

# 陸上短距離走におけるスタートダッシュと SSC 運動能力との関連

中 雄 勇 人<sup>1)</sup>・間 中 葵<sup>2)</sup>・斎 藤 慶 子<sup>3)</sup>  
田 島 昌 紘<sup>4)</sup>・須 田 光<sup>4)</sup>・石 田 真 規<sup>5)</sup>

1) 群馬大学教育学部保健体育

2) 明光義塾

3) 群馬県立藤岡中央高等学校

4) 群馬大学大学院教育学研究科

5) 吉岡町立駒寄小学校

(2015年9月30日受理)

## The study of between Start Dash and SSC Exercise Capacity in a Short Distance Runner

Hayato NAKAO<sup>1)</sup>, Aoi MANAKA<sup>2)</sup>, Keiko SAITO<sup>3)</sup>,  
Masahiro TAJIMA<sup>4)</sup>, Hikaru SUDA<sup>4)</sup> and Masaki ISHIDA<sup>5)</sup>

1) Department of Health and Physical Education, Faculty of Education, Gunma University

2) Meikogijuku Cram school

3) Hujiokathuo High school

4) Graduate school of Education, Gunma University

5) Komayose Primary school

(Accepted September 30th, 2015)

### I. 緒 言

陸上競技の短距離走は、短時間で大きなパワーを発揮することが求められる競技であり、大きなパワーを得るために特に短距離走のスタート直後から最大疾走時までの間の接地時間は短縮すると述べられている<sup>10,13)</sup>。この疾走時の大きなパワーを得るために、下肢筋群においては接地時に強制的な伸張を受けることで弾性エネルギーを蓄え、収縮に弾性エネルギーを再利用する伸張-短縮サイクル (Stretch-Shortening Cycle : SSC) 運動が観察される<sup>8)</sup>。このSSC運動の評価指標として垂直跳やリバウンドジャンプ、ドロップジャンプを用いた研究では、SSC

運動能力と疾走能力との間に相関関係を示すことが報告されている<sup>2)</sup>。このSSC運動能力を高めるトレーニングとして有効とされるものが、プライオメトリックトレーニング (以下、プライオメトリックス) である。プライオメトリックスは、着地の瞬間において素早く跳躍を行い、その瞬間に発揮される筋力を引き出すことをねらいとしており、急速な筋の伸張反射と弾性エネルギーの効率的な利用が不可欠となる。そのトレーニングの代表的なものとして、ハードルを連続して跳び越えていくハードルジャンプや、片脚交互に連続的に跳躍していくバウンディングなどがある。これらの運動は、短い接地時間で力を発揮して運動を遂行するという点で疾走動作と

類似性が認められる。

先行研究において疾走能力と SSC 運動能力の関係を検討する研究では、SSC 運動能力の評価指標として垂直跳びやリバウンドジャンプ、ドロップジャンプが用いられていた<sup>3,4)</sup>。その理由としては、垂直跳は上方への跳躍動作のみの単純な運動であり、SSC による発揮パワーを測定しやすいことが考えられる。一方、疾走能力とプライオメトリックスの関係を検討した研究では、ハードルジャンプやバウンディングをトレーニングに取り入れ、プライオメトリックスは疾走能力の改善に有効であると報告されている<sup>2,6)</sup>。しかしながら、短距離走は 100 分の 1 秒を競う競技であるためスタートや加速疾走局面も重要な局面であるが、プライオメトリックスとスタート局面に関する報告は見られない。

そこで本研究では、短距離の疾走能力をおよびプライオメトリックス種目の測定を行い、スタート・加速疾走局面の疾走速度との関係を検討することを目的とした。

## II. 方 法

### (1) 対象

対象は、陸上競技短距離を専門とする男子競技者 11 名とした。すべての被験者に本実験の趣旨、内容ならびに危険性についてあらかじめ説明し、参加の同意を得た。

### (2) 測定項目

#### ①疾走能力の評価

被験者には十分なウォーミングアップを行わせた後、陸上グラウンド直線走路においてスターティングブロックを用いたクラウチングスタートによる 100m の全力疾走を行わせた。その際、デジタルビデオカメラ (Panasonic 社製 HDC-300) を用いて、スタートからゴールまでの各区分 (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100m) の通過タイムを算出した。

また、ストライドが安定していると考えられる中間疾走時のストライドを測定するため、デジタルビ

デオカメラ (Panasonic 社製 HDC-300) を設置し、45~55m の 10m 区間を撮影した。

#### ②疾走速度およびストライドの算出

撮影した映像をコンピュータに取り込み、動作解析ソフト Frame-DIAS V (DKH 社製) を用いて各地点の通過時間を決定した。スタートはリアクションタイムによる差をなくすため、走者の両脚がスターティングブロックから離れた瞬間をスタートのコマとし、各区分の通過タイムは走者の胴体 (トルソー) がゴールを通過するまでに要したタイムの計測を行った。区分距離を区分タイムで除することにより、各区分の平均疾走速度を求めた。また、ストライドの算出は撮影したカメラ映像から指定区分内における右足もしくは左足の接地から再び右足もしくは左足が接地して離地するまでの 1.5 サイクルをコンピュータに取り込み、ストライドを算出した。

#### ③運動能力の測定

立幅跳・立五段跳：立幅跳ならびに立五段跳の測定は立位姿勢から腕や脚の反動を利用してできるだけ遠くに跳躍を行わせた。立幅跳は、開始線に両足を揃え、両足で踏切・着地を行い、着地点から踏切線までの垂直距離を測定した。また、立五段跳は、開始線に両足を揃え、両足で踏切を行った後、交互に跳躍し、5 歩目で砂場に両足着地するやり方で行い、着地点から踏切線までの垂直距離を測定した。

立幅跳および立五段跳の測定は 2 回行い、記録の良かった方の試技を跳躍力の指標として用いた。

ハードルジャンプ：ハードルの高さは 76.2cm とし、1m 間隔に 5 台並べ、両足踏切の連続跳躍を行わせた。試技の前には、接地時間を短縮し、すぐに次のハードルを跳び越えることを意識するよう指示し、数回練習した後に測定を開始した。2, 3, 4 台目のハードルを越えた後の接地における接地時間および滞空時間をハイスピードカメラ (CASIO 社製 EXILIM F-1) を設置し撮影した。撮影した映像を用いて接地時間および滞空時間を算出した。また、滞空時間を接地時間で除することにより、ハードルジャンプにおける踏切中の平均パワーを表すハードルジャンプ指数 (HJindex) を求めた。

バウンディング：素早い足の切り替えしを重視し

たスピードバウンディング (Speed Bounding Jump : SBJ) と、水平方向への跳躍距離の獲得を重視したバウンディング (Horizontal Bounding Jump : HBJ) の 2 種類を 30m の距離で実施した。カメラ映像を用いてストライド、接地時間および滞空時間を算出できるように、スタートから 15m 地点の側方よりハイスピードカメラ (CASIO 社製 EXILIM F-1) を設置し撮影した。撮影した映像から、ストライドおよび接地時間・滞空時間を算出した。また、滞空時間を接地時間で除することにより、バウンディングにおける踏切中の平均パワーを表すバウンディング指数 (SBJindex, HBJindex) を求めた。

**メディシンボール投げ:** メディシンボール投げは、両手でボールを保持し、反動動作を用いた下手投げにて投擲を行うよう指示し、投擲距離はボールの落下点から開始線までの距離を測定した。メディシンボールの重量は、体重の 5-6 % のものを用いるとトレーニングに効果的であるとの報告<sup>10)</sup>に基づき、被験者の体重の平均値に対して 5-6 % の重量にあたる 3 kg のものを用いて実施した。測定は 2 回行い、記録の良かった方の試技を投擲能力の指標として用いた。

### (3) 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。各 SSC 運動能力と 100m 走における各区間の平均疾走速度との関係を検討するために、ピアソンの相関係数 (r) を用いた。統計処理の有意性は 5 % 未満で判定した。

## III. 結 果

対象の 100m 走および SSC 運動能力の値を Table 1 に示した。

また、疾走速度とストライドについてみると、疾走速度は、0-10m 区間から 40-50m 区間まで増加した後に減少を示し、区間最大疾走速度は 40-50m 区間の  $9.38 \pm 0.43$  (m/s) であった。最大疾走速度を示した区間は個人でバラつきはあるものの、30-40m 区間から 50-60m 区間の間で最大疾走速度 ( $9.42 \pm$

**Table 1** 対象における各測定項目の結果

	Mean ± S.D.
100m (s)	11.61 ± 0.48
SLJ (m)	2.6 ± 0.15
SFJ (m)	13.89 ± 0.76
HJindex	3.257 ± 0.56
HJct (s)	0.176 ± 0.019
SBJindex	1.669 ± 0.231
SBJSL (m)	2.38 ± 0.22
SBJct (s)	0.144 ± 0.012
HBJindex	1.974 ± 0.267
HBJSL (m)	2.66 ± 0.16
HBJct (s)	0.181 ± 0.025
MBT (m)	13.82 ± 1.4

SLJ: Standing long jump, SFJ: Standing five jump, HJ<sub>index</sub>: Hurdle jump index, HJ<sub>ct</sub>: Hurdle jump contact time, SBJ<sub>index</sub>: Speed bounding jump index, SBJ<sub>SL</sub>: Speed bounding jump stride length, SBJ<sub>ct</sub>: Speed bounding jump contact time, HBJ<sub>index</sub>: Horizontal bounding jump index, HBJ<sub>SL</sub>: Horizontal bounding jump stride length, HBJ<sub>ct</sub>: Horizontal bounding jump contact time, MBT: Medicine ball throw

0.41m/s) に到達していた。これらのことから、最大疾走速度が出現する前の 0-30m 区間 ( $7.76 \pm 0.26$ m/s) を加速疾走局面とした。

疾走能力 (100m 疾走速度, 加速疾走局面, 最大疾走速度, ストライド) とプライオメトリックス種目

**Table 2** 疾走能力と各測定項目の関係

	V <sub>100</sub>	V <sub>0-30</sub>	V <sub>max</sub>
SLJ	0.313	0.396	0.283
SFJ	0.249	0.321	0.197
HJ <sub>index</sub>	0.196	0.315	0.074
HJ <sub>ct</sub>	-0.305	-0.379	-0.209
SBJ <sub>index</sub>	0.216	0.343	0.160
SBJ <sub>SL</sub>	-0.128	0.008	-0.145
SBJ <sub>ct</sub>	-0.731 *	-0.700 *	-0.681 *
HBJ <sub>index</sub>	0.318	0.409	0.221
HBJ <sub>SL</sub>	0.103	0.235	0.042
HBJ <sub>ct</sub>	-0.173	-0.191	-0.098
MBT	0.189	0.299	0.186

SLJ: Standing long jump, SFJ: Standing five jump, HJ<sub>index</sub>: Hurdle jump index, HJ<sub>ct</sub>: Hurdle jump contact time, SBJ<sub>index</sub>: Speed bounding jump index, SBJ<sub>SL</sub>: Speed bounding jump stride length, SBJ<sub>ct</sub>: Speed bounding jump contact time, HBJ<sub>index</sub>: Horizontal bounding jump index, HBJ<sub>SL</sub>: Horizontal bounding jump stride length, HBJ<sub>ct</sub>: Horizontal bounding jump contact time, MBT: Medicine ball throw \*: p<0.05

Table 3 各測定項目間の相互関係

	SLJ	SFJ	HJ <sub>index</sub>	HJ <sub>ct</sub>	SBJ <sub>index</sub>	SBJ <sub>SL</sub>
SLJ	—					
SFJ	0.891**	—				
HJ <sub>index</sub>	ns	ns	—			
HJ <sub>ct</sub>	ns	ns	-0.903**	—		
SBJ <sub>index</sub>	ns	ns	0.671*	ns	—	
SBJ <sub>SL</sub>	ns	ns	ns	ns	0.676*	—
SBJ <sub>ct</sub>	ns	ns	ns	ns	ns	ns
HBJ <sub>index</sub>	ns	ns	0.879**	-0.825**	ns	ns
HBJ <sub>SL</sub>	0.742**	0.856**	ns	ns	ns	ns
HBJ <sub>ct</sub>	ns	ns	-0.701*	0.670*	ns	ns
MBT	0.733*	0.822**	ns	ns	ns	ns

  

	SBJ <sub>ct</sub>	HBJ <sub>index</sub>	HBJ <sub>SL</sub>	HBJ <sub>ct</sub>	MBT
SBJ <sub>ct</sub>	—				
HBJ <sub>index</sub>	ns	—			
HBJ <sub>SL</sub>	ns	ns	—		
HBJ <sub>ct</sub>	ns	-0.815**	ns	—	
MBT	ns	ns	0.875**	ns	—

SLJ: Standing long jump, SFJ: Standing five jump, HJ<sub>index</sub>: Hurdle jump index, HJ<sub>ct</sub>: Hurdle jump contact time, SBJ<sub>index</sub>: Speed bounding jump index, SBJ<sub>SL</sub>: Speed bounding jump stridelenh, SBJ<sub>ct</sub>: Speed bounding jump contact time, HBJ<sub>index</sub>: Horizontal bounding jump index, HBJ<sub>SL</sub>: Horizontal bounding jump stride length, HBJ<sub>ct</sub>: Horizontal bounding jump contact time, MBT: Medicine ball throw \* : p<0.05, \*\* : p<0.01

および運動能力との関係を Table 2 に示した。100m 疾走走度および 0-30m の加速疾走局面・最大疾走速度と各種 SSC 運動能力との関係を見てみると、SBJ の接地時間との間にそれぞれ有意な負の相関関係が認められた。

しかしながら中間疾走時のストライドとプライオメトリックス種目および各種運動能力の関係を検討したところ、いずれの種目とも有意な相関関係は認められなかった。

Table 3 に、プライオメトリックス種目および各測定項目間の相互関係を相関係数で示した。立幅跳の跳躍距離は立五段跳の跳躍距離 (r=0.891, p<0.01), HBJ のストライド (r=0.742, p<0.01) およびメディシンボール投げの投擲距離 (r=0.733, p<0.05) との間に有意な正の相関関係を示した。

立五段跳の跳躍距離は HBJ のストライド (r=0.856, p<0.01), メディシンボール投げの投擲距離 (r=0.822, p<0.01) との間に有意な正の相関関係が認められた。

ハードルジャンプ指数は SBJ 指数 (r=0.671, p<0.05), HBJ 指数 (r=0.879, p<0.01) との間に有意な正の相関関係, ハードルジャンプの接地時間 (r=-0.903, p<0.01), HBJ の接地時間 (r=-0.701, p<0.05) との間に有意な負の相関関係が認められた。

ハードルジャンプの接地時間は HBJ 指数 (r=-0.825, p<0.01) との間に有意な負の相関関係, HBJ の接地時間 (r=0.670, p<0.05) との間に有意な正の相関関係が認められた。

SBJ 指数は SBJ のストライド (r=0.676, p<0.05) との間に有意な正の相関関係が認められた。

HBJ 指数は HBJ の接地時間 (r=-0.815, p<0.01) との間に有意な負の相関関係が認められた。

HBJ のストライドはメディシンボール投げの投擲距離 (r=0.875, p<0.01) との間に有意な正の相関関係が認められた。

一方、SBJ の接地時間はいずれの種目においても有意な相関関係は認められなかった。

#### IV. 考 察

短距離走において SSC は非常に重要な能力であると考えられている。本研究においては加速疾走局面、最大疾走速度および 100m 疾走速度と SSC 運動能力の関係を検討したところ、SBJ の接地時間のみが有意な負の相関関係を示した。先行研究において、バウンディングにおける高い水平速度を維持するには、質量の大きい体幹部を過度に前後傾させず<sup>11)</sup>、限られた接地時間の中で股関節を高い速度で伸展させることが重要であると述べられている。高い進展速度で接地することで、大きな地面反力を得ることが可能となり、素早い離地につながるものと考えられる。さらには接地前半における大きな地面反力を接地脚が受け止めることで回転運動が生じ、この回転運動が跳躍距離の獲得につながると報告されている<sup>5)</sup>。これらのことから、SBJ では接地前半に、股関節の伸展速度を高くし(積極的着地)、より早いタイミングで力を発揮することで大きな地面反力を効率良く利用する姿が伺える。また、陸上競技の短距離走の疾走動作においても、SSC 運動によって生まれたエネルギーを効率良く疾走速度に転換できるように、腰の位置を高く保った身体の上下動の少ない動きが良いとされる。そのためには、接地の際に接地脚を可能な限り身体重心の真下に素早く着くなど、疾走動作とバウンディングには接地前において股関節伸展速度を高めることや、それにより高い水平速度を獲得するといった共通点の関係の見られた要因であると考えられる。

しかしながら、HBJ については同じバウンディングであるにもかかわらず、今回の測定においては、どの項目とも関連が認められなかった。これは、対象に試技を行う際に接地時間等はあまり意識せず、ストライドの獲得を意識するよう指示したため、SBJ と比べると HBJ の接地時間、ストライドおよび滞空時間は有意に増加しており、長い時間地面に力を加えるような接地となり、接地時間が増加したことや、ストライドを獲得するために滞空時間が長くなるなど、SBJ と異なる特徴を示した為と考えられる。よって、疾走動作などに直正津影響を与える物としては、

SBJ を指導することが有用であると考えられる。

また、立幅跳、立五段跳、HBJ のストライドおよびメディシンボール投げは相互に有意な相関関係を示していたが、いずれの種目も疾走能力との間には有意な相関関係を示さなかった。その理由としては、脚筋力の影響が考えられる。SSC 運動能力と脚筋力との関係を検討した先行研究では、脚筋力は立幅跳との間に有意な相関関係を示し、脚筋力が疾走能力に与える影響は SSC 運動能力に比較して弱いということ報告している<sup>2)</sup>。また、立五段跳では弾性エネルギー(リバウンド効果)よりも脚筋力の占める割合の方が大きいとする報告<sup>7)</sup>がある。このことから、本研究における被験者たちの立幅跳や立五段跳の記録は脚筋力による影響を強く受け、疾走能力との関係が見られなかったのではないかと推察できる。それにより、立幅跳および立五段跳と相互に関係の見られた HBJ のストライドやメディシンボール投げの記録も脚筋力による影響を受けていたと言える。脚筋力は SSC 運動能力と比較して疾走能力に与える影響は低いといわれているものの、SSC は筋肉を利用することで行われているものであることから、適度に筋量や、筋力を高めることは疾走能力の改善にも必要であると考えられる。

次に、ハードルジャンプとの間に関係が見られなかった理由としては、ハードルの高さが影響していたのではないかと考えられる。鉛直方向への跳躍動作という点で類似性のあるデプスジャンプの先行研究では、伸張反射と弾性エネルギーを最も効率的に利用できるのは 40~60cm の台高から行ったとき<sup>8,9)</sup>であるとしている。本研究で用いたハードルの高さは 76.2cm であったことから、被験者たちが SSC 運動によるパワーを十分に発揮するには、跳躍高が高すぎたのではないと考えられる。これは、ハードルジャンプの際の接地時間が 0.2 秒を超えるようなプレス型のジャンプをしている者もいたことからもうかがえた。よって、ハードルジャンプを練習に取り入れる際は、ハードルの高さを SSC 運動が効果的に発揮できるような設定にすることが重要であるといえる。

本研究の結果から、疾走能力に影響を及ぼすプラ

イオメトリックスは SBJ であり、その接地時間を短縮することが疾走能力の改善に有効であるとの知見が得られた。さらに、直接的には疾走能力に影響を及ぼさなかったプライオメトリックスでも、種目間で影響を及ぼし合っていたことから、様々なプライオメトリックスを練習に取り入れ、その運動中の接地のタイミングや位置、脚の切り替えしなどの動きを高めていくことは加速疾走局面を含む疾走能力の改善につながっていくと考えられる。

## V. ま と め

短距離走のパフォーマンスに影響を与えていると言われている SSC 運動能力と 100m 走における加速疾走局面との関係を検討するため、6 種目の SSC 運動能力を測定し、100m 走の各疾走速度との関係を検討した。その結果、加速疾走局面と SBJ の接地時間が有意な負の相関関係が認められたことから、短距離走の練習におけるプライオメトリックスの有効性が示された。

### 引用・参考文献

- 1) 阿江通良, 宮下 憲, 横井孝志. (1986) 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, 9 : 229-239.
- 2) 岩竹 淳, 川原繁樹, 北田耕司, 関子浩二. (2009) 伸張-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.
- 3) 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.
- 4) 岩竹 淳, 山本正嘉, 西園秀嗣, 川原繁樹, 北田耕司, 関子浩二. (2008) 思春期後期の生徒における加速および全力疾走能力と各種ジャンプ力および脚筋力との関係. 体育学研究 53 : 1-10.
- 5) 菊山 靖, 関子浩二. (2014) 跳躍方向の異なるバウンディングにおける踏切脚の力発揮特性. 体育学研究 59 : 397-411.
- 6) 川上正人, 横田幸訓. (1997) ジャンプトレーニングが疾走能力および脚筋力に及ぼす影響について. 基礎科学論集: 教養課程紀要 15, 94-99.
- 7) 川上正人, 横田幸訓. (1995) デブスジャンプにおける接地時間および跳躍高と、疾走能力に関する研究. 基礎科学論集: 教養課程紀要 13, 37-45.
- 8) Asmussen, E. and F. Bonde-Petersen. (1974) Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. Acta Physiol. Scand., 91 : 385-392.
- 9) Komi. P.V. and C. Bosco. (1978) Utilization of elastic energy in jumping and its relation to skeletal muscle fiber composition in man. Biomechanics, VI-A : 79-85.
- 10) Mero. A. and Komi. P.V. (1994) EMG, force, and power analysis of sprint-specific strength exercises. J. Appl. Biomech. 10 : 1-13.
- 11) Muraki, Y., Ae, M., Koyama, H., and Yokozawa, T. (2008) Joint Torque and Power of the Takeoff Leg in the Long Jump. Int. J. Sport Health Sci., 6 : 21-32.
- 12) Norman, R.W. and Komi, P.V. (1979) Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. Acta Physiol. Scand. 106 : 241-248.
- 13) Viitasalo, J. T., Luhtanen. P., Mononen. H.V., Norvapalo. K., Paavolainen. L. and Salonen. M. (1997) Photocell contact mat : A new instrument to measure contact and flight times in running. J. Appl. Biomech. 13 : 254-266.