

中長距離選手におけるプライオメトリックトレーニングが最大疾走速度に及ぼす効果

大井 拓也

Effect of plyometric training on max sprint speed for long-distance runner

Takuya OI

I. 目的

長距離走では優れた競技パフォーマンスのために高い走速度を長時間にわたって維持することが必要である。そのため、トレーニングの現場において、走速度を長時間維持するための呼吸循環器系能力の向上を目的としたトレーニングが頻繁に行われている。これまで、長距離走に関する研究は呼吸循環器系を中心とした生理的エネルギーを生み出すことに関する研究が多く行われ、最大酸素摂取量や乳酸性作業閾値などの生理学的指標が長距離走パフォーマンスを評価するために用いられてきた（豊岡, 1997；大後ほか, 1999；榎本, 2006）。さらに、生み出された生理的エネルギーを有効に走速度に変換することに着目した研究も行われており、Bassett and Howly (2000) は、長距離走において最大酸素摂取量とともに、少ないエネルギーで走る走の経済性がパフォーマンスを決定する重要な要因であることを示唆している。近年では、長距離走における走の経済性の要因として下肢の伸張-短縮サイクル運動 (Stretch-Shortening-Cycle, 以下 SSC 運動) 遂行能力に着目した研究がなされており、走の経済性に影響する要因として、SSC 運動遂行能力が重要であると示唆している (Komi and Bosco, 1978；Dumke et al., 2010)。長距離走パフォーマンスと SSC 運動遂行能力との関係について、関子・平田 (1999) は、複数回の 5000m 走レース記録とレース当日のリバウンドジャンプのパワーとの関係を個別に検討した結果、SSC 運動遂行能力が長距離走パフォーマンスに関係していると考えられると報告している。また、加藤ら (2013) は長距離走者にプライオメトリックトレーニングを

行わせ、長距離走パフォーマンスと鉛直スティフネスを主としたバイオメカニクスの変数の変化を検討した結果、長距離走における鉛直スティフネスが向上したことを報告している。

岩竹ら (2009) は、高等専門学校に在籍する男子生徒に対して、両脚同時および片脚交互のプライオメトリックトレーニングを行わせ、50m 疾走速度と SSC 運動能力および脚筋力との影響を検討した。その結果、疾走能力を改善するためのプライオメトリックトレーニングのプログラムを考える場合、両脚同時の SSC 運動能力を改善するとともに、両脚同時の SSC 運動能力を片脚交互へと転換させるトレーニングを実施することが疾走能力を改善させるうえで有効と報告している。

しかし、これまで長距離走者を対象としてプライオメトリックトレーニングを中心としたトレーニング介入を行った実践的な報告は少なく、その中でも走速度に焦点を当てたものは極めて少ない。

そこで、本研究では長距離走者に短い接地時間を意識した両脚同時の SSC 運動によるプライオメトリックトレーニングを行わせ、その後、片脚交互の前方への移動を伴い、疾走運動に類似した形態のプライオメトリックトレーニングを行わせる。このトレーニングによる、最大疾走時における地面反力の測定及び走速度の変化を調査し、長距離走者の走速度へのプライオメトリックトレーニングの有効性を検討する。

II. 方法

1. 対象者

本研究の対象者は大学陸上競技部に所属し、中

長距離走を専門とする男子大学生（年齢：21.0 ± 1.3歳，身長：172.9 ± 3.8cm，体重：59.6 ± 1.3kg）7名とした。

2. 実験計画

プライオメトリックトレーニングを週2回，8週間実施させた。なお，トレーニング期間の前後におけるテスト時期（以下PRE，POST）に主観的努力度100%で50m走を1名ずつスタンディングスタートから各日程1試技を実施させた。なお，フォースプラットフォーム（以下FP）（Kistler社製，9281type）を左右脚に関わらず自然なフォームでFPを踏めた試技を成功試技とし，不自然なフォームで踏んだ試技は失敗試技とし，成功するまで行った。

3. トレーニング課題

プライオメトリックトレーニング課題は短い接地時間を意識した両脚同時のSSC運動として，両脚リバウンドジャンプでプライオボックス（高さ30cm）に跳び乗りと跳び下りを連続して10回を週2回4週間行った。その後，片脚交互の前方への移動を伴った，バウンディングを，50m5セットを週2回4週間行った。

4. 分析方法

50m走における最大努力下の走速度を測定するために，トラックの内側から高速度デジタルビデオ（以下DV）カメラ（CASIO，EX-F1）を用いて毎秒300コマ，露出時間1/1000で固定撮影した。高速度DVカメラに同期ランプを写し込むとともに，同時にFPを用いてサンプリングレート1000Hzで地面反力を測定した。なお，試技の撮影後にキャリブレーションボール（高さ2.5mに5個の較正器を取り付けたボール）を撮影範囲の4箇所垂直に立て，順に撮影した。

5. データ処理

撮影された映像をパーソナルコンピュータ（以下PC）に取り込み，ビデオ動作解析装置（DKH，Frame-Dias V）を用いて身体23点と較正マーク4点を毎秒100コマでデジタル化した。分析は，分析脚ではない脚（以下，反対脚）の接地5コマ前からFPをはさみその反対脚が再度接地し，離地5コマ後までの1サイクル（2歩）を行った。さらに得られた地面反力は画像の同期ランプ

を用いて100Hzに同期した。デジタル化により得られた身体23点の二次元座標を4点の較正マークを基に実長換算し，Wells and Winter（1985）の方法を用いて，分析点毎に最適遮断周波数を決定し，Butterworth low-pass digital filterを用いて平滑化した。

6. 算出項目および算出方法

最大努力下における50m走の40mから50mの区間における疾走速度とストライドとピッチは固定撮影されたデータから読み取った。また，得られた地面反力から接地期前半に水平後方向の力が作用する局面の力積（以下減速力積）と，接地期後半に水平前方向の力が作用する局面の力積（以下加速力積）を算出した。また鉛直方向においては，支持期全体での力積（以下鉛直力積）を算出した。なお，鉛直力積は体重分を差し引いて算出し，全ての力積は参加者の体重で除した値とした。またそれぞれの力積において力を作用させた時間で除し，平均減速力，平均加速力，平均鉛直力として算出した。減速時間は減速方向，加速時間は加速方向，接地時間は鉛直方向から読み取った。

7. 統計処理

プライオメトリックトレーニング前後における各疾走能力値を比較するための検定として，対象者が少ないため，F検定を行い，等分散であった場合はStudentの対応のあるt検定を，不等分散であった場合はWelchの対応のあるt検定を行った。また，効果量を検討するためにCohen's *d*を算出した。（水本・竹内，2008）

統計的な有意性は危険率5%未満で判定した。

Ⅲ. 結果および考察

プライオメトリックトレーニング前後における各疾走能力値において対応のあるt検定を行った。但し，加速時間においてはF検定の結果，不等分散であったため，Welchのt検定を行った。それ以外の疾走能力は等分散であったため，Studentのt検定を行った。また，参加者が少ないため，効果量Cohen's *d*を算出した。

表1には対象者の50m走における疾走能力の平均値±標準偏差とF値，効果量*d*を示した。

表1 対象者の50m走における疾走能力の平均値±標準偏差とF値

疾走能力	PRE	POST	F値	t検定	効果量 <i>d</i>
区間最大疾走速度(m/s)	7.87±0.45	8.11±0.43	0.07		
区間平均疾走速度(m/s)	7.78±0.46	7.92±0.40	0.14		
ピッチ(Hz*√(height/g))	1.72±0.09	1.68±0.09	0.003		
ストライド(m/height)	1.11±0.09	1.15±0.79	0.43		
接地時間(ms)	163.71±15.78	143.14±13.59	0.03	PRE>POST *	1.40
加速時間(ms)	101.43±13.39	81.43±5.86	11.17	PRE>POST **	1.94
減速時間(ms)	62.29±9.46	61.71±11.03	0.23		
鉛直力積(N・s/kg)	0.44±0.06	0.54±0.10	1.68		
加速力積(N・s/kg)	0.11±0.02	0.15±0.03	0.50	PRE<POST *	1.66
減速力積(N・s/kg)	0.09±0.02	0.11±0.02	0.23		
ピーク鉛直力(N/kg)	7.23±1.23	7.34±3.46	1.26		
ピーク加速力(N/kg)	2.85±0.67	3.46±0.36	3.42	PRE<POST +	
ピーク減速力(N/kg)	3.70±0.99	5.72±0.87	0.11	PRE<POST **	2.26
平均鉛直力(N/kg)	2.97±0.65	3.57±0.65	0.27		
平均加速力(N/kg)	1.49±0.33	1.90±0.20	4.35	PRE<POST *	1.52
平均減速力(N/kg)	1.52±0.37	1.99±0.40	0.37	PRE<POST *	1.27

+ : p<0.1, * : p<0.05, ** : p<0.01

その結果、接地時間、加速時間、加速力積、ピーク減速力、平均加速力、平均減速力の項目において有意差が見られた。また、ピーク加速力において有意な傾向が見られた。

本研究における実験時の接地時間はPOSTがPREに比べて有意に短くなっていた。これは、両脚リバウンドジャンプによるトレーニングの効果と考えられる。また、加速時間はPOSTがPREに比べて有意に短くなっているが、加速力積と平均加速力においてもPOSTがPREに比べて有意に向上していたことから、短い時間で大きな力を地面に加えることができるようになっていくと考えることができる。これは、バウンディングによるトレーニングの効果と考えられる。さらに、ピーク減速力と平均減速力のPOSTがPREと比べて有意に向上していた。これは、加速力が向上したことにより前方への推進力が増したこと

で、接地時により大きな減速方向への地面反力が得られたと考えられる。

しかし、本研究の目的である走速度に関する能力の区間最大疾走速度、区間平均疾走速度、ピッチ、ストライドにおいて有意な差はみられなかった。区間最大疾走速度、区間平均疾走速度、ストライドにおいては若干ではあるものの、POSTがPREに比べて向上しており、ピッチは減少していた。これに関して、関子(2006)は、プライオメトリックトレーニングを導入した5人の長距離走選手のパフォーマンスの変化を分析した結果、同一のペースで走行させたにも関わらず、トレーニング後ピッチは減少し、ストライドは増加したことを報告している。これは、本研究では平均加速力と平均減速力が向上していたが、ストライドを増長させるほどの前方への推進力を獲得できていなかったことが、区間最大疾走速度と区間平均疾走速度が有

意に向上しなかった原因だと考えられる。

IV. 結 論

本研究では、疾走速度と地面反力から長距離走選手におけるプライオメトリックトレーニングが疾走速度に及ぼす効果を検討した。

長距離走選手に主観的努力度100%で50m走を行ってもらい、疾走速度と地面反力を計測した。

その結果、接地時間、加速時間は有意に短縮され、加速力積、ピーク減速力、平均加速力、平均減速力は有意に向上し、ピーク加速力においては有意に向上する傾向が見られた。

加速時間が短くなり、加速力積と平均加速力が向上したことは、短い時間で大きな力を地面に加えることができるようになったことが考えられ、水平方向への推進力がうまれ、その結果として接地時にブレーキとなるピーク減速力と平均減速力が向上したと考えられる。

V. 引用文献

- 1) Bassett, Jr. D. R. and Howly, E. T. Limiting factors for maximal oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (1) : 70-84, 2000
- 2) 大後栄治, 植田三夫, 石井哲次, 上条晴美, 弘卓三 LTを基にしたトレーニング計画の研究 - 神奈川大学箱根駅伝参加選手の特性 -, *ランニング学研究*, 10 : 35-42, 1999
- 3) Dumke, C. L., Pfaenroth, C. M., McBride, J. M. and McCauley, G. O. Relations between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International Journal of Sports Physiology Performance*, 5 (2) : 249-261, 2010
- 4) 榎本靖士 エネルギー論から見た長距離走動作の評価・バイオメカニクス研究, 10 (4) : 281-287, 2006
- 5) 岩竹淳, 川原繁樹, 北田耕司, 関子浩二 伸長-短縮サイクル理論を応用したプライオメトリックスが疾走能力に与える効果-疾走能力と各種のジャンプ力および脚筋力との構造関係に着目して-, 財団法人 上月スポーツ・教育財団 スポーツ研究助成事業報告書, 4, 2009
- 6) 加藤彰浩, 荻久保吉隆, 筒井清次郎, 木越清信 プライオメトリックトレーニングによる長距離走パフォーマンスと鉛直スティフネスの変化. *スポーツ健康科学研究*, 35 : 17-26, 2013
- 7) Komi, P. V. and Bosco, C. Utilization of stored elastic energy in leg exten. s.or muscle by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10 (4) : 261-265, 1978
- 8) 水本篤, 竹内理 研究論文における効果量の報告のために-基礎的概念と注意点-英語教育研究, 31 : 57-66, 2008
- 9) 豊岡示朗 長距離ランナー「トレーニング可能性」と有酸素的パワー. *体育の科学*, 27(6) : 436-441, 1977
- 10) Wells, R. P. and Winter, D. A. Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. *Human Locomotion I* : 92-93, 1985
- 11) 関子浩二, 平田文夫 下腿の神経・筋・腱系の状態が長距離走者の競技成績に及ぼす影響. 第14回日本バイオメカニクス学会大会論文集, *バイオメカニクス研究概論*, 172 - 176, 1999
- 12) 関子浩二 跳躍動作とその指導・トレーニングプライオメトリックに着目して-, *トレーニング科学*, 18 (4) : 295 - 303, 2006
(指導教員 筒井清次郎)