

異条件下における伸張反射プログラムが陸上競技選手の 走運動パフォーマンス向上に及ぼす有用性

——9週間のトレーニング実施がピッチ・ストライドに与える
効果についての比較検証——

松田 亮*・田村 孝洋**

1. 緒 言

陸上競技の短距離種目は、あらゆるスポーツ種目の中でも特に短時間に大きな力を発揮する瞬発力が求められ、そのパフォーマンスを大きく左右するひとつの要因となっている。特に競技時間が10秒ほどの100 m 走においては、競技における瞬発力の重要性が最も高く、タイミングよく地面からの反発力を受け取り、なおかつそれを効率的に推進力として転換できるかが鍵と言える。100 m 走の国内トップアスリートの接地時間は0.09秒という報告があり（福田ほか、2004）、極めて短時間に力を発揮していることが伺える。しかも、競技水準が高いほど接地時間が短い傾向を指摘しており、瞬発力向上の生理学的要因だけではなく、接地時間の短縮の技術的要因の獲得も重視する必要があると言える。こうしたことから、陸上競技ではパフォーマンス向上を目指す瞬発力系トレーニング手段の一つとして、プライオメトリックスが利用されている（Dintiman et al., 1999）。プライオメトリックスの特徴は、伸張性筋活動中に引き起こされる伸張反射によって爆発的な力を発揮することができることにあり、できるだけ短時間で素早い反動動作を行う事が出来るかが重要とされている。この効果について、非競技者を対象としたトレーニングに関する研究では、

プライオメトリックトレーニング（以下、PT）を週3回の頻度で9週間実施した結果、加速度（スタートから10 m）および最大疾走速度が増加し、100 m 走の疾走記録が有意に短縮したことを報告している（Delecluse et al., 1995）。また、高校男子生徒を対象として、ジャンプトレーニングを10週間の体育授業で行った結果、50 m 平均疾走速度、最大疾走速度が有意に増加したと報告している（岩竹ほか、2008）。

また、大学陸上競技選手を対象とした研究では、PTを週3回の頻度で5週間実施して、100 m 走のスプリント能力を検討した結果、加速局面および中間疾走局面の疾走速度が有意に増加したことや（米津ほか、2007）、疾走能力とジャンプパフォーマンスとの間に相関関係を認め、プライオメトリックスを用いた跳躍動作を繰り返すことが疾走能力の改善に有効であることを示唆している（岩竹ほか、2002）。

以上の先行研究により、脚が短時間に大きな力を発揮するプライオメトリックスによる反動動作は、疾走能力に影響を及ぼす下肢の重要なプログラムであると示唆される。しかし、先行研究では、平地を利用したプライオメトリックスの研究であり、上り坂、下り坂という坂道を用いたプライオメトリックスの研究は乏しく、効果について明確にされていないのが現状である。したがって、上り坂、下り坂といった異なる条件でも、反動動作を利用したトレーニングプログラムを統一させておこなわれた場合、ど

* 広島経済大学経済学部助教

** 中村学園大学教育学部助教

のように疾走能力へ影響していくのかを明らかにする必要がある。そして、上り坂、下り坂で主観的に感じられる負荷・負荷軽減を利用してのPTをおこなうことで、平地よりも接地時に十分な弾性エネルギーを蓄積し、そのエネルギーを発揮することで大きなストライドの獲得が期待される。そのため、身体の弾みを活かしたプライオメトリックスによる反動動作の効果は、走運動と同様、もしくはそれ以上の効果が考えられる。

そこで、本研究は筋の伸張反射を促し、反動動作によるバネの作用を有効に生かした身体の使い方を覚えるトレーニングとしてPTを使用し、異なるトレーニング条件としての平地、上り坂、下り坂で反動動作を伴うPTが、疾走能力に及ぼす影響を比較検討することを目的とした。

2. 研究方法

2.1 被検者

大学の陸上競技部に在籍している男子学生17名を被検者として用いた。彼らを表1の4群に均一に配分した。なお、被験者には本研究の目的、実験の内容および危険性について十分に説明するとともに、実験に参加することの同意を得た。被験者は本実験で行うトレーニングを日常から定期的に行っていたが、実験の数日前からトレーニングの確認として十分な練習をおこなわせた。

2.2 実験手順

本実験の上り坂と下り坂のPTでは、傾斜角度4度を用いた。そして、被検者を平地群、上り坂群、下り坂群の3つのPT群と、プライオメトリックスを実施しない1つのコントロール群（以下、Con群）に配分した。各PT群は通常のトレーニングに加え、表2に示したPT（リバウンドジャンプ、スケータージャンプ、片脚ホッピング（右・左）、バウンディング、スピードバウンディング）を週3日の頻度で9週間おこなった。その方法は、各種目の1セットの試技を10歩とし2-3セットおこなわせた。リバウンドジャンプでは腕の振り込み動作を伴った前方方向への連続垂直跳をおこない、実施の際は、「高く跳ぶように」と指示をした。スケータージャンプでは腕振りを伴った斜め前方方向への片脚交互連続跳躍をおこない、実施の際は、「ストライドを大きくし遠くに跳ぶように」と指示をした。片脚ポッピング（右）・（左）では腕振りを伴った前方方向への片脚連続跳躍をおこない、実施の際は、「高く跳び、その際、前方に大きく跳ぶように」と指示をした。バウンディングでは腕振りを伴った前方への片脚交互連続跳躍をおこない、実施の際は、「ストライドを大きくし遠くに跳ぶように」と指示をした。スピードバウンディングでは前述したバウンディング動作をおこない、実施の際は、「出来る限り速く動作をおこなうように」と指示をした。また、実施したすべての種目において「接地時間を短縮するように」と指示を提示し、各

表1 各トレーニング群における被験者の身体的特徴

	平地群 (n = 4)	上り坂群 (n = 4)	下り坂群 (n = 5)	コントロール群 (n = 4)	分散分析
年齢 (yr)	20.5±0.6	20.3±1.0	20.2±1.3	20±0.8	n.s
身長 (cm)	172.5±2.4	170.8±2.6	175.6±5.3	167.5±4.2	n.s
体重 (kg)	67±7.6	61.8±3.4	65.8±2.8	63.5±3.1	n.s
100 m 疾走記録	11.69±0.24	11.63±0.17	11.99±0.50	11.93±0.52	n.s

Mean ± S.D.

n.s-not significant

種目の特性に応じて、高さ・距離・速度の評価をおこなった。

2.3 測定項目

疾走能力の比較としては実験プロトコルに従い(図1)、9週間のPTの開始前と終了後に、全天候型トラック直線レーンにおいてスターティングブロックを使用し100mの全力疾走をおこなった。その際デジタルビデオカメラ(毎秒30fps, シャッタースピード1/500秒)にて撮影した。撮影した映像を用いて毎秒30fpsを毎秒60fpsに変換(AviUtil)したのち100m走における疾走速度, ピッチ, ストライドを算出した。

2.4 統計処理

各群の身体的特徴に関しては一元配置分散分

析を用いて群間比較を行った。また、各群(平地群, 上り坂群, 下り坂群, Con群)の疾走能力(疾走速度, ピッチ, ストライド)に関してはPre値とPost値を要因とする二元配置分散分析を用いて有意差検定をおこなった。この際、交互作用に有意差が認められた場合には単純主効果の検定を行った。交互作用に有意差がなく主効果に有意差が認められた場合には、その要因について多重比較をおこなった。いずれも、有意水準は5%未満とし、統計処理ソフトにはSPSS22.0を用いた。

3. 結 果

各トレーニングにおける被験者の身体的特徴(身長, 体重)は表1の通りであり、これらの項目に関して平地群, 上り坂群, 下り坂群, Con群で有意な差は認められなかった。

表2 PTの実施方法

種 目	方法		
	基準歩数	繰り返し回数	評 価
リバウンドジャンプ	10	3	高さ
スケータージャンプ	10	3	距離
片脚ホッピング(右)	10	2	高さ・距離
片脚ホッピング(左)	10	2	高さ・距離
バウンディング	10	3	距離
スピードバウンディング	10	3	速さ

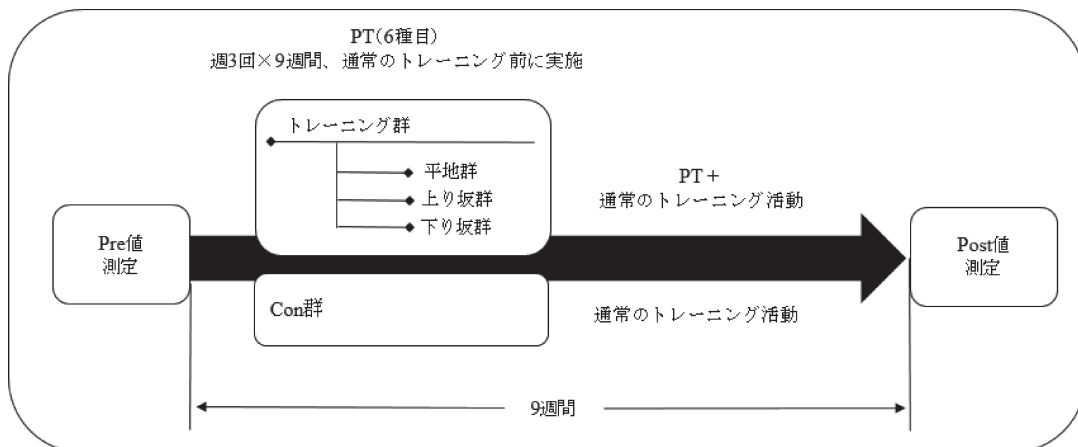


図1 PTの実験プロトコル

3.1 疾走速度

トレーニング条件別による 100 m 走の疾走速度、ピッチ、ストライドのトレーニング変化を表 3 に示した。疾走速度においてトレーニング前の Pre 値では平地群 8.95 ± 0.21 、上り坂群 9.00 ± 0.13 、下り坂群 8.73 ± 0.38 、Con 群 8.74 ± 0.44 であり 4 群間にはいずれも有意な差は認められなかった。トレーニング後の Post 値では、平地群 9.02 ± 0.19 、上り坂群 9.10 ± 0.18 、下り坂群 8.93 ± 0.36 、Con 群 8.60 ± 0.59 であり、Con 群のみ低下傾向にあった。また、有意な交互作用が認められたため (F 値=3.991, $p < .05$)、単純主効果の検定を行ったが、時間 (トレーニング前後の比較) と群 (トレーニング条件での比較) には有意な差は認められなかった (図 2)。

表 4 は PT 条件別による疾走速度変化のクロス集計であり、全体におけるそれぞれの比率は低下型 7.7% (1 名)、維持型 7.7% (1 名)、向上型 84.6% (11 名) であった。これを各 PT 条件別で比較すると、平地群のみ低下型 (1 名)、維持型 (1 名) を示した。また、向上型で PT 条件別に区分した際の変化率は平地群 2.14% (Pre 値 $8.86 \rightarrow$ Post 値 9.05)、上り坂群 1.11% (Pre 値 $9.00 \rightarrow$ Post 値 9.10)、下り坂群 2.29% (Pre 値 $8.73 \rightarrow$ Post 値 8.93) であった (図 3)。

3.2 ピッチとストライド

100 m 走におけるピッチについてトレーニング条件別で比較したものを図 4 に示した。トレーニング前の Pre 値では平地群 4.49 ± 0.22 、上り坂群 4.40 ± 0.58 、下り坂群 4.37 ± 0.11 、Con 群 4.47 ± 0.13 であり 4 群間にはいずれも有意な差は認められなかった。トレーニング後の Post 値では、平地群 4.60 ± 0.27 、上り坂群 4.52 ± 0.64 、下り坂群 4.48 ± 0.15 、Con 群 4.46 ± 0.27 であった。ピッチにおいては交互作用に有意差が認められなかったが、時間 (トレーニング前後の比較) で有意差が認められた (F 値=10.426, $p < .01$)。なお、主効果に有意差が認められたため多重比較を行った結果、トレーニング条件において平地群で有意に増加していることを示した ($p < .05$)。また、ピッチも疾走速度と同様に向上型の変化率を求めた。平地群 3.11% (Pre 値 $4.50 \rightarrow$ Post 値 4.64)、上り坂群 2.72% (Pre 値 $4.40 \rightarrow$ Post 値 4.52)、下り坂群 2.51% (Pre 値 $4.37 \rightarrow$ Post 値 4.48) であった (図 5)。

一方、ストライドについてトレーニング条件別で比較したものを図 6 に示した。トレーニング前の Pre 値では平地群 1.82 ± 0.05 、上り坂群 1.87 ± 0.61 、下り坂群 1.77 ± 0.14 、Con 群 1.74 ± 0.16 であり 4 群間にはいずれも有意な差は認められなかった。トレーニング後の Post 値では、

表 3 トレーニング条件別による 100 m 走の疾走速度,

	平地群 (n = 4)			上り坂群 (n = 4)		
	Pre 値	Post 値	変化率 (%)	Pre 値	Post 値	変化率 (%)
100 m 走 (sec)	11.69 ± 0.2	11.56 ± 0.21	1.12	11.63 ± 0.1	11.48 ± 0.23	1.30
疾走速度 (m/s)	8.95 ± 0.21	9.02 ± 0.19	0.78	9.00 ± 0.13	9.10 ± 0.18	1.11
ピッチ (steps/s)	4.49 ± 0.22	4.60 ± 0.27	2.44	4.40 ± 0.58	4.52 ± 0.64	2.72
ストライド (m)	1.82 ± 0.05	1.81 ± 0.34	-0.54	1.87 ± 0.61	1.86 ± 0.66	-0.53

Mean \pm S.D

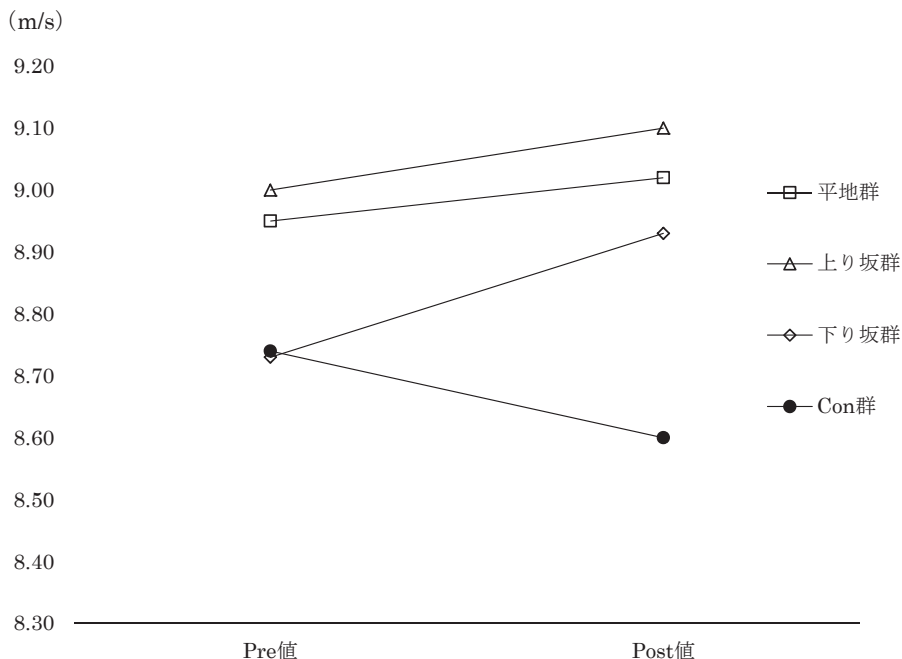


図2 条件別の Pre 値, Post 値 (疾走速度)

表4 PT 条件別による疾走速度変化のクロス集計

	疾走速度変化		
	低下型	維持型	向上型
平地群 (n = 4)	1名 25%	1名 25%	2名 50%
上り坂群 (n = 4)	0名 0%	0名 0%	4名 100%
下り坂群 (n = 5)	0名 0%	0名 0%	5名 100%
全体 (n = 13)	1名 7.7%	1名 7.7%	11名 84.6%

ピッチ, ストライド (トレーニング後による変化)

下り坂群 (n = 5)			Con 群 (n = 4)			分散分析		
Pre 値	Post 値	変化率 (%)	Pre 値	Post 値	変化率 (%)	時間	群	交互作用
11.99 ± 0.5	11.68 ± 0.43	2.65	11.93 ± 0.5	12.10 ± 0.68	-1.40	6.348*	n.s	5.595*
8.73 ± 0.38	8.93 ± 0.36	2.29	8.74 ± 0.44	8.60 ± 0.59	-1.60	n.s	n.s	3.991*
4.37 ± 0.11	4.48 ± 0.15	2.51	4.47 ± 0.13	4.46 ± 0.27	-0.22	10.426**	n.s	n.s
1.77 ± 0.14	1.80 ± 0.16	1.69	1.74 ± 0.16	1.69 ± 0.18	-2.87	n.s	n.s	n.s

**p<.01 *p<.05 n.s-not significant

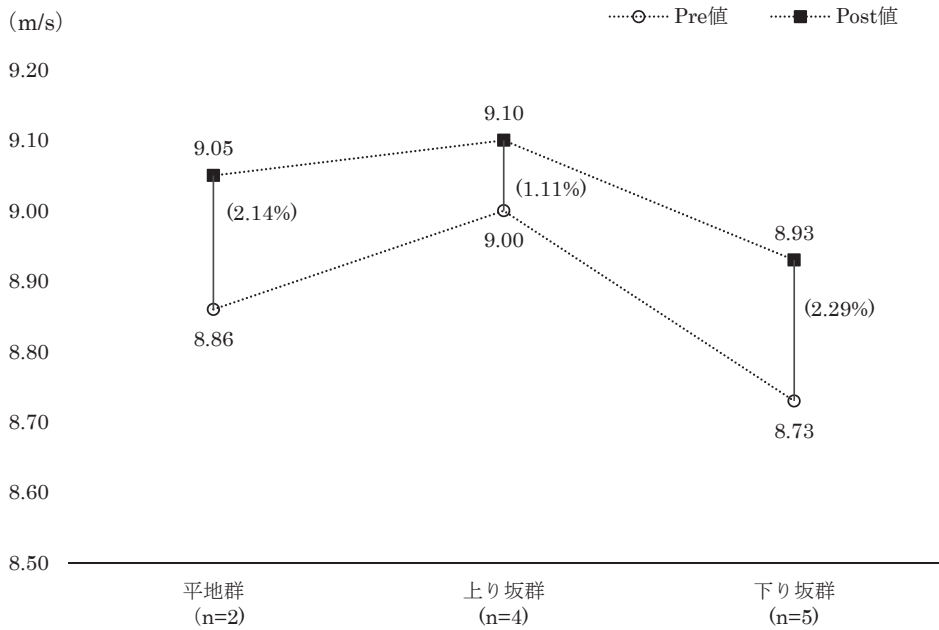


図3 向上型の Pre 値, Post 値, 変化率 (疾走速度)

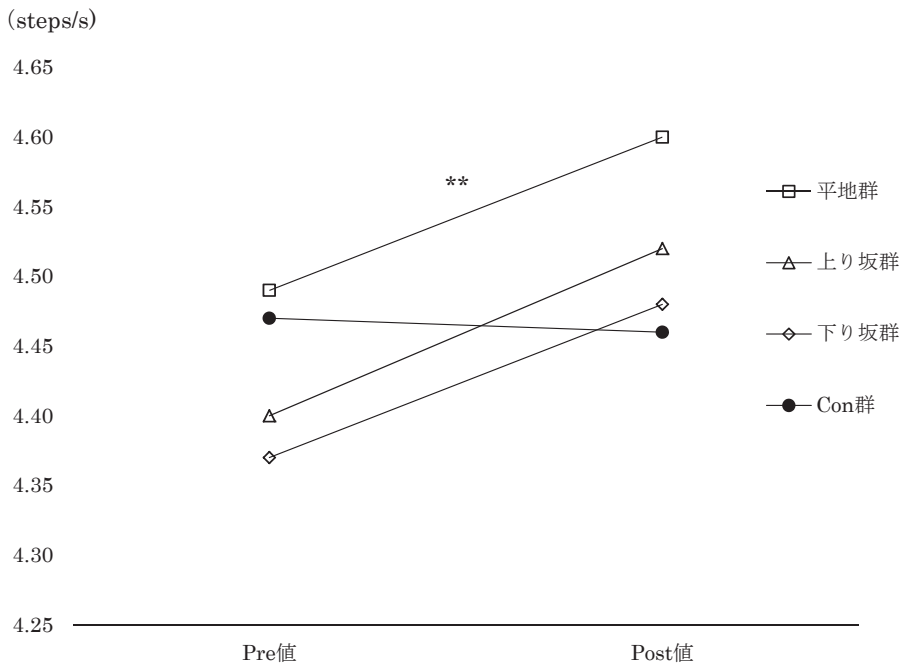


図4 条件別の Pre 値, Post 値 (ピッチ)

平地群 1.81 ± 0.34 , 上り坂群 1.86 ± 0.66 , 下り坂群 1.80 ± 0.16 , Con 群 1.69 ± 0.18 であり, ストライドにおいては交互作用, 主効果のどちらと

も有意差が認められなかった。また, ストライドにおける向上型の変化率では平地群 0.56% (Pre 値 $1.78 \rightarrow$ Post 値 1.79), 上り坂群 -0.53%

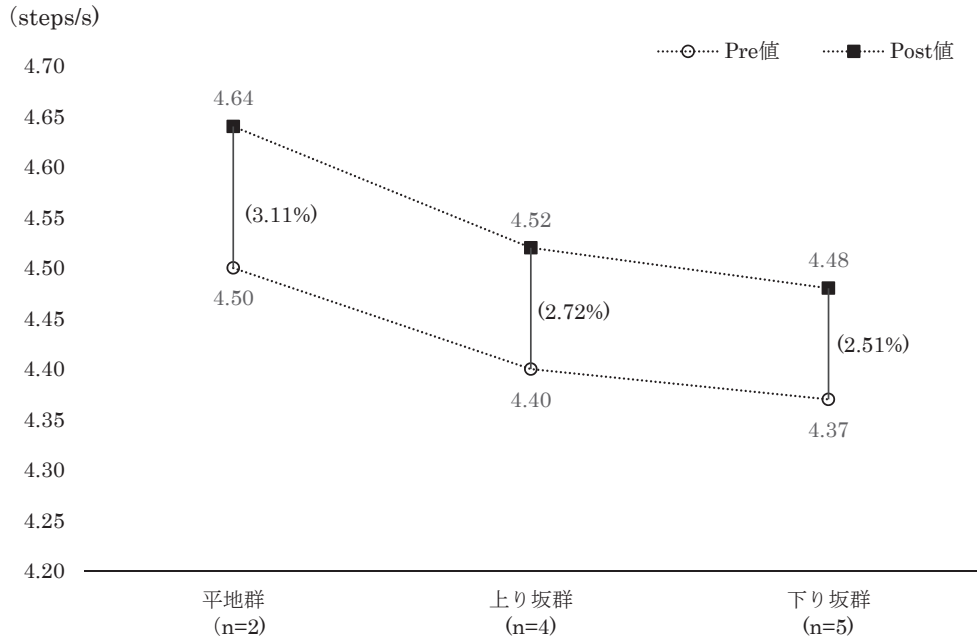


図5 向上型の Pre 値, Post 値, 変化率 (ピッチ)

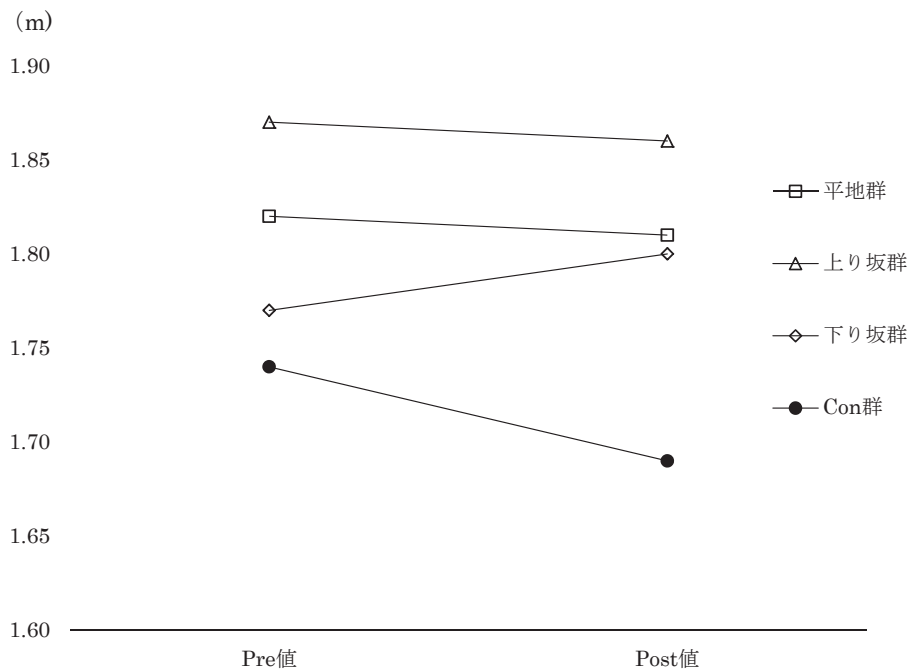


図6 条件別の Pre 値, Post 値 (ストライド)

(Pre 値1.87 → Post 値1.86), 下り坂群1.69% (Pre 値1.77 → Post 値1.80) であり (図7), ト

レーニング条件によっては増加傾向を示すに留まった。

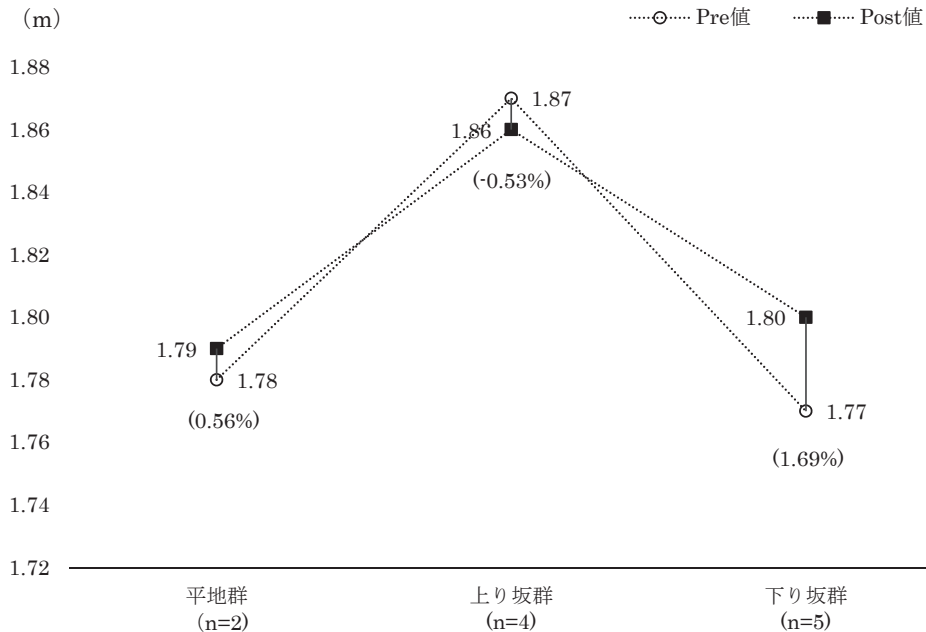


図7 向上型の Pre 値, Post 値, 変化率 (ストライド)

4. 考 察

本研究では、陸上競技部男子学生を対象として、トレーニング条件別による PT が 100 m 走の疾走能力に与える効果の有無について検証した。本研究の PT は疾走運動に類似した、もしくは関連した種目を実施しており、バウンディング (片脚交互連続跳躍) は疾走能力の向上に要するトレーニングであることや (木越ほか, 2001)、疾走能力との間に有意な相関関係が認められると報告している (青木ほか, 2007)。そして、PT を実施した 3 群に共通して前方および水平方向に大きく移動することと、接地時間の短縮を要求したうえで、通常のバウンディングよりも動作が速いスピードバウンディングの実施もおこなった。

比較条件は、平地群、上り坂群、下り坂群の PT 実施の 3 群と PT を実施しない Con 群の合計 4 条件であり、坂道での実施に際しては傾斜角度 4 度を用いた。上り坂でのトレーニングに関しては、急傾斜 (8 度) はスタートおよび加

速、緩傾斜 (1 ~ 3 度) はスタートおよびスピード持久力のトレーニングに用いられるという報告 (Dintiman et al., 1999) があり、8 度以内の傾斜角度であれば何らかの効果があると思われる。そこで、本研究の実施場所として坂道の傾斜角度が一番緩やかで、かつ安全性も考えられる適当な場所が 4 度であったため、実験場所として採用した。

4.1 プライオメトリック効果の有無について

本研究における PT の有効性について平地群、上り坂群、下り坂群といった PT 実施の 3 群と、PT 未実施の Con 群を比較した結果、PT 後による疾走速度の変化率を見ると、平地群 0.78%、上り坂群 1.11%、下り坂群 2.29% で増加傾向を示し、唯一 Con 群 -1.60% では低下傾向を示した。疾走能力に伴う競技力向上の要因は、地面に対し鉛直方向の力を大きくすることを狙うために身体重心を適度に保ち、地面を蹴るのではなく押し付けるような感覚で動作をおこなう (土江, 2004) などといった技術的要因と、脚

のばね能力でもある反動動作を利用することで、跳躍高や仕事量およびパワーの増加を目指す (Cavagna et al., 1997; 杉崎ほか, 2004) といった生理学的要因が挙げられる。そして、トップアスリートの特徴としては身体の上下動が少ない動作や、接地時間が短く、身体を弾ませながら推進力を得る動作が見られる。なかでも、100 m 走の疾走記録が速い選手ほど柔らかくて弾性の高い筋腱複合体を有していることや (Kubo et al., 2000)、接地時間が短いことから (杉田, 2003)、100 m 走の疾走記録を向上させるためには脚のばね能力が重要であることが示唆される。本研究においても、ばね能力や筋肉の発揮パワーを効果的に向上させる伸張-短縮サイクル (Stretch-Shortening Cycle; SSC) 運動でもある PT を実施することで疾走能力の改善に有効であると考えられる。

平地でおこなったプライオメトリックスが疾走能力を改善するための有効な手段であることは (Delecluse et al., 1995; 岩竹ほか, 2002, 2008)、先行研究でも明らかにされている。すなわち本研究でおこなった PT 群のみ疾走速度の増加傾向が示されたことは、坂道を利用したプライオメトリックスでも平地と同様に疾走能力を高める有効なトレーニング手段であることが考えられる。

一方、100 m 走は加速局面、最大疾走局面、最大速度維持局面に分けられることが多く (Delecluse et al., 1995)、最も重要な局面は最大速度局面であることが報告されている (阿江ほか, 1994; 松尾, 2008)。しかし、近年では加速局面や最大速度維持局面を改善することで100 m 走の疾走記録の向上を期待させるとしており (内藤ほか, 2013; 遠藤ほか, 2008)、先行研究においては、どの局面に影響を与えるかという細かな分析もされている。本研究では、PT 実施3群の疾走能力が向上した共通の要因として、PT における1種目あたりの運動時間

は約7-9秒、運動距離は約20mであり、期待するトレーニング効果が瞬発力向上であることを推察するが、どの局面で最も影響を与えるかまでの分析には至らなかった。このことから本研究でおこなったPTがどれほど加速局面、最大速度局面、速度維持局面に影響を与えるのか課題が残った。

4.2 PTによる疾走速度を高める可能性について

4.2.1 ピッチの変化

本研究でおこなったPTの実施結果により、疾走速度の有意な交互作用が認められた (表3)。このことについては、トレーニング条件によって効果の現れ方が違うことを示唆している。また、疾走速度はピッチとストライドの積で決まるため、100 m 走の疾走記録を短縮させるためには、ピッチとストライドのいずれかを向上させる必要がある。

そこで、PT条件別によるピッチの変化に着目すると平地群 (Pre 値4.49→Post 値4.60)、上り坂群 (Pre 値4.40→Post 値4.52)、下り坂群 (Pre 値4.37→Post 値4.48) の全てにおいて増加傾向を示し、トレーニング前とトレーニング後で有意差が認められた (図4)。

そして、100 m 走に必要とされる技術的要因として、接地時間の短縮が挙げられ、疾走速度が高い選手ほど接地時間が短いことや (福田ほか, 2004)、ピッチの向上には接地時間の短縮が有効であると指摘している (土江ほか, 2010)。このことから、本研究でおこなったPT群の疾走速度が向上した要因として、ピッチの向上に伴った接地時間の短縮が推察される。また、実施にあたり接地時間の短縮を意識させたことから単に実施するだけではなく、トレーニング条件としての評価や指示を組み込むことの重要性もあると考えられる。

4.2.2 ストライドの変化

PT群によるストライドの変化に着目すると平地群 (Pre 値1.82→Post 値1.81), 上り坂群 (Pre 値1.87→Post 値1.86), 下り坂群 (Pre 値1.77→Post 値1.80) であり, 交互作用および主効果は有意でなかったが, 下り坂群のみ増加傾向を示した (図6)。平地と比較し, 下り (4.8度) 走行中の地面反力は鉛直方向に対し有意に大きかったことから (Dick et al., 1987), 下り坂でPTを実施したことで先行研究と同様に接地脚が鉛直方向に対して大きな衝撃力を与えることができたと推測される。また, 疾走動作を改善させるための指導として身体重心の真下近くに脚を接地させることが重要だと指摘しており (トム・テレッツ, 1992), 競技者は歩行および疾走における移動運動において身体重心に近い位置で接地瞬時に力発揮をすることが特徴であると示している (谷川ほか, 2008)。本研究の被験者も一般学生ではなく日々クラブ活動を継続している競技者であることから, 下り坂群においても身体重心の真下で地面を押すという意識で繰り返すことができ, 効率的に反発力を得られたと考えられる。

また, ストライドは空中での移動距離に影響していることや (松尾, 2008), ストライドの拡大を狙うための動作として接地中は支持脚に体重を乗り込ませるようにすることが必要とされているため (土江, 2004), 下り坂を利用することで支持脚への乗り込みが良くなった可能性が考えられる。その結果, 平地群, 上り坂群よりも短時間に大きな力を加えることができ, 水平方向に対し空中で大きな移動距離を獲得したことによってストライドの増加に貢献できたと推察される。

4.2.3 PT条件別による効果の検証

まず, PT条件別によるピッチの変化率では平地群2.44%, 上り坂群2.72%, 下り坂群2.51%であり, 条件別によって変化の差はあまり見ら

れないが, 本研究のピッチについては, 時間の主効果が有意であった (表3)。そのため, どのトレーニング条件が有意であるのかを分析した結果, 平地群のみトレーニング前後で有意差があることが認められた。上り坂群, 下り坂群のピッチが増加傾向にも関わらず有意でなかった要因についてはトレーニングプログラムの妥当性が考えられる。疾走能力を高める際におこなうPTについては, 極めて疾走動作に近いトレーニングをおこなう必要があり (Delecluse et al., 1995), 主に片脚交互連続跳躍といったバウンディング動作が疾走能力を高める有効な手段であると報告されている (木越ほか, 2001)。

本研究でもバウンディングを実施しているが, スケータージャンプについては腕振りを伴った斜め前方方向への連続跳躍であり, 疾走動作に近いとは言い難い。そして, 片脚ホッピングについては支持脚に体重を乗り込ませる動作を習得させるためには必要なトレーニングであるが, 坂道を利用した場合, 非常に高度な技術が要求されると考えられる。そのため, 本研究の実施期間だけで取り入れることは妥当でないと推測される。

一方, リバウンドジャンプは鉛直方向の跳躍運動として腕の振り込み動作を伴った連続跳躍であり, スピードバウンディングはピッチの貢献が高く, 接地時間の短縮に効果があることから (森長ほか, 2010), PTの実施内容としては妥当であったと考えられる。このことから坂道を利用としたPTを実施する場合, 選手の競技特性や技術的要因も考慮してトレーニングプログラムを組み込むことが必要であると考えられる。

次に, 疾走速度に着目すると, 有意な交互作用が認められたが主効果は認められず, トレーニング前後およびPT条件別までの比較は断定できなかった (表3)。しかし, 100 m 走の疾

走記録については有意な交互作用や、主効果についても認められた。この結果、下り坂群のPTによって疾走記録が短縮したことを示した。そして、疾走動作や発育発達段階の変化に伴ってストライドが増加し疾走速度も高まったという報告がある（伊藤ほか，1998；斉藤ほか，1995）。本研究におけるストライドの変化率に着目し、下り坂群（1.69%）は平地群（-0.54%）および上り坂群（-0.53%）と比較すると、約3倍もの効果が高まる可能性が示唆された。このことについては前述にも記したが、坂道を用いた走運動の研究では、平地に比べると下り（4.8度）走行中の地面反力が鉛直方向に対し有意に大きかったことを報告している（Dick et al., 1987）。このように、下り坂群でPTを利用することで平地群および上り坂群よりも、短時間に大きな力を加えることで、水平方向に対し空中で大きな移動距離の獲得およびストライドの増加に貢献したことが疾走記録を短縮した要因だと考えられる。

以上のことから、本研究において導入したPTは、接地中による腱の強い伸張反射を引き起こすことで、素早い動きに対応していると報告していることから（Ishikawa et al., 2008）、平地群、上り坂群、下り坂群でピッチの増加が確認できたことは先行研究と同様な結果であり、妥当であったと考えられる。しかし、ピッチに関しては平地群にのみトレーニング前後で有意であったため、坂道を利用する際に生理学的要因、技術的要因および障害の危険性を考慮すると、ピッチの向上を狙う手段としては平地を選択することが望ましいと考えられる。

また、ピッチの維持および向上により速度維持局面での速度低下を抑えることや（中野ほか，1991；中野ほか，1995；土江，2009）、ストライドの増加が最大速度局面を改善し（伊藤ほか，1998）、疾走記録の向上に影響を与えると示唆している。そして、本研究の結果により下り坂

群で実施したPTがピッチを効果的に高めるとともに、相反する関係でもあるストライドの増加も獲得し、疾走記録を有意に短縮させることを明らかにした。このことから100 m走の疾走記録を短縮させるための有効なトレーニング場所として、下り坂でのPTの導入が有効であることが考えられる。

今後は、生理学的要因および技術的要因を考慮したトレーニングプログラムについての検討や坂道を利用としたPTが加速局面、最大速度局面、最大速度維持局面といったどの局面に効果を及ぼすのかを追及することが課題である。

5. 要 約

陸上競技部男子学生17名（20.2±0.9歳）を被検者として、坂道を利用したPTが100 m走の疾走能力に及ぼす影響を比較検討した。彼らを次の3つのPT条件群とコントロール群に均等に配分した。トレーニング条件として、平地、上り坂、下り坂でのPT（リバウンドジャンプ、スケータージャンプ、ホッピング、バウンディング、スピードバウンディング）を週3回の頻度で9週間行い、通常のトレーニングのみを実施するCon群と比較した。主な結果は、以下のとおりである。

- 1) ピッチにおいてPT群すべてで増加傾向を示し、平地群のみPT前後で有意差が認められた。
- 2) ストライドにおいては有意差が認められなかったが、下り坂群のみ増加傾向を示した。
- 3) 疾走速度において有意な交互作用が認められたが、PT前後および条件別での比較では主効果は認められなかった。
- 4) 下り坂群でおこなったPT前後で疾走記録が有意に短縮したことが認められた。

以上のことから、ストライドの獲得を狙う場合は、ピッチも効果的に高め、疾走記録も有意に短縮させることが可能なことから下り坂で

のPTが有効であることが明らかとなった。また、ピッチの向上だけを狙う場合は平地、上り坂、下り坂でのPTが有効であるが、坂道を利用する際に生理学的要因、技術的要因および障害の危険性などを考慮すると、ピッチの向上を狙う手段としては平地を選択することが望ましいと考えられる。

参 考 文 献

- Cavagna, G. A., Mantovani, M., Willems, P. A. and Musch, G. (1997) The resonant step frequency in human running. *Pflüger's Archiv*, 434: 678-684.
- Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R. and Goris, M. (1995) Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27: 1203-1209.
- Dick, R. W. and Cavanagh, P. R. (1987) A comparison of ground reaction forces (GRF) during level and downhill running at similar speed. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19, S12.
- Dintiman, G. B. and Ward, R. D. (1999) スポーツスピード・トレーニング. 大修館書店:東京, pp. 109-125, p. 144.
- Ishikawa, M. and Komi, P. V. (2008) Muscle Fascicle and Tendon Behavior During Human Locomotion Revisited. *Exercise & Sport Sciences*. 36(4): 193-199.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y. and Fukunaga, T. (2000) Elasticity of tendon structures of the lower limbs in sprinters. *Acta Physiol Scand*, 168 (2): 327-335.
- 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖 (1994) 世界一流スプリンターの分析—男子を中心に—。世界一流競技者の技術。第3回世界陸上選手権大会バイオメカニクス班報告書。日本陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス班編。ベースボール・マガジン社:東京, pp. 15-28.
- 青木和浩・河村剛光・越川一紀・吉儀 宏 (2007) 大学跳躍選手におけるバウンディング能力と体力の関係およびその性差。陸上競技研究, 71: 10-15.
- 伊藤 章・市川博啓・斎藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100 m 中間疾走局面における疾走動作と速度の関係。体育学研究, 43: 260-273.
- 岩竹 淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤健・岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係。体育学研究, 47: 253-261.
- 岩竹 淳・北田耕司・川原繁樹・岡子浩二 (2008) ジャンプトレーニングが思春期後期にある男子生徒の疾走能力に与える影響。体育学研究, 53: 353-362.
- 遠藤俊典・宮下 憲・尾縣 貢 (2008) 100 m 走後半の速度低下に対する下肢のキネティック的要因の影響。体育学研究, 53: 477-490.
- 尾縣 貢・生田香明・猪熊 真・関岡康雄・大山良徳・近藤 潤 (1988) スキッピングトレーニングが体力、疾走能力、疾走動作に与える効果。体育学研究, 33: 69-78.
- 木越清信・尾縣 貢・田内健二・高松 薫 (2001) 特異的な筋力および筋パワートレーニング手段としての立ち五段跳びおよび立ち十段跳びの有効性。陸上競技研究, 47: 13-18.
- 斉藤昌久・伊藤 章 (1995) 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化。体育学研究, 40: 104-111.
- 杉崎範英・岡田純一・金久博昭・福永哲夫 (2004) 足関節の反動動作における弾性エネルギーが機械的仕事量および機械的パワーの増強に及ぼす影響。人間工学, 40: 82-89.
- 杉田正明 (2003) 100 m 走における接地時間(支持時間)について。月刊陸上競技4月号, 連載47 陸上競技のサイエンス, pp. 142-145.
- 谷川 聡・島田一志・岩井浩一・尾縣 貢 (2008) 競技者と一般人の走および歩動作の特徴。53: 75-85.
- 土江寛裕 (2004) アテネオリンピックにむけての「走りの改革」の取り組み。スポーツ科学研究, 1: 10-17.
- 土江寛裕 (2009) 日本代表スプリンターにおけるレース中のピッチ変化が記録向上に及ぼす影響。スポーツパフォーマンス研究, 1: 169-176.
- 土江寛裕・櫛部静二・平塚 潤 (2010) 最大スプリント走時の走速度、ピッチ・ストライド、接地・滞空時間の相互関係と、競技力向上への一考察。城西大学研究年報, 33: 31-36.
- トム・テレット (1992) コーチングクリニック報告。スプリント研究, 2: 65-70.
- 内藤 景・菊山 靖・宮代賢治・山元康平・尾縣貢・谷川 聡 (2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた100 m レース中の加速局面の疾走動態。体育学研究, 8: 523-538.
- 中野正英・尾縣 貢・伊藤道郎・吉武信二 (1991) 100 m レース後半の疾走速度減速を規定する動作要因の検討。陸上競技研究, 6: 2-7.
- 中野正英・尾縣 貢 (1995) 走速度の低下に影響を及ぼすキック・フォームの変化について。体育の科学, 45: 399-404.
- 福田厚治・伊藤 章 (2004) 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速: 接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか。体育学研究, 49: 29-39.
- 松尾彰文 (2008) 最大下スピード練習の効果を高めるための提案—ランニングパフォーマンスへの応用—。体育の科学, 58: 756-764.

森長正樹・鬼澤範子・澤野大地・本道慎吾 (2010)
バウンディングとスピードバウンディングの跳
躍動作の相違に関する研究. 陸上競技研究,
82: 20-25.
米津 毎・青木和浩・佐久間和彦・越川一紀・金子

今朝秋 (2007) 大学男子短距離走者におけるス
プリントバウンディングおよびバウンディング
運動のトレーニング効果について. 陸上競技研究,
69: 22-29.