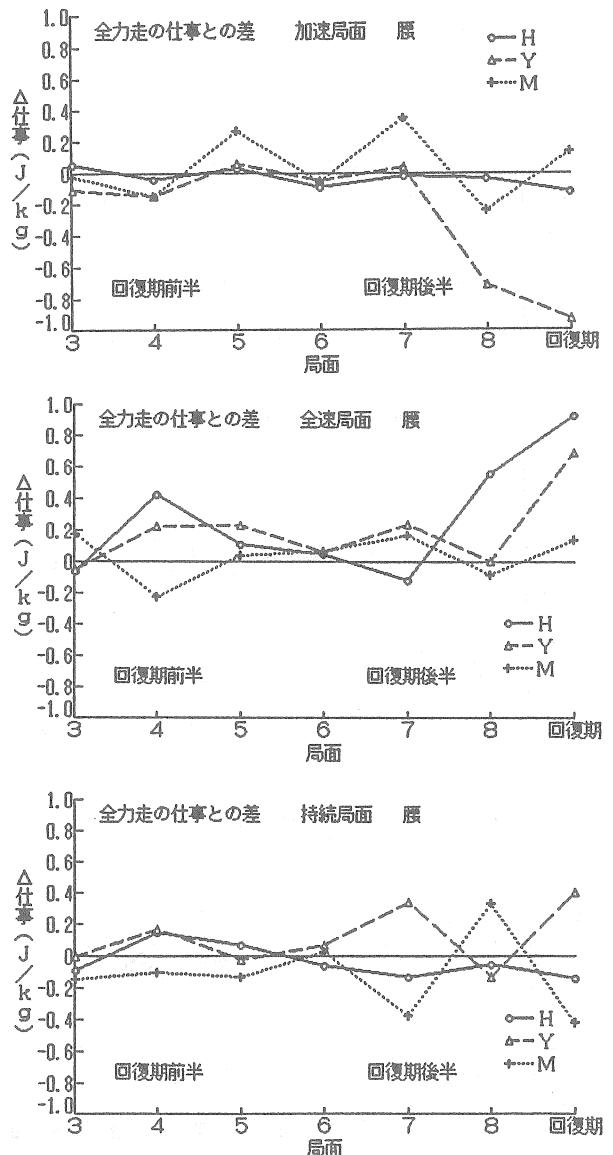


図4 100m全力走に対する牽引走の回復期における腰の正仕事の変化

の変化には腰関節と同様に個人差が大きく、被験者HとYでは回復期前半で膝伸筋群が、さらに被験者Hでは局面7において膝屈筋群が大きな仕事をしている。一方、被験者Mでは後半の膝屈筋群の仕事が大部分を占め、離地直後（局面3, 4）の膝伸筋群の仕事は全力走の場合よりも小さい。

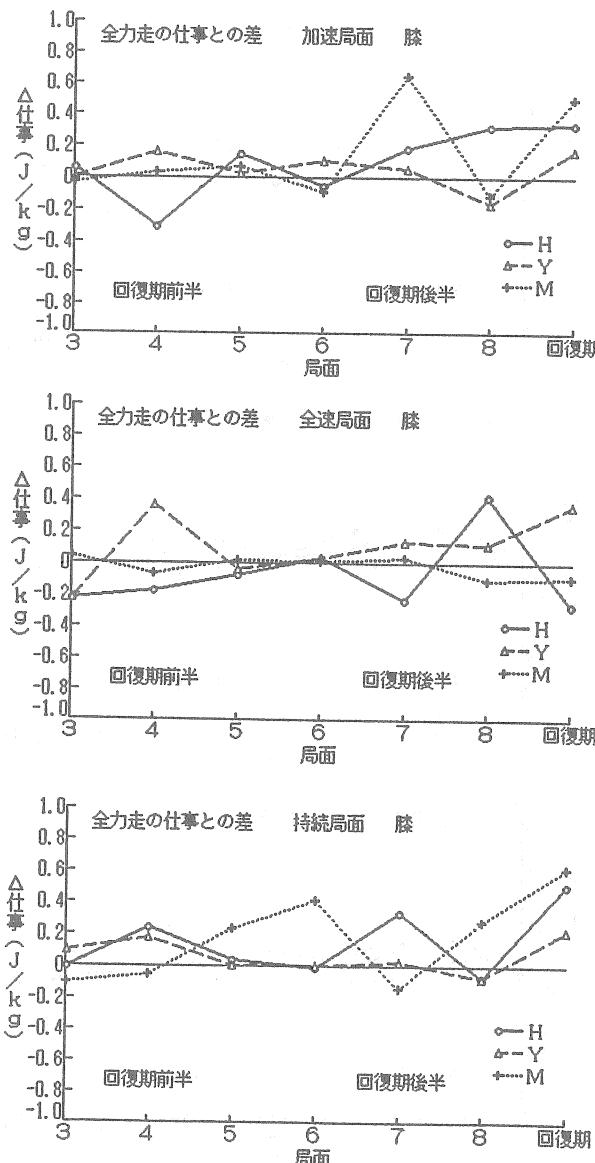


図5 100m全力走に対する牽引走の回復期における膝の負仕事の変化

## 考 察

### (1) 100m走のバイオメカニクス

牽引走が100m走の各局面のトレーニングに有効かを検討するまえに、まず実際の全力100m走におけるバイオメカニクス的な変量の変化をこれまでの研究結果<sup>2)6)7)13)15)16)17)</sup>をもとに、まとめることにする。

100m走では、スタート後30mまでは主にストライドの増加により疾走速度が増加し、その後60m地点で最高速度に達するまではストライドは余り変化せず、ピッチが主として増加する。その後、疲労により疾走速度は徐々に低下し、80mから90m地点では速度が3-4%低下し、それにともなってピッチは9%あるいは0.25-0.3Hz減少する。また持続局面のストライドは、2-6%増加するというものが<sup>7)</sup>と、逆に2-5cm減少するというもの<sup>2)6)17)</sup>があり、ストライドの増減については一定した結論が得られていない。

疾走フォームの変化については、加速局面における脚の屈伸の大きい、いわゆるピストン型から全速局面では腰を中心としたスイング型へ変化する<sup>13)</sup>。そして持続局面では、支持期前半距離が増加し（ブレーキが増加）<sup>15)</sup>、離地時における脚伸展が増加してキックの方向が上向きになる<sup>17)</sup>。また回復期では、脚の回復が遅れて大腿の前上方への引上げが減少し、さらに回復期後半の振り戻し方向が水平から垂直に変化することなどが報告されている<sup>18)</sup>。

図6は、12名の短距離選手（100m  $10.73 \pm 0.2$ 秒）に100m全力走を行なわせたときの下肢筋群によりなされた力学的仕事が、スタート後1歩め、5歩目、30, 50, 80m地点においてどのように変化するかを8局面に分けて示したものである<sup>2)</sup>。図には、各局面（図の左から順に局面7, 8, 1と続き、右が局面6）における仕事が0.5J/kg以上のものを矢印で、さらに1.0J/kg以上のものは数字で示されている。また、正負の符号は正仕事および負仕事を、IあるいはDは変化が統計的に有意なもの（サインテスト）を示し、それぞれ増加あるいは減少を意味している。

このデータでは、疾走速度は50m地点で最高（ $9.83 \pm 0.19$ m/s）になり、80m地点では $9.63 \pm$

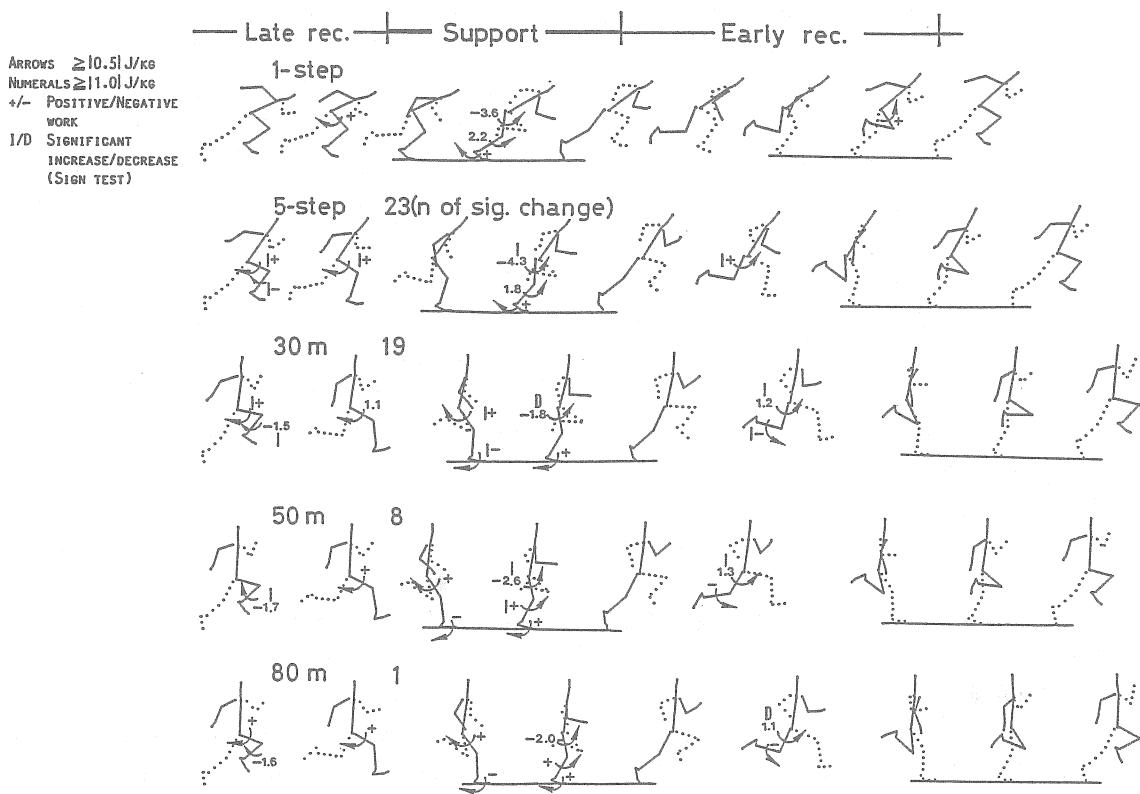


図6 100mの各局面における下肢筋群の力学的仕事の変化(AE, M., et al.<sup>2)</sup>)

0.22m/sに低下した。またピッチは30m地点( $4.62 \pm 0.25$ Hz)で、ストライドは50m地点( $2.18 \pm 0.08$ m)で最高になり、80m地点におけるピッチ( $4.46 \pm 0.19$ Hz)は30, 50m地点よりも有意に低下した。

30m地点では、5歩めよりも回復期後半の腰伸筋群および膝屈筋群の仕事が増し、支持期前半では足底屈筋群と腰伸筋群の、回復期前半では局面4で腰屈筋群および膝伸筋群の仕事が有意に増加している。

50m地点では、30m地点でみられた増加がさらに大きくなり、しかも支持期後半における膝伸筋群の仕事が、腰屈筋群とともに増加している。

80m地点で有意に減少したのは、局面4における腰屈筋群の正仕事のみであり、また支持期後半の腰屈筋群の仕事も50m地点よりも減少する傾向にある。これらの筋群は、脚の回復を早め、大腿の引きつけに関与していると考えられるので、100

m走後半において疾走速度が低下し、大腿の回復が遅れて前上方に上がらなくなるのは、この筋群のパワーの低下によるところが大きいと考えられる。したがって、この筋群のパワー持久力の強化が、100mの専門的トレーニングの目標の1つになると考えられる。

## (2) 牽引走による影響とトレーニングへの示唆

牽引走における疾走速度は、100m走の全局面にわたって全力走を上回っており、速度維持率は一流スプリンターに近いものであった。このことは、牽引走を行なうと、100mの全体にわたって一流スプリンターのレースペースが体験でき、牽引力を適切に設定することによって理想とするレースのシミュレーションが可能であることを示すものと考えられる。

牽引走への対応の仕方にはかなりの個人差がみられたが、ここでは3名の被験者に共通的にみら

れる特徴をもとに、牽引走の100m走の各局面のトレーニングへの示唆を引出すことにする。

### 1) 加速局面

牽引走の加速局面における疾走速度の増加は、ピッチの増加によるものであり、それは主に支持期後半の時間短縮によって生じていた。疾走フォームは、全力走に比べて、支持期における膝、大腿の伸展が小さく、すでに全速疾走フォームに近いものであった。また、回復期における力学的仕事は、短距離選手では腰屈筋群に関しては小さかった。

加速局面では、脚の伸展によりストライドが増加して身体が加速され、腰および膝の筋群による力学的仕事が大きいことを考えると、牽引走では脚のキックが不十分になる可能性が大きいと考えられる。したがって、牽引走は加速局面あるいは加速疾走のトレーニング手段としては適切ではないと考えられる。

### 2) 全速局面

全速局面では、疾走フォームのタイプによって超最高速度への対応が異なるが、いずれの被験者もこれまでの研究報告と同様に、ストライドの増加がみられた。また、離地時の膝関節角度は接地時よりも小さく、一流選手が全速疾走において示す膝関節角度の変化<sup>12)</sup>によく似たものであり、大腿の回復も早かった。大きなピッチに適応できる疾走フォームの身についている短距離選手では、回復期後半における膝の屈筋群の負仕事も大きかった。

これらのことから、牽引走は全速疾走局面あるいは最高速度を高めるためのトレーニング手段としては極めて有効であることが確認された。

### 3) 持続局面

持続局面における疾走速度は、牽引走の方が大きく、速度維持率も短距離選手では高く、ストライドも増加した。また短距離選手では、離地時の膝関節角度が大きくなり、大腿が全速局面よりも後方に流れる傾向がみられた。しかし、支持期後半のキックを小さくし、脚の回復の先取りを強調しているものはそのような傾向は見られなかった。そして後者の場合には、支持期距離が大きく減少し、結果的には速度維持率は低くなつた。また、

短距離選手では、回復期前半の腰屈筋群の正仕事は全力走よりも大きかった。

これらのこととは、持続局面では、ピッチを余りにも強調しすぎて、支持期における脚のキックが不十分(いわゆる、空回り)になると、実際の100m走とはやや異なった疾走フォームになり、筋群の仕事が減少する恐れのあることを示唆していると考えられる。したがって、先に述べたように、全力走の80m地点では局面4(回復期前半)の仕事が有意に減少したことを考えると、牽引走は、支持期距離が著しく減少しないように留意すれば、負荷のかけにくい腰屈筋群の専門的パワー持久力のトレーニング手段として有効であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 阿江通良, 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, pp.229-239, 1986.
- 2) AE, M., et al.: Change in functions of the lower limb muscles in 100m sprint. Congress Proceedings of XII ISB Congress at UCLA, p. 131, 1989.
- 3) BOSCO, C., VITTORI, C.: Biomechanical characteristics of sprint running during maximal and supra-maximal speed. NSA, 1: 39-45, 1986.
- 4) CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E.: Kinetic limitations of maximal sprinting speed. J. of Bio-mechanics, 16: 79-83, 1983.
- 5) DICK, F.W.: Development of maximum sprinting speed. Track Technique, 109: 3475-3480/3491, 1989.
- 6) 金子公宥, 北村潔和: 100m疾走中のスピード変化に関する要因のキネシオロギー的分析。体育の科学, 25: 109-115, 1975.
- 7) LEVTSHENKO, A.: Speed dynamics in women's sprinting. Track Technique, 108: 3459, 1989.
- 8) MANN, R.V.: A kinematic analysis of sprinting. Med. and Sci. Spo. & Exec. 13: 325-328, 1981.

- 9) MERO, A., KOMI, P.V.: Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. IJSB 1 : 240-252, 1985.
- 10) MERO, A., KOMI, P.V.: Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds insprints. Eur. J. of Appl. Physiol., 55 : 553-561, 1986.
- 11) MERO, A., KOMI, P.V.: Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from submaximal to supramaximal. Med. and Sci. in Sports and Exec., 19 : 266-274, 1987.
- 12) 宮下 憲, 他:世界一流スプリンターの疾走フォームの分析。J.J.S.S.,15 : 892-898, 1986.
- 13) 村木征人, 宮川千秋:短距離疾走の加速過程における運動の変化-歩幅, サイクル数, 上体の前傾, および下肢関節群を中心として。東海大学紀要体育学部, No.3, pp.55-72, 1973.
- 14) 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効果。昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No.X, pp.9-27, 1989.
- 15) SIMONSEN, E.B., et al.: Activity of monoandbiarticular leg muscles during sprint running. Eur. J. Appl. Physiol., 54 : 524-532, 1985.
- 16) TUPA, V., et al.: Biomechanics of the take-off in running -II-. Soviet Sports Review, 19 : 78-82, 1984.
- 17) YAKIMOVICH, D.: Why does running speed drop? Soviet Sports Review, 21 : 22-23, 1986.

## II. トウ・トレーニングとプリオメトリック・トレーニング 併用がスプリント走能力向上に及ぼす影響

成澤 三雄, 金久 博昭, 山本 正嘉, 黒川 貞生, 山本 利春  
前河 洋一

### 緒 言

短距離選手のランニングスピードを向上させるためのトレーニング方法の一つとして、スプリントアシstedド・トレーニングがある。このトレーニングはスプリント疾走での脚の速いスイングを向上させようとするものである。その方法にも種々のものがあるが<sup>2)4)</sup>、等張力性牽引装置を用いた牽引走は、走者のランニングスピードに対応した負荷がかけられることから、牽引力が過負荷となることも少なく安全性の面では問題が少ないとされている<sup>9)12)14)</sup>。しかし、トレーニングの有効性に関しては、その資料も少なく検討しなければならない点は多々ある。

たとえば、ランニングスピードはピッチとストライドによって決まる。牽引することによりランニングスピードは増加するが、この増加はやはりピッチとストライドの増加によるものである<sup>8)9)14)</sup>。しかし、牽引走においてはストライドが伸びるにともない着地時の地面に対する下腿の傾きが大きくなる傾向にある<sup>5)9)</sup>。このことは着地時に脚に大きな衝撃力がかかることとなり<sup>6)7)</sup>、それを干渉することが出来ない場合には脚が後ろに流れるフォームをとる原因となる。このような場合にはピッチの増加もあまり望めず、スプリントアシstedド・トレーニングの目的でもある速い脚の動きを達成できることとなる。

牽引走での着地時に脚に加わる衝撃力が大きくなった場合にも、それに抗するだけの脚筋力が發揮できるならば、フォームに変化を生じさせずにさらに速い脚のスイング運動を行える可能性が考えられる。そのためには脚筋の伸張性収縮の能力が重要となる。

そこで、トウ・トレーニングとプリオメトリック

ク・トレーニングを併用した場合それがスプリント走能力にどのような影響を及ぼすかにつき検討した。

### 被検者及び実験方法

#### 1) 被検者

被検者は大学の陸上競技部員であり、短距離種目を専門にトレーニングしている8名であった。まず、この8名に対し100m全力走及び10m助走の100m加速走のタイムトライアルを行い、それぞれのタイムを参考にT, TPの2群に分け、両群間に能力差がないように考慮した。なお、各被検者の形態及び競技能力のプロフィールは表1に示した。

#### 2) トレーニング方法

トウ・トレーニングあるいはプリオメトリック・トレーニングは被検者が通常行っているトレーニングに加える形で行った。

すなわち、T群は週2日の頻度でトウ・トレーニングを加えた。また、TP群はさらに別の日に週2日の頻度でプリオメトリック・トレーニングも行った。そして、両群共にトレーニング期間は6週間とした。

なお、トウ・トレーニングはSPEEDMAX(ニシススポーツ社製)を用い、被検者を5kgの牽引力で等張性に牽引した。牽引距離は20mの助走を行わせた後の約70mとした。そして、各被検者はこの牽引走を1日に2回行った。

また、TP群はプリオメトリック・トレーニングとして、1日に立5段跳び5本、立10段跳び2本を行った。

#### 3) 測定項目とその方法

##### A スプリント能力の測定

6週間にわたるトレーニングによりスプリント

表1 被検者の身体特性及び記録

| 被検者          | 身長<br>cm | 体重<br>kg | LBM<br>kg | (100m記録)         |                    |                    |
|--------------|----------|----------|-----------|------------------|--------------------|--------------------|
|              |          |          |           | 自己<br>ベスト<br>sec | 1989<br>ベスト<br>sec | トレーニ<br>ング前<br>sec |
| <b>(T群)</b>  |          |          |           |                  |                    |                    |
| 1            | 175.9    | 69.8     | 65.50     | 10.7             | 10.7               | 10.64              |
| 2            | 170.1    | 66.9     | 58.25     | 11.0             | 11.0               | 11.30              |
| 3            | 172.6    | 60.1     | 56.39     | 11.9             | 11.9*              | 11.93              |
| 4            | 161.7    | 56.9     | 49.64     | 10.9             | 11.2*              | 11.57              |
| Mean         | 170.1    | 63.4     | 57.44     | 11.1             | 11.2               | 11.36              |
| SD           | 6.10     | 5.95     | 6.52      | 0.53             | 0.51               | 0.54               |
| <b>(TP群)</b> |          |          |           |                  |                    |                    |
| 1            | 170.1    | 71.2     | 69.38     | 10.8             | 10.8               | 10.79              |
| 2            | 159.9    | 58.5     | 55.74     | 11.1             | 11.1*              | 11.15              |
| 3            | 168.7    | 59.4     | 54.86     | 11.2             | 11.7               | 11.30              |
| 4            | 163.9    | 56.3     | 52.70     | 11.8             | 11.8               | 11.93              |
| Mean         | 165.6    | 61.3     | 58.17     | 11.2             | 11.3               | 11.29              |
| SD           | 4.70     | 6.69     | 7.58      | 0.42             | 0.48               | 0.48               |

100m記録は大会記録で手動計時による。\* (未公認記録)

T群 -- 20m助走70m牽引走(5kg)；2本／日、2日／週。

TP群 -- 20m助走70m牽引走(5kg)；2本／日、2日／週。  
立5段跳 & 10段跳；5本 & 2本／日、2日／週。

能力がどの様な変化を示すかを知る目的で、トレーニング前・中・後の3回にわたり以下の測定を行った。

まず、100m全力走及び10m助走の100m加速走を各測定日に1回ずつ走り、それぞれについて50mと100mとで手動計時により記録を測定した。

また、20m助走の50m加速走さらには20m助走の50m牽引走も行い、同様に50mでの記録を測定した。なお、被検者全員が牽引走を行うのは初めてであったため、牽引走の練習を1週間の間に3-4回行ったのちにこれらの測定を行った。

### B 疾走フォームの分析

トウ・トレーニングを繰り返すことによって、牽引走あるいはスプリント走時のフォームがどの様に変化するかを知る目的で、疾走中のフォームをハイスピードビデオ装置(HSV-400, NAC社製)を用い撮影した。撮影条件は、前述した各種

の走行共に40-45mにつき、走路の側方30mの地点より、カメラの高さが被検者の腰部となるようにし、毎秒200コマで撮影した。

なお、撮影した映像はXY coordinator (NAC社製)およびpersonal computer (PC-9801VX, NEC社製)を用い2歩にわたって解析を行った。

### C 身体組成及び筋力、脚パワーの測定

身体組成及び脚パワーの測定はトレーニング前後でそれぞれ同一日に行った。身体組成の測定は水中体重法を用いて行いBrozekたちの式により% fatを算出しさらに体脂肪量と除脂肪体重(Lean Body Mass : LBM)とを求めた。

脚パワーの測定は、踏み込み式レッグ・パワー測定器(竹井機器社製)を用いて、両脚での踏み込み動作における平均パワーを測定した。測定時の設定速度は0.2と1.0m/secの2条件とし、低速及び高速パワーとした。

また、自転車エルゴメーター（Monark 社製）を用いての下肢筋群のパワーを、負荷強度を体重の7.5%とし、最大努力で10秒間の作業を行うことで測定した。

さらに、左右の等尺性及び等速性の脚伸展力と屈曲力を Cybex 11（Lumex 社製）を用いて、測定した。なお、等速性筋力測定は、60, 180そして300度／秒の3条件で行った。

### 実験結果及び考察

#### 1) スプリント走能力

トレーニングによるスプリント走能力の変化を知る目的で測定した、100m全力走、100m加速走及び50m加速走と50m牽引走の平均速度を、トレーニンググループ別さらにはトレーニング前後の結果につき、それぞれ平均値と標準偏差を表2に示した。なお、100m全力走と100m加速走については前半50mと後半50mの速度も示した。

まず、トレーニング前の成績を各項目についてみると、T群、TP群共に100m加速走において前

表2 疾走速度のトレーニング前後の比較

| 測定項目               | T群            |               | TP群           |               |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                    | 前             | 後             | 前             | 後             |
| 50m加速走<br>(m/sec)  | 9.65<br>0.49  | 9.32<br>0.36  | 9.64<br>0.18  | 9.55<br>0.27  |
|                    |               | *             |               | ***           |
| 50m牽引走<br>(m/sec)  | 10.45<br>0.28 | 10.21<br>0.17 | 10.74<br>0.15 | 10.11<br>0.13 |
|                    |               |               |               | **            |
| 速度増加率<br>(%)       | 8.40<br>3.05  | 9.60<br>3.22  | 11.34<br>1.12 | 5.88<br>2.39  |
| 100m加速走<br>(m/sec) | 9.57<br>0.52  | 9.44<br>0.65  | 9.50<br>0.34  | 9.34<br>0.22  |
| 前半50m<br>(m/sec)   | 9.83<br>0.51  | 9.72<br>0.45  | 9.79<br>0.29  | 9.73<br>0.22  |
| 後半50m<br>(m/sec)   | 9.31<br>0.54  | 9.20<br>0.82  | 9.23<br>0.39  | 8.97<br>0.24  |
| 速度変化率(対前半)<br>(%)  | -5.28<br>0.58 | -5.49<br>4.10 | -5.81<br>1.75 | -7.81<br>0.80 |
| 100m走<br>(m/sec)   | 8.81<br>0.43  | 8.68<br>0.31  | 8.87<br>0.37  | 8.70<br>0.21  |
|                    |               | **            |               |               |
| 前半50m<br>(m/sec)   | 8.13<br>0.22  | 8.00<br>0.18  | 8.24<br>0.24  | 8.01<br>0.11  |
| 後半50m<br>(m/sec)   | 9.39<br>0.87  | 9.49<br>0.51  | 9.62<br>0.55  | 9.42<br>0.35  |
| 速度変化率(対前半)<br>(%)  | 15.48<br>8.11 | 18.45<br>4.61 | 16.74<br>4.27 | 16.66<br>2.87 |

前；トレーニング前の測定値、後；トレーニング後の測定値

上段；平均値、下段；標準偏差

トレーニング前に対する有意差；\*p<0.05, \*\*p<0.01.

半の50mと後半の50mの走速度を比較したとき、後半の50mで低下していた。また、この速度は100m全力走の後半50mの速度よりも低いものであり、被検者は自己のトップスピードの維持が短時間しかできないことを示していた。

50m加速走速度に対する50m牽引走走速度の増加は、100m全力走で前半の走速度に対する後半50mの走速度の増加率が少ないものほど大きくなつた ( $r = -0.744$ ;  $p < 0.05$ )。一方、この牽引による速度増加率と100m全力走の速度、あるいは100m全力走の前半の速度、100m加速走の後半の速度との間には相関が認められなかつた。このことから、牽引走による速度増加は、その牽引張力が同一である場合、加速能力の低いものにとって

は負荷が大きくなると考えた<sup>9)</sup>。

また、T群、TP群共に表2に示した多くの項目の成績はトレーニング後で低下傾向を示した。この成績の低下の原因としては、トウ・トレーニングを継続したための疲労が一つ考えられる。すなわち、杉浦たち<sup>13)</sup>の報告によると、100m全力走のタイムはトウ・トレーニング終了直後より、その1週間後の測定で上昇している。また、本研究の被検者のトレーニング前の記録が当シーズンの最高記録に近かったことも原因したと考えられた。

TP群では50m牽引走の走速度がトレーニング後で有為に低下し、50m加速走による走速度に対する速度増加率も有意に減少した。このことはプリオメトリック・トレーニングが牽引走に何らかの

表3 パワー及び筋力のトレーニング前後の比較

| 測定項目  | T群              |                 | TP群             |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | 前               | 後               | 前               | 後               |
| レッグ パワー(1.0m/sec)<br>(watts)                  | 960.3<br>32.86  | 1146.7<br>78.48 | 1187.0<br>57.98 | 990.8<br>254.93 |
| レッグ パワー(0.2m/sec)<br>(watts)                  | 481.0<br>38.82  | 481.8<br>40.66  | 551.0<br>108.89 | 451.8<br>48.83  |
| 自転車ペダリングパワー<br>(BW x 7.5% x 10sec)<br>(watts) | 765.4<br>119.90 | 761.8<br>108.78 | 814.0<br>169.71 | 749.8<br>124.83 |
| Max. r p m                                    | 177.8<br>14.43  | 179.0<br>7.79   | 184.5<br>4.95   | 181.0<br>9.06   |
| 5段跳び<br>(m)                                   | 13.09<br>0.55   | 12.92<br>0.77   | 13.35<br>0.68   | 13.21<br>0.59   |
| 10段跳び<br>(m)                                  | 26.82<br>1.54   | 25.97<br>1.53   | 26.99<br>1.69   | 26.66<br>1.17   |
| 右脚 伸展力<br>(kg)                                | 79.9<br>11.07   | 75.9<br>11.39   | 76.3<br>6.61    | 80.5<br>10.16   |
| 屈曲力<br>(kg)                                   | 71.4<br>2.33    | 74.1<br>6.73    | 78.4<br>10.95   | 75.5<br>12.99   |
| 左脚 伸展力<br>(kg)                                | 44.6<br>6.66    | 41.7<br>8.70    | 39.6<br>4.58    | 39.9<br>2.55    |
| 屈曲力<br>(kg)                                   | 41.1<br>4.10    | 40.4<br>5.95    | 41.3<br>1.07    | 40.2<br>2.35    |

前：トレーニング前、 後：トレーニング後  
上段；平均値、 下段；標準偏差

影響を及ぼしたと考えた。

## 2) 脚パワー及び筋力

表3にトレーニング前後のパワーに関する測定結果と等尺性脚筋力の測定結果を示した。T群、TP群共に各測定項目にトレーニングによる有意な変化は認められなかった。

TP群において有為な低下とはならなかったものの、パワーに関する測定項目で低下傾向を示し、

トレーニングとして行っていた立5段跳びと立10段跳びの記録にも変化が認められなかった。ウエイト・トレーニングと平行してプリオメトリック・トレーニングを行った金久たち<sup>3)</sup>の報告では効果が認められており、シーズン内でウエイト・トレーニングの量が低下している場合にはその効果が現れにくいと考えられた。

## 3) 等速性脚伸展及び屈曲力

表4 Cybex IIによる脚伸展及び屈曲動作時筋力のトレーニング前後の比較

| 測定条件              | T群            |              | TP群          |              |
|-------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | 前             | 後            | 前            | 後            |
| (伸展)              |               |              |              |              |
| 右脚 60° /s<br>(kg) | 58.1<br>11.09 | 64.2<br>7.23 | 55.1<br>4.23 | 56.6<br>3.97 |
| 180° /s<br>(kg)   | 41.8<br>3.72  | 42.6<br>7.05 | 39.4<br>6.55 | 39.4<br>3.51 |
| 300° /s<br>(kg)   | 28.9<br>1.93  | 30.7<br>4.46 | 27.6<br>4.65 | 26.9<br>3.00 |
| 左脚 60° /s<br>(kg) | 58.2<br>7.07  | 61.2<br>6.35 | 65.0<br>6.00 | 57.8<br>4.23 |
| 180° /s<br>(kg)   | 45.0<br>4.74  | 42.1<br>8.43 | 43.5<br>6.67 | 37.7<br>3.82 |
| 300° /s<br>(kg)   | 31.8<br>0.14  | 31.4<br>4.64 | 31.0<br>5.81 | 27.7<br>3.12 |
| (屈曲)              |               |              |              |              |
| 右脚 60° /s<br>(kg) | 38.9<br>4.13  | 38.6<br>4.92 | 34.2<br>4.37 | 37.4<br>4.45 |
| 180° /s<br>(kg)   | 32.1<br>4.54  | 31.1<br>4.85 | 30.2<br>5.65 | 30.0<br>3.31 |
| 300° /s<br>(kg)   | 25.7<br>5.73  | 29.7<br>4.30 | 24.4<br>4.52 | 27.4<br>3.31 |
| 左脚 60° /s<br>(kg) | 37.0<br>0.42  | 38.0<br>4.14 | 37.4<br>6.67 | 39.1<br>2.15 |
| 180° /s<br>(kg)   | 31.2<br>3.46  | 31.6<br>4.83 | 30.0<br>7.24 | 33.6<br>4.14 |
| 300° /s<br>(kg)   | 26.9<br>5.37  | 27.4<br>4.33 | 26.8<br>6.12 | 27.5<br>3.34 |

前；トレーニング前、 後；トレーニング後

上段；平均値、 下段；標準偏差

トレーニング前に対しての有意差；\*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01.

表5 加速走と牽引走のストライド及びピッチの比較

|        | トレーニング前        |              | トレーニング後        |              |
|--------|----------------|--------------|----------------|--------------|
|        | ストライド<br>(m)   | ピッチ<br>(回/秒) | ストライド<br>(m)   | ピッチ<br>(回/秒) |
| (T群)   |                |              |                |              |
| 50m加速走 | 2.312<br>0.164 | 4.43<br>0.19 | 2.241<br>0.109 | 4.41<br>0.27 |
| 50m牽引走 | 2.586<br>0.088 | 4.62<br>0.10 | 2.454<br>0.105 | 4.57<br>0.10 |
| (TP群)  |                |              |                |              |
| 50m加速走 | 2.385<br>0.174 | 4.57<br>0.28 | 2.232<br>0.115 | 4.50<br>0.08 |
| 50m牽引走 | 2.611<br>0.156 | 4.59<br>0.29 | 2.463<br>0.089 | 4.52<br>0.09 |

上段；平均値、 下段；標準偏差

左右の等速性脚伸展及び屈曲力を、トレーニングの前後について3条件の角速度で測定した結果を表4に示した。TP群で1, 2の変化は認められたものの、全体的にはトレーニングの影響はなかったと考えられた。

#### 4) 50m加速走と牽引走のストライドとピッチの比較

トップスピードが維持されていると考えられる、40-45mの区間で、50m加速走及び牽引走につきハイスピードビデオを用いて撮影を行い、そのデータ解析から得られた、ストライドとピッチの結果を表5に示した。

50m加速走あるいは牽引走のピッチはそれぞれの条件別に比較してみると、差は認められなかった。すなわち、牽引を行ってもトップスピードが維持されている期間においては、加速走によって得られるピッチと同じであり、疾走中に得られる最大のピッチを示していると考えられる。

一方、ストライドは、トレーニングの前後、あるいはそれぞれの群で比較しても、50m加速走より50m牽引走で大きくなっている、牽引による効果が認められた。しかし、この増加も両群ともにトレーニングの前後で変わっておらず、これについてもトレーニングによる影響は認められなかっ

た。なお、牽引によるストライドの増加は走能力の低い場合に大きくなる傾向がみられた。この傾向は牽引による走速度の増加傾向と同様であった。

#### 5) 疾走時の足先の軌跡

牽引が疾走フォームにどのような影響を及ぼすか、またそれに今回のトレーニングがどのように関係するかを知るため、ビデオテープの解析から、各被検者毎に50m加速走と牽引走についてそれぞれトレーニング前後で、大転子を中心とした足先の軌跡を描いた。

トレーニング前には、全体的に牽引走で足先の軌跡が大きくなる傾向があり、走能力の低い場合によく認められ、その場合には大転子の後ろでの動きに相当する部分で大きくなる傾向にあった。すなわち、この部分に相当する動作は脚を後ろに蹴りあげ、かかとをでん部に引き付ける動作であり、足が後ろに流れる走り方となる。村木たち<sup>9)</sup>も、牽引張力が増すに伴いこの傾向がみられたことを報告している。しかし、本結果においては前の部分での足の軌跡が極端に小さくなる傾向は認められなかった。

図1に、50m加速走と牽引走でのピッチが同じであった被検者の例を示した。上段はトレーニング前で、50m加速走を5.08秒、50m牽引走を4.60

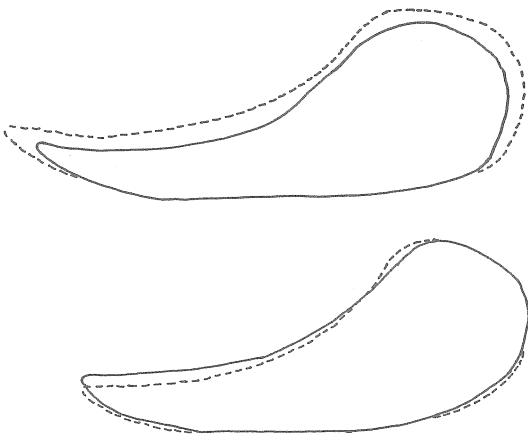


図1 50m加速走と50m牽引走の大転子を中心とする足先の軌跡の比較

(上段) トレーニング前, (下段) トレーニング後  
(実線) 50m 加速走, (点線) 50m 牽引走

秒で走ったときのものであり、下段はトレーニング後でそれぞれ5.07秒、4.85秒で走ったときのものである。ストライドもそれぞれ8%と7.5%牽引走で増加していた。トレーニング前では50m加速走に比べ50m牽引走での足先の軌跡が大きかった。それに比べ、トレーニング後の結果では両者間でその大きさにはあまり差がなかった。しかし、牽引走において足先が低い位置から振り下ろされていた。このことは腿が高くあげられていなかつたことを示しており、また、足先の振り下ろしによって生み出されるスピードが低く<sup>10)</sup>、それが走タイムを悪くしたと考えられた。また、他の被検者でもトレーニング後は加速走と牽引走の足先の軌跡に差は認められなかった。この変化はトレーニングによる結果と考えられ、牽引による走スピードの増加に足の動きが対応できるようになったと考えた。

図1に示したように、牽引することによってピッチを低下させずに疾走フォームを大きくすることもできることから、選手にその目的をよく理解させ、適切な張力で牽引することは効果のあることと考える。すなわち、疾走フォームに変化を生じさせずに、自分が発揮できる以上の走スピードでトレーニングすることはその能力を向上させる

と考えられる。

### ま と め

走者を牽引することにより、その走スピードは増加する。このとき多くの場合、ストライドが大きくなり、着地時に脚に大きな衝撃のかかることを考えられ、それが疾走フォームを崩す原因の一つとなる。

そこで、等張力性の牽引によるスプリントアシステッド・トレーニングに筋の伸張性収縮能力を高めるプリオメトリック・トレーニングを加えるならば、より効果が上がると考え、大学短距離選手を被検者とし、2群に分け6週間にわたるトレーニング実験を行った。

### その結果

1. 脚筋力、脚パワーさらには自転車を用いて測定した無酸素性パワーにトレーニング効果は認められなかった。プリオメトリック・トレーニングを加えた群でも同様であった。

2. 走能力の指標として測定した、100m全力走あるいは100m加速走のタイムにもトレーニングによる向上は認められなかった。

3. 50m加速走と50m牽引走で最大速度で疾走している地点での動作分析から、トレーニングを行うことによって、牽引走の際に生じやすい、“足が後ろに流れる”フォームが改善される傾向にあった。また、牽引走で足先の軌跡が大きくなる傾向も見られた。

これらのことから、選手にその目的を理解させ、適切な牽引を行うことは疾走フォームを大きくし、自己が発揮できないスピードで走ることとなり、スプリント能力の向上に効果があると考えた。

### 引用文献

- 1) Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.T. and keys, A.: Densitometric analysis of body composition : Revision of some quantitative assumptions. Ann. N.Y. Acad. Sci., 110, 113-140. (1963)
- 2) Dintiman, D.B.: Sprinting speed. 1st ed. pp. 138-157. Charles C Thomas : 111inois (1971)

- 3) 金久博昭, 奥山秀雄, 山本利春, 黒川貞生, 福永哲夫: ジャンプ力向上のためのトレーニングに関する研究, 昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No.I X, プリオメトリック・リアクティブ筋力トレーニングに関する研究—第2報—, pp.17-30. (1989)
- 4) Lindeman. R. : Principles of training for sprint. Track & Field Quarterly Rev. 86, 4-5, (1984)
- 5) Mero, A. and Komi, P.V. : Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. Int. J. Sport Biomech., 1, 240-252, (1985)
- 6) Mero, A. and Komi, P.V. : Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. Med. Sci. Sports Exerc., 19, 266-274. (1987)
- 7) Mero, A., Komi, P.V., Rusko, H. and Hirvonen J. : Neuromuscular and anaerobic performance of sprinters at maximal and supramaximal speed. Int. J. Sports Med., 8 suppl, 55-60, (1987)
- 8) 森田正利, 関岡康雄, 西藤宏司, 宮下 憲, 麻場一徳: Tow-training 法に関する一考察。日本体育学会第38回大会号A: 268. (1987)
- 9) 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率引力とトレーニングの即時効果。昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No.X, スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究(第1報), pp.9-27, (1989)
- 10) 小野勝次: 陸上競技の力学, 第6版, pp.88, (1963)
- 11) 杉浦雄策, 青木純一郎: 牽引走 (suprmaximal running) が走法の異なる短距離走者のピッチとストライドに及ぼす影響。日本体育学会第39回大会号A: 312, (1988)
- 12) 杉浦雄策, 佐久間和彦, 青木純一郎: 牽引走と最大走のバイオメカニカルな比較。昭和63年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No.X スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究(第1報), 28-38. (1989)
- 13) 杉浦雄策, 右田孝志, 佐久間和彦, 青木純一郎: 牽引走トレーニングが短距離走者performance, 無気的パワー, 脚筋力および酸素負債量に及ぼす影響。平成元年度日本体育協会スポーツ科学研究報告, No.VII スプリントアシスティッド・トレーニングに関する研究(第2報), 54-62. (1990)
- 14) Tansley, J. : Glendale's toe training for sprinters. Track Technique. 78. 2473-2475. (1980)

### III. 牽引走トレーニングが短距離走者の performance, 無気的パワー, 脚筋力, および酸素負債量に及ぼす影響

杉浦 雄策, 右田 孝志, 佐久間和彦, 青木純一郎

#### 緒 言

牽引走トレーニング (tow-training) は, 人為的手段を用いて, 走者が全力走で経験する以上のスピードで一定時間走らせることを目的としている<sup>5,9)</sup>。

実際より速く走れるように assist することは, より多くの筋線維を動員する効果があり, ATP-CP 系でのエネルギー供給のスピードを増すのに有効である<sup>6)</sup>。その結果, 走者はより速いスピードでより大きな力を発揮することが可能となる。さらに, 乳酸耐性, 酸素負債およびグルコースの筋細胞への供給能力も向上させるであろうと考えられている<sup>12)</sup>。また, 牽引走トレーニングによって速い動きを繰り返すことにより, 神経筋系の適応を引き起こし, その結果, より高い performance 水準に達することも可能であろうとされている<sup>8)</sup>。

しかし, 牽引走トレーニングが短距離走者の performance を向上させると考えられるこのような背景については, 少なくとも現在のところすべて示唆の段階にすぎないのが現状である。文献的にこれらを証明する実験データは出されていない。

そこで, tow-training が短距離走者の performance に及ぼす効果の背景となると考えられる無気的パワー, 脚筋力および酸素負債についてトレーニング実験を行って検討を試みた。

#### 研究方法

##### 1. 被験者

被験者は順天堂大学陸上競技部に所属し, 短距離種目を専門とする18名とした。しかし, トレーニング期間中, 体調の不調や怪我を理由にやむを得ず3名が除外され, 最終的に被験者数は15名であった。

彼等は群間に100m走の最高記録の差がなくなる

よう3群に分けられた。その内, 牽引走を1日当たり3本行う群をA群( $n = 6$ ), 牽引走を1週目は1日当たり2本, 2, 3週目は3本そして最終的に4本まで漸増する群をB群( $n = 4$ ), および最大走を1日当たり3本行う群をC群( $n = 5$ )とした。

彼等の身体特性および100m走の最高記録を表1に示した。

表1 被験者の身体特性および100m走の最高記録

| 群 | 被験者  | 年齢<br>(歳) | 身長<br>(cm) | 体重<br>(kg) | 100m<br>(秒) |
|---|------|-----------|------------|------------|-------------|
| A | 小田   | 20        | 171.3      | 70.1       | 10.9        |
|   | 中林   | 21        | 172.9      | 64.0       | 10.8        |
|   | 世古宗  | 20        | 174.7      | 70.8       | 11.0        |
|   | 湯谷   | 18        | 162.6      | 60.0       | 10.7        |
|   | 柴山   | 19        | 167.0      | 69.7       | 11.0        |
|   | 大久保  | 19        | 173.4      | 68.2       | 10.8        |
|   | 平均   | 20        | 170.3      | 67.3       | 10.9        |
|   | 標準偏差 | —         | 4.2        | 4.0        | 0.1         |
| B | 清水   | 18        | 173.0      | 68.5       | 11.6        |
|   | 西村   | 18        | 175.0      | 63.2       | 10.8        |
|   | 木村   | 19        | 169.9      | 65.6       | 10.5        |
|   | 毛利   | 20        | 177.1      | 69.5       | 10.8        |
|   | 平均   | 19        | 173.8      | 66.7       | 10.9        |
|   | 標準偏差 | —         | 2.7        | 2.5        | 0.4         |
|   | 日吉   | 21        | 171.3      | 61.4       | 10.5        |
|   | 橋本   | 18        | 169.7      | 61.1       | 11.4        |
| C | 天野   | 19        | 167.2      | 60.1       | 11.2        |
|   | 堀越   | 18        | 171.0      | 64.7       | 10.8        |
|   | 遠藤   | 19        | 181.0      | 70.3       | 10.8        |
|   | 平均   | 19        | 172.0      | 63.5       | 10.9        |
|   | 標準偏差 | —         | 4.7        | 3.7        | 0.3         |

## 2. トレーニング方法

トレーニングは、全ての群で週3日の割合で、4週間行われた。なお、本研究では、牽引走および最大走それ自体のトレーニング効果を検討することを目的としたため、この期間の牽引走および最大走以外のトレーニングは、100~150m走のWind sprint およびストレッチングなどの軽度の運動に制限した<sup>1)</sup>。

牽引走は牽引装置(999E:ニシ・スポーツ社製)を用いて行い、牽引力は走者のランニング速度が十分高められ、フォームのバランスが大きく崩れないということから5Kgに設定した<sup>10)11)</sup>。なお、牽引走および最大走ともレペティション・トレーニング形式で行った。

## 3. 測定項目および測定方法

4週間のトレーニング前後に以下の項目について測定を行った。なお、100m走のタイムトライアルおよびIsokinetic装置による筋力測定は、トレーニング終了1週間後にも行った。

### (1) 100m走のタイムトライアル

被験者は、各自の通常のウォーミングアップを行った後、全天候型走路上でスタートイングブロックを用いて100mの全力走を行った。

100m走の記録は、出発合図用ピストルおよびゴール地点にセットされた投・受光器に連動させた電子ストップウォッチ(MODEL-102:三信電気社製)を用いて計測した。なお、10m区間ごとに設置したラップタイム測定装置を用いて、ラップタイムも100分の1秒単位で計測した。

トレーニング前、トレーニング期間中、トレーニング後およびトレーニング終了1週間後の測定時における気温および湿度は20.0~29.2°Cおよび70~88%の範囲にあった。

### (2) 100m走における40~70m区間および70~100m区間におけるピッチおよびストライドの測定

100m走のタイムトライアル時に、ビデオカメラ(AG-300:ナショナル社製)を用いて40~70m区間および70~100m区間ににおけるランニング中の走者を撮影した。

その後、ビデオ再生機(AG-3750:ナショナル

社製)を用いて撮影された画面を再生し、それぞれの区間における走者の歩数からストライド(S:m)を求めた。また、ラップタイム測定装置より計測した10m毎に要した時間(秒)からそれぞれランニング速度(V:m/秒)を算出し、それをストライドで除することによりピッチ(F:歩/秒)を求めた。

### (3) 自転車エルゴメータによる無気的パワー

被験者は、3, 4, 5, 6, 7および8Kpの負荷でそれぞれ10秒間、自転車エルゴメータ(モナーク社製)を全力駆動した<sup>3)</sup>。その際、動輪の回転数をデータレコーダー(FE-3000:ソニーマグネスケール社製)に記録し、その後データ処理装置(ATAC-450:日本光電社製)を用いてパワーを次式により求めた。

$$\text{パワー (Kgm/sec)} = N \times L \times 6 \text{ m} \times 14 / 52$$

N: 1秒間の動輪の回転数

L: 負荷 (Kg)

### (4) 酸素負債

恒温恒湿室にて被験者に椅子座位安静を20分間保たせ、その後5分間の呼気を採取した。次に、4分ほどトレッドミル上で軽い強度でのランニングによるウォーミングアップを行わせ、再び椅子座位にて心拍数が安静時の値に回復するまで休息させた。

本運動としてはMargariaら<sup>7)</sup>の方法に従い、上り勾配および速度をそれぞれ10%および毎分300mに設定されたトレッドミル上を疲労困憊に至るまで走行させた。疲労困憊後、直ちに椅子座位にて40分間の安静を保たせ、回復1分目までは15秒毎、3分目までは30秒毎、10分目までは1分毎、さらにそれ以後40分目までは2分毎に呼気を採取した。

安静時および回復時における呼気の計量および分析は、それぞれRespirometer(RM-300:ミナト医科学社製)およびMedical Gas Analyzer(MG-300:同社製)を用いて行った。なお、呼気分析器は、あらかじめショランダー微量呼気ガス分析器を用いて較正した。

非乳酸性酸素負債量および乳酸性酸素負債量は、HenryとDeMoor<sup>2)</sup>の方法に従い、次式により求めた。

$$Y = a_1 e^{-k_1 t} + a_2 e^{-k_2 t}$$

$a_1$  : 走行終了時の非乳酸性酸素摂取量

$a_2$  : 走行終了時の乳酸性酸素摂取量

$k_1$  : 非乳酸性速度定数

$k_2$  : 乳酸性速度定数

なお、総酸素負債量は、非乳酸性酸素負債量および乳酸性酸素負債量の和とした。

トレーニング前および後の測定時における恒温恒湿室内の室温および相対湿度は、それぞれ $22.2 \pm 1.1^\circ\text{C}$ ,  $65.6 \pm 2.8\%$ および $20.1 \pm 2.0^\circ\text{C}$ ,  $67.2 \pm 3.4\%$ であった。

#### (5) 脚筋力

脚筋力の測定は、Isokinetic 装置(Lumex 社製)を用いて等尺性および等速性の最大伸展力および最大屈曲力について行った。

等尺性脚伸展力および屈曲力の測定は、Isokinetic 装置の角速度を $0^\circ/\text{秒}$ に設定し、膝関節を $70^\circ$ 屈曲位にして伸展運動および $30^\circ$ 屈曲位にして屈曲運動をそれぞれ2回ずつ最大努力で行った<sup>4)</sup>。

等速性脚伸展力および屈曲力の測定は、Isokinetic 装置の角速度を $180^\circ/\text{秒}$ に設定し、脚を最大努力で伸展および屈曲させる運動を4回続けて行った。同様の方法で $300^\circ/\text{秒}$ の条件でも行った。

以上の測定は、両脚について行われ、それぞれの角速度での左右の脚筋力のそれぞれ最大値の平均を等尺性および等速性の最大伸展力および最大屈曲力とした。

### 研究結果および考察

#### 1. 100m走の記録、ピッチおよびストライド

トレーニング前、後および終了1週間後における100m走の記録の推移を表2に示した。

A群、B群およびC群のトレーニング前における100m走の記録は、それぞれ $11.53 \pm 0.13$ ,  $11.57 \pm 0.23$ および $11.65 \pm 0.33$ 秒であり、いずれの群間にも差は認められなかった。しかし、トレーニング終了1週間後の100m走の記録はA群およびB群で有意な短縮を示した。一般的に短距離走のトレーニング効果の発現は遅発であると考えられることから、本研究においてもトレーニング終了1週間後に記録の改善が認められたものと思われる。

トレーニング前および後の100m走における40~70

m区間および70~100m区間でのランニング速度、ピッチおよびストライドをそれぞれ表3および表4に示した。

トレーニング後における40~70m区間のピッチおよびストライドは、いずれの群でも一定の傾向を認めることができなかった。

一方、70~100m区間ににおいては、トレーニング後のピッチがいずれの群でも減少する傾向が認められた(A群: 4.35 vs 4.26歩/秒, B群: 4.12 vs 4.09歩/秒, C群: 4.43 vs 4.30歩/秒)。しかし、C群に比べて、A群およびB群ではその減少はあまり顕著ではなかった。

このことは、tow-training が100m走の後半におけるピッチの維持能力に改善をもたらす可能性があることを示唆するものと考えられる。

表2 100m走の記録の推移 (秒)

| 群 | 被験者  | トレーニング |       |        |
|---|------|--------|-------|--------|
|   |      | 前      | 後     | 終了1週間後 |
| A | 小田   | 11.77  | 11.74 | 11.44  |
|   | 中林   | 11.38  | 11.68 | 11.34  |
|   | 世古宗  | 11.50  | 11.80 | 11.34  |
|   | 湯谷   | 11.47  | 11.65 | 11.22  |
|   | 柴山   | 11.63  | 11.60 | 11.58  |
|   | 大久保  | 11.43  | 11.81 | 11.33  |
|   | 平均   | 11.53  | 11.71 | 11.38* |
| B | 清水   | 11.95  | 12.00 | 11.57  |
|   | 西村   | 11.45  | 11.54 | 11.27  |
|   | 木村   | 11.37  | 11.41 | 11.09  |
|   | 毛利   | 11.50  | 11.66 | 11.07  |
|   | 平均   | 11.57  | 11.65 | 11.25* |
|   | 標準偏差 | 0.23   | 0.22  | 0.20   |
| C | 日吉   | 11.17  | 11.49 | 11.11  |
|   | 橋本   | 12.16  | 12.13 | 11.87  |
|   | 天野   | 11.78  | 11.99 | 11.99  |
|   | 堀越   | 11.44  | 11.48 | 11.37  |
|   | 遠藤   | 11.70  | 11.84 | 11.41  |
|   | 平均   | 11.65  | 11.79 | 11.55  |
|   | 標準偏差 | 0.33   | 0.26  | 0.33   |

\* P < 0.05 : 前 vs 終了1週間後

表3 4週間のtow-trainingによる40~70m区間における平均ランニング速度、ピッチおよびストライドの変化

| 群 | 被験者  | トレーニング前          |              |              | トレーニング後          |              |              |
|---|------|------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|--------------|
|   |      | ランニング速度<br>(m/秒) | ピッヂ<br>(歩/秒) | ストライド<br>(m) | ランニング速度<br>(m/秒) | ピッヂ<br>(歩/秒) | ストライド<br>(m) |
| A | 小田   | 9.66             | 4.69         | 2.06         | 9.69             | 4.66         | 2.08         |
|   | 中林   | 9.68             | 4.48         | 2.16         | 9.71             | 4.58         | 2.12         |
|   | 世古宗  | 9.89             | 4.30         | 2.30         | 9.50             | 4.22         | 2.25         |
|   | 湯谷   | 9.77             | 4.91         | 1.99         | 9.66             | 4.69         | 2.06         |
|   | 柴山   | 9.77             | 4.50         | 2.17         | 9.59             | 4.40         | 2.18         |
|   | 大久保  | 10.00            | 4.39         | 2.28         | 9.61             | 4.25         | 2.26         |
|   | 平均   | 9.80             | 4.55         | 2.16         | 9.63             | 4.47         | 2.16         |
| B | 清水   | 9.39             | 4.43         | 2.12         | 9.40             | 4.35         | 2.16         |
|   | 西村   | 9.86             | 4.11         | 2.40         | 9.75             | 4.08         | 2.39         |
|   | 木村   | 9.76             | 4.42         | 2.23         | 9.86             | 4.48         | 2.20         |
|   | 毛利   | 9.84             | 4.26         | 2.31         | 9.74             | 4.33         | 2.25         |
|   | 平均   | 9.74             | 4.31         | 2.27         | 9.69             | 4.31         | 2.25         |
|   | 標準偏差 | 0.20             | 0.13         | 0.10         | 0.17             | 0.14         | 0.09         |
|   | C    | 日吉               | 10.01        | 4.70         | 2.15             | 9.88         | 4.66         |
| C | 橋本   | 8.96             | 4.50         | 1.99         | 9.19             | 4.57         | 2.01         |
|   | 天野   | 9.54             | 4.63         | 2.06         | 9.34             | 4.58         | 2.04         |
|   | 堀越   | 9.88             | 4.49         | 2.20         | 9.82             | 4.59         | 2.14         |
|   | 遠藤   | 9.59             | 4.32         | 2.22         | 9.46             | 4.30         | 2.20         |
|   | 平均   | 9.60             | 4.53         | 2.12         | 9.54             | 4.54         | 2.10         |
|   | 標準偏差 | 0.36             | 0.13         | 0.09         | 0.27             | 0.12         | 0.07         |

表4 4週間のtow-trainingによる70~100m区間における平均ランニング速度、ピッヂおよびストライドの変化

| 群 | 被験者  | トレーニング前          |              |              | トレーニング後          |              |              |
|---|------|------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|--------------|
|   |      | ランニング速度<br>(m/秒) | ピッヂ<br>(歩/秒) | ストライド<br>(m) | ランニング速度<br>(m/秒) | ピッヂ<br>(歩/秒) | ストライド<br>(m) |
| A | 小田   | 9.34             | 4.51         | 2.07         | 9.42             | 4.53         | 2.08         |
|   | 中林   | 9.67             | 4.08         | 2.37         | 9.38             | 4.08         | 2.30         |
|   | 世古宗  | 9.56             | 4.14         | 2.31         | 9.31             | 4.10         | 2.27         |
|   | 湯谷   | 9.57             | 4.67         | 2.05         | 9.48             | 4.47         | 2.12         |
|   | 柴山   | 9.42             | 4.36         | 2.16         | 9.70             | 4.33         | 2.24         |
|   | 大久保  | 9.79             | 4.33         | 2.26         | 9.18             | 4.06         | 2.26         |
|   | 平均   | 9.56             | 4.35         | 2.20         | 9.41             | 4.26         | 2.21         |
| B | 標準偏差 | 0.15             | 0.20         | 0.12         | 0.16             | 0.19         | 0.08         |
|   | 清水   | 9.22             | 4.27         | 2.16         | 9.14             | 4.23         | 2.16         |
|   | 西村   | 9.74             | 3.91         | 2.49         | 9.54             | 3.96         | 2.41         |
|   | 木村   | 9.60             | 4.23         | 2.27         | 9.42             | 4.08         | 2.31         |
|   | 毛利   | 9.40             | 4.07         | 2.31         | 9.45             | 4.09         | 2.31         |
|   | 平均   | 9.49             | 4.12         | 2.31         | 9.39             | 4.09         | 2.30         |
|   | 標準偏差 | 0.20             | 0.14         | 0.12         | 0.15             | 0.10         | 0.09         |
| C | 日吉   | 9.80             | 4.60         | 2.13         | 9.50             | 4.34         | 2.19         |
|   | 橋本   | 9.19             | 4.55         | 2.02         | 8.84             | 4.44         | 1.99         |
|   | 天野   | 9.09             | 4.50         | 2.02         | 9.07             | 4.38         | 2.07         |
|   | 堀越   | 9.68             | 4.34         | 2.23         | 9.63             | 4.26         | 2.26         |
|   | 遠藤   | 9.30             | 4.15         | 2.24         | 9.27             | 4.10         | 2.26         |
|   | 平均   | 9.41             | 4.43         | 2.13         | 9.26             | 4.30         | 2.15         |
|   | 標準偏差 | 0.28             | 0.16         | 0.10         | 0.29             | 0.12         | 0.11         |

表5 自転車エルゴメータによる無気的パワー (kgm/秒)

| 群 | 被験者  | 3 kp  |       | 4 kp  |       | 5 kp  |       | 6 kp   |        | 7 kp   |        | 8 kp   |        |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   |      | 前     | 後     | 前     | 後     | 前     | 後     | 前      | 後      | 前      | 後      | 前      | 後      |
| A | 小田   | 58.15 | 58.15 | 71.08 | 71.08 | 72.69 | 80.77 | 87.23  | 92.08  | 96.12  | 96.12  | 96.92  | 96.92  |
|   | 中林   | 55.73 | 58.15 | 71.08 | 74.31 | 84.81 | 84.81 | 87.23  | 92.08  | 90.46  | 96.12  | 96.92  | 96.92  |
|   | 世古宗  | 50.88 | 50.88 | 61.38 | 67.85 | 76.73 | 76.73 | 77.54  | 87.23  | 84.81  | 96.12  | 103.39 | 90.46  |
|   | 湯谷   | 58.15 | 60.58 | 71.08 | 71.08 | 80.77 | 80.77 | 82.38  | 87.23  | 90.46  | 90.46  | 90.46  | 90.46  |
|   | 柴山   | 60.58 | 60.58 | 77.54 | 77.54 | 88.85 | 88.85 | 92.08  | 101.77 | 101.77 | 113.08 | 103.39 | 109.85 |
|   | 大久保  | 58.15 | 60.58 | 74.31 | 80.77 | 84.81 | 88.85 | 92.08  | 96.92  | 96.12  | 101.77 | 109.85 | 103.39 |
|   | 平均   | 56.94 | 58.15 | 71.08 | 73.77 | 81.44 | 83.46 | 86.42  | 92.89* | 93.29  | 98.95* | 100.16 | 99.08  |
| B | 清水   | 58.15 | 55.73 | 74.31 | 71.08 | 80.77 | 76.73 | 92.08  | 87.23  | 84.81  | 90.46  | 90.46  | 84.00  |
|   | 西村   | 58.15 | 58.15 | 71.08 | 67.85 | 80.77 | 72.69 | 87.23  | 82.38  | 84.81  | 96.12  | 96.92  | 96.92  |
|   | 木村   | 60.58 | 60.58 | 77.54 | 77.54 | 88.85 | 92.88 | 101.77 | 92.08  | 107.42 | 84.81  | 109.85 | 96.92  |
|   | 毛利   | 60.58 | 58.15 | 77.54 | 77.54 | 84.81 | 88.85 | 96.92  | 96.92  | 101.77 | 101.77 | 103.39 | 103.39 |
|   | 平均   | 59.37 | 58.15 | 75.12 | 73.50 | 83.80 | 82.79 | 94.50  | 89.65  | 94.70  | 93.29  | 100.16 | 95.31  |
|   | 標準偏差 | 1.21  | 1.71  | 2.68  | 4.20  | 3.35  | 8.33  | 5.42   | 5.42   | 10.09  | 6.32   | 7.23   | 7.04   |
|   | C    | 日吉    | 60.58 | 60.58 | 77.54 | 77.54 | 84.81 | 84.81  | 92.08  | 107.42 | 96.12  | 107.42 | 100.16 |
| C | 橋本   | 55.73 | 58.15 | 67.85 | 67.85 | 72.69 | 76.73 | 77.54  | 79.15  | 79.15  | 79.15  | 77.54  | 77.54  |
|   | 堀越   | 58.15 | 58.15 | 71.08 | 74.31 | 80.77 | 80.77 | 87.23  | 90.46  | 90.46  | 90.46  | 84.00  | 77.54  |
|   | 遠藤   | 58.15 | 60.58 | 77.54 | 74.31 | 80.77 | 84.81 | 92.08  | 101.77 | 96.12  | 101.77 | 90.46  | 96.92  |
|   | 平均   | 58.15 | 59.37 | 73.50 | 73.50 | 79.76 | 81.78 | 87.23  | 84.81  | 90.46  | 94.70  | 88.85  | 88.85  |
|   | 標準偏差 | 1.71  | 1.21  | 4.20  | 3.52  | 4.40  | 3.35  | 5.94   | 8.04   | 6.93   | 10.86  | 9.56   | 11.54  |

\* P<0.05 : 前 vs 後

## 2. 自転車エルゴメータによる無気的パワー

トレーニング前および後の自転車エルゴメータによる無気的パワーの変化を表5に示した。

C群の被検者天野は、トレーニング期間中に手の指を脱臼したため、自転車のハンドルを強く握ることが出来なくなったので、後値の測定には参加しなかった。

3, 4および5 kpのそれぞれの負荷において、いずれの群においても無気的パワーがトレーニング後に増加する傾向を認めることはできなかった。

しかし、6 kpの負荷では、A群にトレーニング後に有意な増加が認められた ( $86.42 \pm 5.17$  vs  $92.89 \pm 5.17$  kgm/秒 :  $p < 0.05$ )。同様に、7 kpの負荷においても、A群だけにトレーニング後に有意な増加が見られた ( $93.29 \pm 5.41$  vs  $98.95 \pm 7.11$  kgm/秒 :  $p < 0.05$ )。

1日に3本ずつtow-trainingを行ったA群において、自転車エルゴメータによる無気的パワーが、比較的高い負荷 (6および7 kp) で有意に増加したことは、脚の回転速度が速くなったことを意味する。したがって、tow-trainingにより神経筋系のより高いレベルの適応が生じたことが示唆される。

これに対して、牽引走を漸増したB群では無気的パワーに増加が認められなかつたが、これは恐らく、トレーニングの1日当たりの本数が4週目には4本となつたため、脚への負担度が急増し、トレーニング後の測定時にその疲労が大きく影響したためと推察される。100m走のタイムトライアルの結果にも見られるように、tow-trainingの効果は遅発的であることが示唆され、それはまたトレーニング内容によっても影響を受けると考えられるので、効果を判定する測定のタイミングの適性化が今後の課題と言えよう。

8 kpの負荷ではいずれの群においてもトレーニングによる増加は認められなかつた。

## 3. 酸素負債

トレーニング前および後におけるトレッドミル走による走行時間および酸素負債量を表6に示した。

トレーニング前後の非乳酸性酸素負債量は、いずれの群でも変わらない傾向にあった。その最大の原因是、全般的なトレーニング量が少なかつたことから、筋量の増大あるいはATP-CP系の容

表6 トレッドミル走による走行時間および酸素負債量

| 群 | 被験者  | 走行時間<br>(分・秒) |      | 非乳酸性酸素<br>負債量(1) |      | 乳酸性酸素<br>負債量(1) |       | 総酸素負債量<br>(1) |       |
|---|------|---------------|------|------------------|------|-----------------|-------|---------------|-------|
|   |      | 前             | 後    | 前                | 後    | 前               | 後     | 前             | 後     |
| A | 小田   | 1.15          | 1.15 | 3.27             | 2.66 | 6.55            | 8.82  | 9.82          | 11.48 |
|   | 中林   | 1.31          | 1.28 | 3.00             | 2.14 | 12.90           | 8.76  | 15.90         | 10.90 |
|   | 世古宗  | 1.06          | 1.04 | 3.32             | 2.57 | 7.97            | 4.97  | 11.29         | 7.54  |
|   | 湯谷   | 1.09          | 1.19 | 1.78             | 2.44 | 5.70            | 6.60  | 7.48          | 9.04  |
|   | 柴山   | 1.15          | 1.17 | 3.83             | 1.98 | 11.42           | 8.03  | 15.25         | 10.01 |
|   | 大久保  | 1.01          | 1.07 | 2.91             | 3.05 | 6.24            | 5.06  | 9.15          | 8.11  |
|   | 平均   | 1.13          | 1.15 | 3.02             | 2.47 | 8.46            | 7.04  | 11.48         | 9.51  |
| B | 清水   | 1.06          | 1.10 | 2.12             | 2.08 | 5.10            | 4.10  | 7.22          | 6.18  |
|   | 西村   | 1.17          | 1.10 | 2.02             | 2.85 | 6.87            | 4.36  | 8.89          | 7.21  |
|   | 木村   | 1.06          | 1.35 | 3.47             | 2.81 | 7.14            | 6.45  | 10.61         | 9.26  |
|   | 毛利   | 1.14          | 1.17 | 2.91             | 2.49 | 6.37            | 7.69  | 9.28          | 10.18 |
|   | 平均   | 1.11          | 1.18 | 2.63             | 2.56 | 6.37            | 5.65  | 9.00          | 8.21  |
|   | 標準偏差 | 0.05          | 0.10 | 0.60             | 0.31 | 0.78            | 1.49  | 1.21          | 1.59  |
|   | C    | 日吉            | 1.21 | 1.36             | 2.63 | 2.56            | 8.61  | 7.88          | 11.24 |
| C | 橋本   | 0.37          | 1.00 | 2.95             | 2.89 | 5.08            | 4.84  | 8.03          | 7.73  |
|   | 天野   | 1.23          | 1.23 | 2.59             | 1.74 | 5.93            | 4.33  | 8.52          | 6.07  |
|   | 堀越   | 1.12          | 1.26 | 2.66             | 2.53 | 5.65            | 10.82 | 8.31          | 13.35 |
|   | 遠藤   | 0.48          | 1.18 | 2.91             | 2.68 | 7.52            | 6.54  | 10.43         | 9.22  |
|   | 平均   | 1.04          | 1.21 | 2.75             | 2.48 | 6.56            | 6.88  | 9.31          | 9.36  |
|   | 標準偏差 | 0.21          | 0.12 | 0.15             | 0.39 | 1.31            | 2.34  | 1.28          | 2.47  |

量の増加が示されなかったためと考えられる。

また、乳酸性酸素負債量についても同様の結果が示されたが、これはトレーニング距離が50mと短く、疾走時間が5秒前後であったこと、トレーニングが少なくとも10分間の休息を置いたレペティション形式で行われていたことなどのためにトレーニングが乳酸系のエネルギー発生機構にほとんど依存しなかったことによるものと考えられる。

非乳酸性および乳酸性酸素負債量にトレーニングによる変化が見られなかったので、トレーニング前後のいずれの群の総酸素負債量にも有意な変化は認められなかった。

#### 4. 脚筋力

トレーニング前、後および終了1週間後の等尺性脚伸展力および屈曲力を表7に示した。

等尺性脚伸展力は、トレーニング後および終了1週間後の値をトレーニング前と比較すると、増加する傾向を認めることが出来なかった。また、等尺性脚屈曲力においてもトレーニングによる増加傾向を認めることが出来なかった。

トレーニング前、後および終了1週間後の等速

性脚伸展力および屈曲力を表8に示した。

180°/秒の脚屈曲力は、トレーニング1週間後にA群が113.6Nmから104.5Nmに、伸展力はC群が135.5Nmから124.8Nmにそれぞれ有意に減少した( $p < 0.05$ )。

300°/秒における脚伸展力は、トレーニング終了1週間後の値をトレーニング前と比較するとC群で全員減少する傾向が認められたが有意ではなかった(トレーニング前:  $100.0 \pm 8.0$ Nm, トレーニング終了1週間後:  $90.6 \pm 6.6$ Nm)。

300°/秒における脚屈曲力は、トレーニング終了1週間後の値をトレーニング前と比較するとA群およびC群で有意に減少する傾向にあった( $p < 0.05$ )。

本研究で測定された脚伸展力および屈曲力は、いずれの条件においてもトレーニングにより有意に増加することはなく、全体的に減少する傾向が認められた。これは本研究の全体的に言えることであるが、効果を判定する測定のタイミングが適切でなかったためと考えるほかに、本被験者が高度に鍛錬された選手であったこと、さらには牽引走および最大走を行う日以外のトレーニングが

表7 等尺性脚筋力

| 群 | 被験者  | 伸 展    |       |        | 屈 曲    |       |        |
|---|------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
|   |      | トレーニング |       |        | トレーニング |       |        |
|   |      | 前      | 後     | 終了1週間後 | 前      | 後     | 終了1週間後 |
| A | 小田   | 260.5  | 283.0 | 273.3  | 145.0  | 139.2 | 133.0  |
|   | 中林   | 222.2  | 285.5 | 234.6  | 142.1  | 160.2 | 137.4  |
|   | 世古宗  | 224.2  | 289.2 | 276.2  | 119.6  | 137.7 | 119.6  |
|   | 湯谷   | 240.5  | 231.7 | 229.5  | 136.3  | 126.6 | 112.5  |
|   | 柴山   | 332.1  | 348.7 | 334.0  | 183.4  | 179.6 | 176.6  |
|   | 大久保  | 253.0  | 261.3 | 271.1  | 162.3  | 165.3 | 143.5  |
|   | 平均   | 255.4  | 283.2 | 269.8  | 148.1  | 151.4 | 137.1  |
| B | 清水   | 223.5  | 220.8 | 219.7  | 127.3  | 125.8 | 124.5  |
|   | 西村   | 244.3  | 253.7 | 270.9  | 131.0  | 118.7 | 127.6  |
|   | 木村   | 215.0  | 208.3 | 239.0  | 139.0  | 122.4 | 128.9  |
|   | 毛利   | 234.3  | 227.5 | 229.7  | 121.5  | 108.8 | 94.8   |
|   | 平均   | 229.3  | 227.6 | 239.8  | 129.7  | 118.9 | 119.0  |
|   | 標準偏差 | 11.0   | 16.6  | 19.2   | 6.3    | 6.4   | 14.0   |
|   | 日吉   | 238.8  | 285.5 | 242.4  | 158.3  | 149.7 | 130.1  |
| C | 橋本   | 247.8  | 246.8 | 247.7  | 146.5  | 145.3 | 138.6  |
|   | 天野   | 220.3  | 208.0 | 209.7  | 132.8  | 142.9 | 127.2  |
|   | 堀越   | 226.0  | 230.7 | 227.5  | 134.5  | 155.7 | 141.0  |
|   | 遠藤   | 224.0  | 217.9 | 229.7  | 174.3  | 155.7 | 164.7  |
|   | 平均   | 231.4  | 237.8 | 231.4  | 149.3  | 149.7 | 140.3  |
|   | 標準偏差 | 10.3   | 27.2  | 13.2   | 15.5   | 5.3   | 13.2   |

表8 等速性脚筋力

| 群 | 被験者  | 180°/秒 |       |        |        |       |        | 300°/秒 |       |        |        |       |        |
|---|------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
|   |      | 伸 展    |       |        | 屈 曲    |       |        | 伸 展    |       |        | 屈 曲    |       |        |
|   |      | トレーニング |       |        | トレーニング |       |        | トレーニング |       |        | トレーニング |       |        |
|   |      | 前      | 後     | 終了1週間後 |
| A | 小田   | 136.5  | 129.1 | 125.2  | 114.8  | 113.8 | 99.6   | 97.5   | 86.9  | 89.9   | 92.5   | 87.9  | 82.3   |
|   | 中林   | 106.7  | 121.4 | 124.2  | 105.1  | 109.6 | 102.8  | 76.8   | 90.6  | 93.1   | 86.8   | 88.3  | 83.8   |
|   | 世古宗  | 150.2  | 147.3 | 146.9  | 116.3  | 112.3 | 103.3  | 114.5  | 110.5 | 109.9  | 93.5   | 90.6  | 83.3   |
|   | 湯谷   | 122.8  | 98.7  | 108.4  | 109.8  | 98.7  | 94.0   | 75.3   | 72.5  | 81.8   | 85.8   | 88.3  | 78.2   |
|   | 柴山   | 173.0  | 172.0 | 167.6  | 116.3  | 112.8 | 115.0  | 123.6  | 124.9 | 117.7  | 93.2   | 94.5  | 93.5   |
|   | 大久保  | 118.3  | 103.1 | 114.2  | 119.5  | 113.3 | 112.3  | 89.0   | 81.4  | 84.8   | 99.0   | 100.2 | 93.1   |
|   | 平均   | 134.6  | 128.6 | 131.1  | 113.6  | 110.1 | 104.5* | 96.1   | 94.5  | 96.2   | 91.8   | 91.6  | 85.7*  |
| B | 標準偏差 | 22.0   | 25.3  | 20.3   | 4.8    | 5.3   | 7.2    | 18.0   | 17.8  | 13.1   | 4.4    | 4.5   | 5.7    |
| B | 清水   | 112.5  | 110.1 | 120.6  | 93.0   | 95.7  | 89.6   | 81.8   | 85.4  | 91.6   | 77.0   | 76.5  | 71.9   |
|   | 西村   | 121.5  | 121.6 | 134.0  | 89.0   | 85.4  | 89.2   | 96.0   | 93.3  | 96.5   | 75.3   | 69.3  | 82.1   |
|   | 木村   | 112.3  | 115.5 | 105.0  | 102.8  | 99.9  | 93.8   | 94.8   | 91.5  | 82.8   | 88.0   | 88.1  | 75.5   |
|   | 毛利   | 153.0  | 152.7 | 146.9  | 112.0  | 111.3 | 101.8  | 115.3  | 117.9 | 113.3  | 96.3   | 92.3  | 89.4   |
|   | 平均   | 124.8  | 125.0 | 126.6  | 99.2   | 98.1  | 93.6   | 97.0   | 97.0  | 96.1   | 84.2   | 81.6  | 79.7   |
|   | 標準偏差 | 16.7   | 16.5  | 15.6   | 8.9    | 9.3   | 5.1    | 12.0   | 12.4  | 11.1   | 8.5    | 9.1   | 6.7    |
| C | 日吉   | 143.5  | 138.9 | 135.4  | 111.5  | 107.1 | 102.3  | 106.3  | 108.8 | 99.4   | 97.8   | 95.2  | 87.4   |
|   | 橋本   | 132.0  | 120.2 | 120.8  | 97.0   | 102.2 | 90.9   | 95.8   | 91.5  | 79.2   | 83.5   | 81.9  | 71.1   |
|   | 天野   | 126.0  | 124.6 | 123.3  | 100.0  | 104.9 | 98.2   | 92.0   | 93.3  | 90.6   | 85.3   | 88.3  | 84.3   |
|   | 堀越   | 127.5  | 117.0 | 117.7  | 102.3  | 106.8 | 104.0  | 93.5   | 85.1  | 90.1   | 81.0   | 83.4  | 77.5   |
|   | 遠藤   | 148.3  | 134.2 | 126.7  | 123.3  | 111.5 | 114.5  | 112.3  | 98.9  | 93.5   | 103.8  | 89.6  | 91.6   |
|   | 平均   | 135.5  | 127.0 | 124.8* | 106.8  | 106.5 | 102.0  | 100.0  | 95.5  | 90.6   | 90.3   | 87.7  | 82.4*  |
|   | 標準偏差 | 8.9    | 8.3   | 6.1    | 9.6    | 3.0   | 7.7    | 8.0    | 8.0   | 6.6    | 8.9    | 4.7   | 7.3    |

\* P &lt; 0.05 : 前 vs 終了1週間後

100~150m走の Wind sprint やストレッチングなどの軽度の運動に制限され、通常行っていたトレーニング、特に筋力トレーニングを中止したことから、可逆性の原理に従って筋力が減少してしまったものと推察される。

## 要 約

1. 本研究は、tow-training が短距離走者の performance に及ぼす効果の背景となると考えられる無気的パワー、脚筋力および酸素負債についてトレーニング実験により検討した。

2. 被験者は、男子短距離選手15名とし、牽引走を行う実験群と最大走を1日3本行う群（C群）に分け、さらに前者を1日3本のA群および2本から4本まで漸増させるB群とに分けた。トレーニングは、週3日の頻度で4週間に渡って行った。

3. 100m走の記録は、A群およびB群でトレーニング前と比較してトレーニング終了1週間後に有意に短縮された。

4. トレーニング後の70~100m区間におけるA群およびB群のピッチは、100m走の記録が低下したにもかかわらず、トレーニング前と比較してC群ほど減少する傾向にはなかった。したがって、tow-training が100m走の後半におけるピッチの維持能力に改善をもたらす可能性のあることが示唆される。

5. tow-training により自転車エルゴメータによる無気的パワーが比較的高い負荷(6および7 kp)で有意に増加した。これは神経筋系のより高いレベルへの適応が生じたことを示唆する。

6. 本実験条件(本数：3本／日、頻度：3日／週、期間：4週間)では、非乳酸性および乳酸性酸素負債量に有意な変化をもたらすには不十分であると思われる。

7. 脚伸展力および屈曲力は、いずれの条件においてもトレーニングにより減少する傾向にあった。これは、トレーニング期間中に一切の筋力トレーニングを中止したことから、トレーニング量が減少したためと推察された。

8. 以上の結果から、tow-training は短距離走者の performance を高めるが、その背景として神経筋系のより高いレベルへの適応の生じることが示

唆された。なお、トレーニング効果を判定するために行う生理機能に関する測定のタイミングが大変重要で、今後に残された大きな課題として指摘された。

## 引 用 文 献

- 1) Bosen, K.O. : Experimental speed training. Track Technique 77 : 2382-2383 (1979)
- 2) Henry, F.M. and J. DeMoor : Metabolic efficiency of exercise in relation to work load at constant speed. J.Appl.Physiol. 2 : 481-487 (1950)
- 3) 生田香明、猪飼道夫：自転車エルゴメーターによる Maximum anaerobic power の発達の研究。体育学研究 17 : 151-157 (1982)
- 4) 黄川昭雄、山本利春、小山由喜、景山滋久、有馬和明：スポーツ障害予防のための下肢筋力評価。整形外科スポーツ医学会誌 6 : 141-145 (1987)
- 5) 金原 勇：陸上競技のコーチング(I). 第6版, pp.171-298, 大修館：東京 (1982)
- 6) Maglischo, E.W. : Swimming faster. 1st ed., pp.301-347, Mayfield Publishing : California (1982)
- 7) Margaria, R., P.Cerretelli and F.Mangili : Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous in man. J.Appl. Physiol. 19 : 623-628 (1964)
- 8) Mero, A. and P.V.Komi : Effects of supramaximal velocity on biomechanical variables in sprinting. Int.J.Sport Biomech. 1 : 240-252 (1985)
- 9) Rowe, E.L., E.W.Maglischo and D.E. Lytle : The use of swim fins for development of sprint swimming speed. Swimming Technique 14 : 73-76 (1977)
- 10) 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及ぼす影響。日本体育学会第39回大会号A : 312 (1987)
- 11) 杉浦雄策、佐久間和彦、青木純一郎：牽引走と最大走のバイオメカニカルな比較。日本体育

協会スポーツ科学研究報告 No.X スプリント  
アシスティッド・トレーニングに関する研究 第  
1報：28-38 (1988)

12) Tansley, J.: Glendale's tow training for  
sprinters. Track Technique 78: 2473-  
2475 (1980)