

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、牽引疾走時で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%の最大下の努力度合(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%の最大下努力度合(Submaximal effort)での牽引走が疾走運動に及ぼす影響について：
 - ①最大下努力での牽引走が100m走に及ぼす影響
 - ②走法改善を目指した“指示”の有無が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最大下努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, 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っ

て, 午前・午後で実験試技(A)(B)を入替えて実施した。

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ヵ月の漸進的トウ・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ヵ月の漸進的トウ・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1 実験Iのプロトコール(各100m1本ずつ)

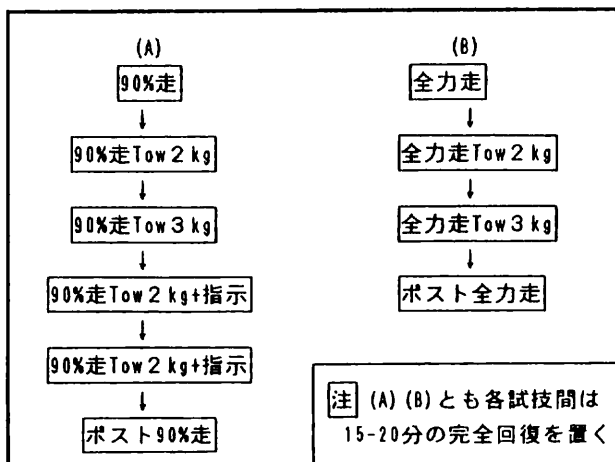


表2 漸増的トウ・トレーニングでの各回の主課業
(総て100m走)

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

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的効果については、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マイクロ(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

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ーポスト・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x1本	+	全力Tow 3 kg X 2本	+	ポスト全力走x1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遵守を「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いが少なく、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-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無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増加したが、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効果を目指す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ったが、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効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的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効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¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

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かせてから、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 entraineurs 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) whenthey move up to high level training. *New Studies in Athletics*, 1-4 : 71-80, 1986.