

スプリントにおける伸張反射プログラムが陸上競技選手の パフォーマンス向上に及ぼす有用性

——異なるトレーニング環境が加速能力に与える影響について——

松田 亮*・田村 孝洋**

Effectiveness of Stretch Reflex Programs in Improving Sprint Performance in Track and Field Athletes: Effects of Different Training Environments on Acceleration

Ryo Matsuda and Takahiro Tamura

Abstract

We investigated the effectiveness of stretch reflex programs (SRPs) in 17 male students (mean age: 20.2 ± 0.9 years) who were track and field athletes. The effect of the SRP conditions in improving the 100-m sprint performance was explored. The different training environments were level ground, uphill, and downhill, and the subjects were assigned evenly to an SRP group for each environment and a control group. The students performed their SRPs (rebound jump, slalom jump, single-leg hop (right and left), bounding, and speed bounding) three times a week for 9 weeks. The control group received regular training. The primary findings were as follows:

1. Over 0 to 30 m, the SPR groups showed improved pitch and stride under all conditions, with a marked improvement in the downhill training environment group.
2. An SRP using a downhill slope of four degrees or less was effective as a training environment to improve sprinting speed in the acceleration period.
3. An SRP using an uphill slope was a suitable environment for improving only the pitch in sprinting.
4. The improvement in stride between 0 and 30 m in the downhill SRP group likely contributed to increases in both pitch and stride between 30 and 100 m.

These results showed that an SRP performed downhill increased pitch and its tradeoff counterpart—stride—effectively between 0 and 30 m and significantly improved sprinting speed over 30 to 100 m. The study therefore demonstrated that downhill is the most appropriate environment for SRP training.

Key words: Stretch Reflex Program(SRP), acceleration period, uphill, downhill
伸張反射プログラム, 加速局面, 上り坂, 下り坂

1. 緒 言

陸上競技の短距離種目に位置づけられる 100

m 走は、加速局面、最大速度局面、速度維持局面の疾走3局面に分けられ (Delecluse et al., 1995; 羽田ほか, 2003), 中でも、最大速度局面における疾走速度を向上させることが、100 m 走パフォーマンスを大きく左右する要因だ

* 広島経済大学経営学部スポーツ経営学科准教授

** 中村学園大学教育学部児童幼児教育学科助教

とされ、数多くの研究がおこなわれてきた(阿江ほか, 1994; 稲葉ほか, 2002; 杉田, 2003)。近年では最大速度局面による疾走速度をより向上させるため、加速局面を分析対象とした研究に関心が寄せられている(Debaere et al., 2013; 内藤ほか, 2013)。スプリント走において加速局面でのストライド増加が疾走速度を高める起因として考えられることや(小林ほか, 2009)、加速局面における上体姿勢による前傾角度の違いが中間疾走以降の速度に影響を及ぼすことから(伊藤ほか, 2010)、疾走能力を高める要因として、加速局面を比較検討として取り上げる重要性が伺える。

一方で、疾走運動と跳躍運動とでは筋の収縮様式や力発揮特性が類似していることが示唆されており(遠藤ほか, 2012)、疾走能力を向上させるために重要とされるトレーニング手段としては、跳躍力を高めるのに必要な反動動作を伴ったジャンプトレーニングが有効であると示されている(岡子ほか, 2007; 岩竹ほか, 2008)。そして、陸上競技における100 m走の国内トップアスリートの接地時間は0.09秒という報告がされていることから(福田ほか, 2004)、極めて短時間に下肢が大きな力を発揮し、その後大きな地面反力を獲得させるよう素早い反動動作をおこなうことが必要とされる。このように一連の反動動作を連続しておこなわせるためには、下肢の伸張性筋活動中に引き起こされる伸張反射をいかに効率よく利用することがパフォーマンス向上の鍵となる。このような背景からも伸張反射を利用したトレーニングプログラムとして代表されるプライオメトリックスが、幾つもの指導現場や研究方法で導入されてきた(Dintiman and Ward, 1999)。プライオメトリックスを用いて反動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も示唆されており(岩竹ほか, 2002)、加速局面および最大疾走局面といった疾走局面に大きな影響を

与えていることが明らかにされている(Delecluse et al., 1995; 米津ほか, 2007; 岩竹ほか, 2008)。また、前述したプライオメトリックスに関する研究の多くが、平地を利用したものばかりであるが、上り坂、下り坂といった異なるトレーニング環境においても、100 m疾走能力を有意に向上することができたと報告されている(松田ほか, 2016)。以上の先行研究により、プライオメトリックスを用いた、伸張反射プログラムは、脚が短時間に大きな力を発揮することからも、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、松田ら(2016)の報告によれば、上り坂や下り坂といった異条件下で実践するプライオメトリックスの効果として、100 m疾走能力を検討しているに留まっており、100 m走における加速局面および最大疾走局面といった疾走局面については比較検討されていない。また、上り坂や下り坂の効果について言及している研究は、スプリンティングおよびランニング動作を用いて検討しているものが多く(Jinger and Rodger, 2005; 安ほか, 2007)、異条件下で伸張反射を利用した研究に関しては乏しい状況である。したがって、プライオメトリックといった伸張反射を利用したトレーニングを異条件下で実践し、100 m走における疾走局面にどのような影響を与えているのかを検討することは、今後のトレーニングプログラムの確立として、コーチングに役立つ有益な研究になると考えられる。

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伸張反射プログラムを実践し、スプリントパフォーマンス向上の獲得と、その有用性について検討する。また、異なるトレーニング条件として、平地、上り坂、下り坂で反動動作を伴う伸張反射プログラムが、100 m疾走局面における加速局面の影響についても検討

することを目的とした。

2. 研究方法

2.1 被検者

陸上競技部に在籍している大学男子学生17名を被検者として用いた。通常のトレーニングに加え異条件下での伸張反射プログラム (Stretch Reflex Program: 以下, SRP) 群および通常のトレーニングのみで SRP を実施しないコントロール (以下, Con) 群を表1の通り4つのトレーニング条件に分け, 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。また, 被験者は本研究でおこなう SRP を日常から定期的に実践

していたが, トレーニングの質を確保するため, 実験の数日前から, SRP における指導およびトレーニングをおこない, 本研究に沿った動作がおこなえるかを見定めた。

2.2 加速局面の定義

本研究では, 100 m 走の疾走局面を分析対象とした研究やコーチング現場で実際に活用されている通過タイム計測に基づき (羽田ほか, 2003; 内藤ほか, 2013), スタート後 0 m から 30 m を加速局面として定義した。

2.3 伸張反射プログラム (SRP)

SRP の実施に関しては (表2), 陸上競技のトレーニング現場で用いられているリバウンド

表1 SRP 群および Con 群の身体的特徴と 100 m 疾走記録

	SRP 群			Con 群 (n = 4)	分散分析
	平地 (n = 4)	上り坂 (n = 4)	下り坂 (n = 5)		
年齢 (yr)	20.5 ± 0.6	20.3 ± 1.0	20.2 ± 1.3	20.0 ± 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)	67.0 ± 7.6	61.8 ± 3.4	65.8 ± 2.8	63.5 ± 3.1	n.s
100 m 疾走 (Sec)	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

表2 SRP の実施内容

種目	実施方法	歩数	セット数	指示
リバウンドジャンプ	腕の振り込み動作を伴い, 前方方向へ連続した垂直跳びをおこなう。その際, 接地時間の短縮を図るため, 接地時には膝関節が屈曲しないよう指示をだした。	10	3	高さ
スラロームジャンプ	腕振りを伴い, 斜め前方方向への片脚交互連続跳躍をおこなう。	10	3	距離
シングル・レッグ・ホップ (右)	前方にジャンプし右脚で踏み切る動作を繰り返す。力強い腕振りを利用して, ジャンプの高さと距離も意識させた。	10	2	高さ・距離
シングル・レッグ・ホップ (左)	前方にジャンプし左脚で踏み切る動作を繰り返す。力強い腕振りを利用して, ジャンプの高さと距離も意識させた。	10	2	高さ・距離
バウンディング	腕振りを伴った, 前方への片脚交互連続跳躍をおこなう。その際, ランニング動作を誇張させるように指示をだした。	10	3	距離
スピードバウンディング	バウンディング動作に対して, 股関節を素早く切り返しておこなう。その際, 推進力を高めさせるよう意識させた。	10	3	速さ

ジャンプ、スラロームジャンプ、シングル・レッグ・ホップ（右・左）、バウンディング、スピードバウンディングを採用し、週3日の頻度で9週間おこなった。歩数は、加速局面でもある0 mから30 m区間でのSRPを想定し、1セットの試技を10歩程度とした。セット数については、1セットよりは複数セットで効果があり、3セットが筋タンパク質を合成させる最適なセット数でもあるため（Krieger JW, 2010）、本研究では2-3セットおこなわせた。また、各種目の特性に応じて、高さ：「できるだけ高く弾むように」、距離：「前方に大きく跳ぶように」、速さ：「推進力を高め、前に進むように」といった指示や共通の指示として、接地時間の短縮を提示し、正確におこなわせるよう努めた。そして、SRP導入のタイミングとしては、ウォーミングアップ終了後に実施することとした。その際、Con群はミニハードルなどを用いたスプリントドリルを実施するよう指示をした。

2.4 トレーニング環境

SRP群として、平地および上り坂、下り坂を利用し、坂道においては傾斜角度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があることから（Dintiman and Ward, 1999）、8度以内の傾斜角度であれば何らかの効果があると期待される。したがって、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。

2.5 測定項目

先行研究で用いた方法に従い（松田ほか, 2016）、9週間のSRPの開始前（8月）と終了

後（11月）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、スパイクシューズを着用した100 mの全力疾走をおこなった。30 m通過の目安となるものとして、女子100 mHの3台目のマークの横にポールを設置した。その際デジタルビデオカメラ（毎秒30 fps、シャッター速度1/500秒）4台で撮影した。撮影した映像を用いて毎秒30 fpsを毎秒60 fpsに変換（AviUtl）したのち、映像を同期させ、100 m走における加速局面（以下、0-30 m）および加速局面以降（以下、30-100 m）の疾走速度、ピッチ、ストライドを算出した。

2.6 統計処理

SRP群およびCon群の身体的特徴と100 m疾走記録に関しては、一元配置分散分析を用いて群間比較を行った。また、0-30 mおよび30-100 m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。その際、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

表1には、SRP群およびCon群の身体的特徴と100 m疾走記録を示した。いずれもグループ間での有意な差は認められなかった。

3.1 100 m 疾走記録について

SRP群およびCon群による100 m走の疾走速度、ピッチ、ストライドについて、SRP前後の変化を表3に示した。100 m疾走記録におけるSRP前後の変化率として、平地1.12%（Pre

表3 SRP 群および Con 群における 100 m 疾走能力 (疾走速度, ピッチ, ストライド) による変化

	SRP 群						Con 群				分散分析	
	平地 (n = 4)		上り坂 (n = 4)		下り坂 (n = 5)		Pre 値		Post 値			変化率 (%)
	Pre 値	Post 値	Pre 値	Post 値	Pre 値	Post 値	Pre 値	Post 値				
100 m 疾走 (sec)	11.69 ± 0.24	11.56 ± 0.21	11.63 ± 0.17	11.48 ± 0.23	11.99 ± 0.50	11.68 ± 0.48	11.93 ± 0.52	12.10 ± 0.68	6.348*	n.s.	5.595*	
疾走速度 (m/s)	7.56 ± 0.20	7.63 ± 0.12	7.54 ± 0.11	7.68 ± 0.10	7.39 ± 0.27	7.61 ± 0.22	7.46 ± 0.24	7.42 ± 0.32	13.650**	n.s.	4.956*	
0-30 m	9.55 ± 0.23	9.61 ± 0.22	9.63 ± 0.16	9.71 ± 0.22	9.31 ± 0.45	9.49 ± 0.43	9.30 ± 0.53	9.11 ± 0.71	n.s.	n.s.	4.834*	
ピッチ (steps/s)	4.40 ± 0.24	4.41 ± 0.12	4.28 ± 0.10	4.36 ± 0.09	4.20 ± 0.14	4.30 ± 0.16	4.37 ± 0.24	4.43 ± 0.27	n.s.	n.s.	n.s.	
0-30 m	4.54 ± 0.22	4.64 ± 0.33	4.45 ± 0.05	4.59 ± 0.09	4.44 ± 0.12	4.56 ± 0.15	4.51 ± 0.08	4.48 ± 0.29	4.767*	n.s.	n.s.	
ストライド (m)	1.35 ± 0.05	1.36 ± 0.03	1.38 ± 0.05	1.40 ± 0.05	1.33 ± 0.11	1.43 ± 0.13	1.32 ± 0.06	1.28 ± 0.08	n.s.	n.s.	4.228*	
0-30 m	2.01 ± 0.05	2.00 ± 0.05	2.09 ± 0.08	2.06 ± 0.08	1.96 ± 0.16	1.98 ± 0.19	1.93 ± 0.21	1.86 ± 0.22	n.s.	n.s.	7.394*	

**:, p<.01 *:, p<.05 n.s: not significant

値11.69→ Post 値11.56), 上り坂1.30% (Pre 値11.63 → Post 値11.48), 下り坂2.65% (Pre 値11.99 → Post 値11.68), Con 群 -1.40% (Pre 値11.93 → Post 値12.10) であり, Con 群のみ低下傾向にあった。また, 4つのトレーニング条件間では有意差が認められなかったが, SRP 前後の比較については有意差が認められた (F 値=6.345, p<.05)。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, SRP 群の下り坂で有意に短縮していることを示した (図1)。

3.2 加速局面 (0-30 m) 疾走能力の変化

SRP 群および Con 群における 0-30 m の疾走速度, ピッチ, ストライドについて, SRP 前後の変化率を図2に示した。疾走速度の変化率として, 平地0.92% (Pre 値7.56 → Post 値7.63), 上り坂1.45% (Pre 値7.54 → Post 値7.68), 下り坂2.97% (Pre 値7.39 → Post 値7.61), Con 群-0.53% (Pre 値7.46 → Post 値7.42) であり, Con 群のみ低下傾向にあった。また, 4つのトレーニング条件間では有意差が認められなかったが, SRP 前後の比較については有意差が認められた (F 値=13.650, 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, SRP 群の下り坂で有意に短縮していることを示した。

続いて, ピッチの変化率として, 平地0.22%

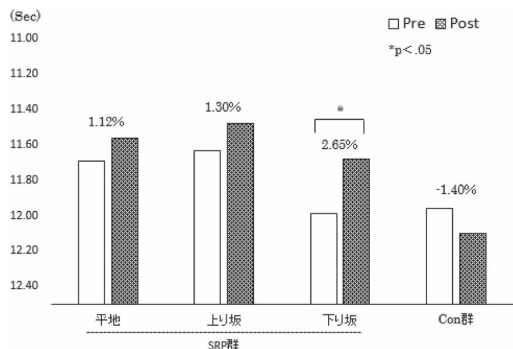


図1 100 m 疾走記録の変化率

(Pre 値4.40→Post 値4.41), 上り坂1.86% (Pre 値4.28→Post 値4.36), 下り坂2.38% (Pre 値4.20→Post 値4.30), Con 群 1.37% (Pre 値4.37→Post 値4.43) であり, ピッチ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。

一方, ストライドの変化率については, 平地0.74% (Pre 値1.35→Post 値1.36), 上り坂1.44% (Pre 値1.38→Post 値1.40), 下り坂7.51% (Pre 値1.33→Post 値1.43), Con 群 -3.03% (Pre 値1.32→Post 値1.28) であり, Con 群のみ低下傾向にあった。なお, 有意な交互作用が認められたため (F 値=4.228, $p<.05$), 単純主効果の検定を行ったが, SRP 前後の比較と4つのトレーニング条件間には有意な差は認められなかった (表3)。

3.3 加速局面以降 (30-100 m) 疾走能力の変化

SRP 群および Con 群における 30-100 m の疾走速度, ピッチ, ストライドについて, SRP 前後の変化率を図3に示した。疾走速度の変化率として, 平地0.62% (Pre 値9.55→Post 値9.61), 上り坂0.83% (Pre 値9.63→Post 値9.71), 下り坂1.93% (Pre 値9.31→Post 値9.49), Con 群 -2.04% (Pre 値9.30→Post 値9.11) であり, Con 群のみ低下傾向にあった。なお, 有意な交互作用が認められたため (F 値=4.834, $p<.05$), 単純主効果の検定を行ったが, SRP 前後の比較と4つのトレーニング条件間には有意な差は認められなかった (表3)。

続いて, ピッチの変化率として, 平地2.20% (Pre 値4.54→Post 値4.64), 上り坂3.14% (Pre 値4.45→Post 値4.59), 下り坂2.70% (Pre 値4.44→Post 値4.56), Con 群 -0.66% (Pre 値4.51→Post 値4.48) であり, Con 群のみ低下

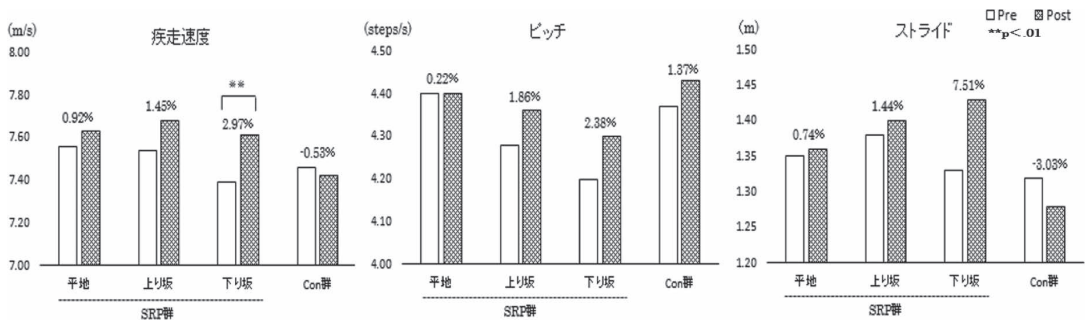


図2 加速局面 (0-30 m) における疾走能力の変化率

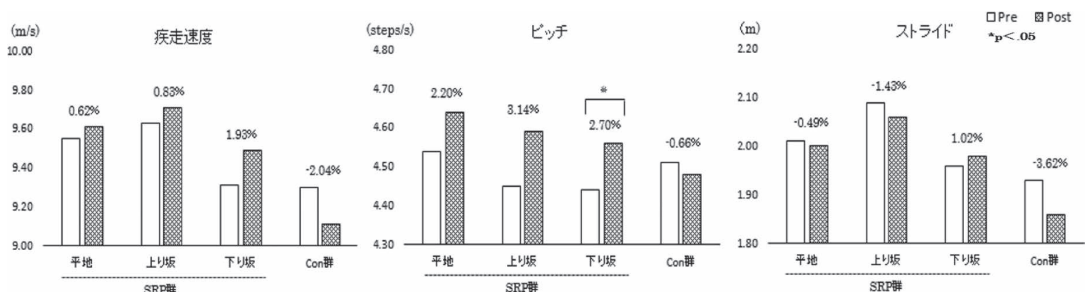


図3 加速局面以降 (30-100 m) における疾走能力の変化率

傾向にあった。また、4つのトレーニング条件間では有意差が認められなかったが、SRP前後の比較については有意差が認められた (F 値=4.767, $p<.05$)。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、SRP群の下り坂で有意に短縮していることを示した。

一方、ストライドの変化率については、平地-0.49% (Pre 値2.01 → Post 値2.00), 上り坂-1.43% (Pre 値2.09 → Post 値2.06), 下り坂1.02% (Pre 値1.96 → Post 値1.98), Con 群-3.62% (Pre 値1.93 → Post 値1.86) であり、下り坂のみ向上傾向にあった。なお、有意な交互作用が認められたため (F 値=7.394, $p<.05$), 単純主効果の検定を行ったが、SRP前後の比較と4つのトレーニング条件間には有意な差は認められなかった (表3)。

4. 考 察

本研究では、陸上競技部男子学生を対象として、異条件下でのSRPが100 m 疾走におけるパフォーマンス向上の獲得と、その有用性について検討することを目的とした。また、伸張反射を利用したプライオメトリックスを異条件下で実践した場合において、100 m 疾走能力を有意に向上することが明らかにされている (松田ほか, 2016)。しかし、100 m 疾走局面において、どのような効果が得られるかまでは検討されていない。コーチングの視点からも、選手の特徴を掴み、効果的なトレーニングを提示することは意義深いであろう。したがって、100 m 疾走において、どの局面でどのような効果が得られるかについて検討することは重要な課題であると考えられる。

4.1 SRP が加速局面 (0-30 m) に与える効果について

100 m 走は、加速局面、最大速度局面、速度維持局面の疾走3局面に分けることができ

(Delecluse et al., 1995; 羽田ほか, 2003), 近年では100 m 疾走能力を高める手がかりを探るべく加速局面を分析対象とした研究が注目されている (Debaere et al., 2013; 内藤ほか, 2013)。本研究において、0-30 m という加速局面を分析としたところ、疾走速度で有意な交互作用を認め、SRP群の平地、上り坂、下り坂およびCon群によって効果の現れ方が違うことが示唆された (表3)。そこで、疾走速度はピッチとストライドの積で決まるため、加速局面におけるピッチとストライドの変化率について検討した。

まずピッチの変化率では、平地0.22% (Pre 値4.40 → Post 値4.41), 上り坂1.86% (Pre 値4.28 → Post 値4.36), 下り坂2.38% (Pre 値4.20 → Post 値4.30), Con 群 1.37% (Pre 値4.37 → Post 値4.43) の全てにおいて向上傾向を示したが、それぞれのトレーニング前後で有意差は認められなかった (図2)。しかし、SRP群においてピッチが向上傾向を示したことについては、接地時間の短縮がピッチの増加には有効であると指摘していることや (土江ほか, 2010), 片脚跳び能力と加速局面との間に強い関係が認められていることから (Abdolhamid et al., 2010), 接地時間の短縮および片脚跳びを遂行したことが推察される。このことについては、SRP実施内容として、リバウンドジャンプ以外すべての種目が片脚支持となることから片脚跳び能力が求められる。両脚支持動作と比べ、片脚支持動作は技術的側面も考慮する必要があるが、本研究の被験者はSRPを日常から定期的実践しており、トレーニングの質を確保するため、実験の数日前からSRPの指導およびトレーニングをおこなわせたことから、十分な片脚跳び能力を発揮できたと窺える。また、SRPを実施するうえで接地時間の短縮を指示し、意識させておこなったことで加速局面でのピッチが向上したと考えられ

る。なお、Con 群においてもピッチが向上したことについては、ミニハードルを用いたスプリントドリルによって加速局面区間でのピッチの向上がみられたと報告がある(山崎ほか, 2002)。したがって、Con 群では SRP の代わりに、ミニハードルを用いたドリルを実施していたことから、加速局面でのピッチの向上に貢献したと考えられる。

一方、ストライドの変化率では、平地0.74% (Pre 値1.35→Post 値1.36), 上り坂1.44% (Pre 値1.38→Post 値1.40), 下り坂7.51% (Pre 値1.33→Post 値1.43), Con 群 -3.03% (Pre 値1.32→Post 値1.28) と SRP 群において向上傾向を示し、Con 群では低下傾向を示した(図2)。有意な交互作用も認められたが、トレーニング前後およびトレーニング条件との間には有意な差は認められなかった(表3)。しかし、下り坂において平地、上り坂と比較し大きくストライドが増加していることが分かる。大きなストライドを獲得するためには、脚の支持期に大きな地面反力を伝える必要があるだろう。平地や上り勾配と比較し、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いことや(Dick and Cavanagh, 1987), 片脚支持でおこなうプライオメトリックスの方が、短時間でより大きな脚パワーへと転換する効果があると示唆している(Makaruk et al., 2011)。また、ストライドの向上は脚パワーの増大と関係していることから(宮丸, 2001), 下り坂での SRP の方が、平地や上り坂よりも鉛直方向に対して大きな地面反力を与えることができ、なおかつ片脚支持での SRP を組み込んでいるため、より脚パワーを獲得することができストライドの向上が顕著であったと考えられる。なお、Con 群のストライドが低下傾向を示したことについては、SRP のような地面反力を与えるようなトレーニングが不足していたからだと推察される。

以上のことから、SRP が、0-30 m でのピッチおよびストライドの向上に貢献することが示された。スプリント走の加速局面における疾走速度の向上はストライドの向上に起因されることから(小林ほか, 2008), 加速局面での疾走速度を高めるトレーニング環境として、とくに下り坂を利用した SRP が有効であることが示唆された。

4.2 SRP が加速局面以降(30-100 m)に与える効果について

陸上競技では通常 30 m 以降の局面については最大速度局面、速度維持局面に分けて分析するが、本研究では 0-30 m という加速局面を主な分析対象としているため、0-30 m 以降は 1 つの局面にまとめて分析するに留めた。30-100 m の疾走速度では、有意な交互作用を認めたが、0-30 m の結果とはやや異なり、トレーニング前後およびトレーニング条件との間には有意な差は認められなかった(表3)。

そして、30-100 m におけるピッチの変化率については、平地2.20% (Pre 値4.54→Post 値4.64), 上り坂3.14% (Pre 値4.45→Post 値4.59), 下り坂2.70% (Pre 値4.44→Post 値4.56), Con 群 -0.66% (Pre 値4.51→Post 値4.48) であり、SRP 群の向上加傾向を示した(図3)。これらについては、上述してある 0-30 m と同様のことが考えられるが、30-100 m の SRP 群によるピッチで主効果が認められた(表3)。その結果、トレーニング条件において下り坂が有意であることが示された(図3)。このことについては、本研究で実施した、バウンディングやスピードバウンディングの動作が要因だと考えられる。バウンディングは片脚交互連続跳躍のことを指し、疾走動作に極めて近く、疾走能力を高める有効な手段であることや(米津ほか, 2007), バウンディング動作に水平方向への速度をさらに増したスピードバウンディングは、

成人の疾走速度を向上させるのに効果的であり (Christos, 2006), ピッチの貢献も高いと示唆している (森長ほか, 2010)。また, 地面反力の大きさがピッチに影響することからも (Weyand et al., 2000), 平地や上り坂と比較し, 下り坂で実施することで重力加速度による地面反力が働き, 下り傾斜を利用することで, より速い動作がおこなえることでピッチの向上が顕著であったと推察できる。

続いて, ストライドの変化率では平地 -0.49% (Pre 値2.01 \rightarrow Post 値2.00), 上り坂 -1.43% (Pre 値2.09 \rightarrow Post 値2.06), 下り坂 1.02% (Pre 値1.96 \rightarrow Post 値1.98), Con 群 -3.62% (Pre 値1.93 \rightarrow Post 値1.86) であり, SRP 群の下り坂のみ向上傾向を示した (図3)。0-30 m と同様に有意な交互作用は認められたが, トレーニング前後およびトレーニング条件との間には有意な差は認められなかった (表3)。平地や上り坂でストライドの低下傾向を示したことについては, 100 m 走の疾走記録を短縮させるためには, ピッチおよびストライドの重要性を指摘したものなどが報告されているが (土江, 2009; 斉藤ほか, 1995), ピッチとストライドは相反する関係とされている (Hunter et al., 2004)。このことから平地, 上り坂における 30-100 m ではピッチの貢献が高かったことによりトレードオフ関係が生じ, ストライドが低下傾向に陥った原因と考えられる。しかし, 平地, 上り坂と異なり, 30-100 m でのストライドも向上傾向を示した下り坂に関しては, 0-30 m で述べた要因のほかに, 努力度の変化も関係していると推察される。疾走動作において, ストライドは努力度の低下にともない向上する傾向があると示されている (村木ほか, 1999)。下り坂を利用することで, 自ずと速度が高まることから, SRP でのブレーキ動作を阻止するために, 平地や上り坂と比較し, 努力度を抑える必要がある。したがって,

最大速度以上でおこなえる下り坂においても, 動作の改善が可能となる余裕のある努力度でおこなえたことによってストライドの向上に貢献できたと考えられる。なお, 30-100 m において Con 群のみピッチおよびストライドが低下傾向を示した。0-30 m と同様に, SRP のような地面反力を与えるようなトレーニングの不足が低下傾向の要因として挙げられるほか, 100 m 疾走については, 実験前の測定は8月であり, 実験後の測定は陸上競技のトラック種目シーズン終了後の11月におこなった。このことから気温の差が原因により, 被験者1名のパフォーマンスが著しく劣っていたことが関与していることが考えられ, 測定に関して, 可能な限り寒暖差がないよう配慮しなければならない課題も挙げられる。

以上のことから, 30-100 m において, SRP はピッチの改善に有効な手段であるとともに, ストライドの向上傾向を示した下り坂では疾走速度を向上させるために, 最適な環境と言えるだろう。ただし, 平地や上り坂と比較し, 下り坂では努力度を抑えながら実践する必要もあるため, ある程度の技術が必要である。未経験者であれば平地での SRP の動作を習得してから, 下り坂で実践することを勧めする。

4.3 異なるトレーニング環境がもたらす SRP の有用性について

本研究では平地, 上り坂, 下り坂といった異なるトレーニング環境での SRP を実施し, その有用性について検討することとした。スプリントの評価として 100 m 疾走記録におけるトレーニング前後の変化率を見ると, 平地1.12%, 上り坂1.30%, 下り坂2.65%で向上傾向を示し, 平地での伸張反射を用い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, 先行研究でも明らかにされていることから (Delecluse et al., 1995; 米津ほか,

2007; 岩竹ほか, 2008), 本研究でおこなった平地の 0-30 m, 30-100 m において疾走能力が向上したことについては, 先行研究を支持する結果でもあった。しかし, 本研究でおこなった異なるトレーニング環境の中では, 上り坂, 下り坂といった環境でも疾走能力が改善したことを明らかにした。

まず, 上り坂については, 平地の走路と比較して筋の活動レベルが高く (安ほか, 2007), 前傾姿勢の傾きがやや深くなり, 接地中の膝の伸展が大きく加速局面の走動作に近いことから (尾縣ほか, 1985), 本研究でおこなった上り坂での 0-30 m におけるピッチ, ストライドが向上し, 疾走速度を高める要因になったと推察できる。30-100 m については, ストライドは低下傾向にあったが, 主にピッチの貢献が高いことから疾走速度は向上を示した。傾斜が大きくなるほどストライドの低下に影響を及ぼすことから (杉本ほか, 2014), 上り坂においてストライドが低下した要因として, トレーニング環境における傾斜角度の差異が考えられる。そして, 30-100 m ではハムストリングスの筋力発揮の重要性が挙げられ, 疾走速度と有意な相関があると指摘されている (渡邊, 2006)。ジャンプ系トレーニングはハムストリングスの筋力を向上させることから (Hewett et al., 1995), 本研究でおこなった SRP によりハムストリングスの筋力を向上させ, それに伴い脚の切り替えし動作を改善させたことによってピッチの貢献度が高く疾走速度を増加させたと考えられる。そのため, ピッチを限定としてスプリントの強化を図る場合, トレーニング環境として上り坂が適していると推察される。

最後に, 下り坂については, 0-30 m, 30-100 m の検証でも述べたとおりであり, ピッチとストライドの両方が向上傾向を示し, 100 m 疾走記録の向上およびトレーニング条件として下り坂での SRP が有意であることを示し

た (図1)。また, 本研究で実施した異なったトレーニング環境での SRP 効果の違いについてはストライドが顕著に表れた。疾走能力に伴うパフォーマンス向上の要因は, 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などといった技術的要因も重要とされている (土江, 2004)。スタート後の疾走速度の向上はストライドの影響が強いことから (伊藤ほか, 2006), 下り坂を利用した地面反力を, 鉛直方向に身体重心の真下で地面を押しという意識で繰り返し, 効率的に反発力を得ることで, 0-30 m でストライドの向上を獲得し, 疾走速度に大きく貢献したものと考えられる。そして, 短距離走においてパフォーマンス向上の要因として, 加速局面で占める割合が多いことや (小林ほか, 2009), 最大速度局面ではピッチよりストライドが重要とされていることから (Weyand et al., 2000), 本研究において 0-30 m で下り坂がもたらしたストライドの貢献が, 30-100 m においてもピッチのみならずストライドの向上にも影響を与えた可能性も考えられる。

以上のことから, 本研究の結果により下り坂で実施した SRP が 0-30 m においてピッチを高めるとともに, 相反する関係でもあるストライドを効果的に獲得し, 30-100 m においても疾走能力に影響を与え有意に向上させることを示した。したがって, SRP を実施する上で, 異なるトレーニング環境として下り坂が最も適していることが明らかにされた。このような研究から得られた結果から, コーチング現場に適用できる指導方法として提案することができ, 我が国の競技力向上に貢献することが期待されるだろう。

5. 結 論

陸上競技部男子学生17名 (20.2±0.9歳) を被検者として、異条件下での SRP が 100 m 疾走におけるパフォーマンス向上の獲得と、その有用性について検討した。異なるトレーニング環境として平地、上り坂、下り坂といった SRP 群と Con 群を均一に配分し、SRP (リバウンドジャンプ、スラロームジャンプ、シングル・レッグ・ホップ (右・左)、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) 0-30 m において SRP 群のすべてにおいてピッチ、ストライドが向上し、下り坂での SRP においてストライドの向上が顕著に表れた。
- 2) 加速局面での疾走速度を高めるトレーニング環境として、傾斜角度4度以内での下り坂を利用する SRP が有効であることが示唆された。
- 3) ピッチを限定としてスプリントの強化を図る場合、トレーニング環境として上り坂が適していると推察される。
- 4) 0-30 m で下り坂群がもたらしたストライドの貢献が、30-100 m においてもピッチのみならずストライドの増加にも影響を与えたと考えられる。

以上のことから、本研究の結果により下り坂で実施した SRP が0-30 m においてピッチを高めるとともに、相反する関係でもあるストライドを効果的に獲得し、30-100 m においても疾走能力に影響を与え有意に向上させることを示した。したがって、SRP を実施する上で異なるトレーニング環境として、下り坂が最も適していることを明らかにした。

参 考 文 献

- Abdolhamid, H., Mehrzad, S., Esmaeil, R., Rouhollah, F., Abdolrahman, N., Hossein, A. and Morad, H. (2010) "Relationship between Jump Test Results and Acceleration Phase of Sprint Performance in National and Regional 100 m Sprinters." *Journal of Human Kinetics*, 23, 29-35.
- Christos, K. (2006) "Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 441-445.
- Debaere, S., Jonkers, I. and Delecluse, C. (2013) "The contribution of step characteristics to sprint running performance in high-level male and female athletes." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 116-124.
- Delecluse, C. H., Coppennolle, H. V., Willems, E., Diels, R., Goris, M., Van Leemputte, M. and Vuylsteke, M. (1995) "Analysis of 100 meter sprint performance as a multidimensional skill." *Journal of Human Movement Studies*, 28, 87-101.
- Delecluse, C., Van Coppennolle, 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. (1987) "A comparison of ground reaction forces (GRF) during level and downhill running at similar speed." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 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。
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A. and Noyes, F. R. (1995) "Plyometric training in female athletes." *Am. J. Sports Med*, 24, 765-773.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N. and McNair, P. J. (2004) "Interaction of step length and step rate during sprint running." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 261-271.
- James, W. K. (2010) "Single vs. Multiple Sets of Resistance Exercise for Muscle Hypertrophy: A Meta-Analysis." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1150-1159.
- Jinger, S. G. and Rodger, K. (2005) "Ground reaction forces during downhill and uphill running." *Journal of Biomechanics*, 38, 445-452.
- Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A. and Sacewicz, T. (2011) "Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women." *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25, 3311-3318.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J. and Wright, S. (2000) "Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements." *J Appl Physiol*, 89, 1991-1999.

- 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.
- 安 裁漢・桜井伸二・金 興烈 (2007) 「さまざまな傾斜の路面を走るときの下肢筋活動の差異」, 『体力科学』56, 167-178.
- 遠藤俊典・田内健二・長岡 樹・尾縣 貢 (2012) 「疾走能力と垂直跳およびリバウンドジャンプ能力の横断的变化—中学校1年生を対象にした1年間の追跡調査—」, 『陸上競技研究』88, 21-27.
- 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.
- 羽田雄一・阿江通良・榎本靖士・法元康二・藤井範久 (2003) 「100 m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化」, 『バイオメカニクス研究』7, 193-205.
- 稲葉 恭子・加藤謙一・宮丸凱史・久野譜也・尾縣貢・狩野 豊 (2002) 「女子スプリンターにおける疾走能力の向上に関する事例研究」, 『体育学研究』47, 463-472.
- 伊藤 章・貴嶋孝太 (2006) 「スタートダッシュから中間疾走までの着地位置の変化」, 『陸上競技研究紀要』2, 1-4.
- 伊藤 宏・伊藤 藍 (2010) 「100 m 走の加速疾走局面における上体の前傾姿勢が最高疾走速度に与える影響について」, 『静岡大学教育学部研究報告』41, 229-236.
- 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・図子浩二 (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.
- 小林 海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯 繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄 (2009) 「スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究」, 『スポーツ科学研究』6, 119-130.
- 松田 亮・田村孝洋 (2016) 「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—」, 『広島経済大学研究論集』38, 153-165.
- 宮丸凱史編 (2001) 『疾走能力の発達』杏林書院.
- 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.
- 村木征人・伊藤浩志・半田佳之・金子元彦・成万祥 (1999) 「高強度領域での主観的努力度の変化がスプリント・パフォーマンスに与える影響」, 『スポーツ方法学研究』12, 59-67.
- 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』58, 523-538.
- 尾縣 貢・関岡康雄 (1985) 「坂上り走の持つ技術練習手段としての有効性の検証—走動作に着目して—」, 『日本体育学会大会号』36, 658.
- 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.
- 杉本祐太・前田正登 (2014) 「上り坂疾走における傾度の違いが疾走動作に及ぼす影響」, 『コーチング学研究』27, 203-213.
- 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.
- 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.
- 渡邊信晃 (2006) 「スプリント走パフォーマンスに対する筋力の影響とその性差」, 『陸上競技研究』67, 2-12.
- 山崎 健・斎藤麻里子 (2002) 「一過性のドリルによるスプリントパフォーマンスの変容」, 『陸上競技紀要』15, 21-29.
- 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.
- 図子浩二・永原 隆・石井泰光 (2007) 「スプリント走パフォーマンス向上に対するプライオメトリクスの可能性」, 『スプリント研究』17, 21-31.