

足関節固定補助装具の使用による 小学校高学年の疾走動作の変化

小山 宏之・山田 朋花*

Changes in Sprint Running Movement of Upper-grade Elementary Children
by Using auxiliary Band to Fix Ankle Joint

Hiroyuki KOYAMA and Tomoka YAMADA*

Accepted December 16, 2014

抄録：本研究の目的は、足関節の底屈動作を制限する足関節固定補助装具を装着した小学生高学年の疾走動作の特徴をバイオメカニク的に検討し、疾走フォーム改善を目的とした授業教具としての効果に関する基礎的資料を得ることであった。その結果、足関節固定補助装具を装着することで接地時間が減少し、ピッチの増加が見られた。さらに、支持期中の支持脚は足関節と膝関節の伸展が少ない動作であり、脚全体をより固定してスイングする合理的なキック動作であった。以上のことから、装着方法が簡単である足関節固定補助装具は、疾走動作の変容を促す教具として教育現場で活用できる可能性が示唆された。一方で、足関節固定補助装具を装着しても足関節の底屈量が制限されない場合もあり、児童に応じた適切な装着方法を検討していくことが今後の課題として考えられた。

索引語：小学校高学年，短距離走，足関節固定補助装具，疾走動作の変化

Abstract : We investigated changes in sprint running movement of upper-grade elementary school children by using an auxiliary band to fix the ankle joint and to determine the effectiveness of this band as a teaching tool. Fourteen upper-grade elementary school children were videotaped by a high-speed video camera (300Hz) set perpendicular to the runway. The children run under two different conditions: a sprint with their normal technique (SP trial) and a sprint with an auxiliary band to fix the ankle joint, which is foot flexor produced by Nishi Co. (FF trial).

The main results were as follows;

- 1) There were no differences in running speed and stride length between two trials, but the stride frequency of FF trial tended to be higher than that of SP trial by shortening the support time.
- 2) The knee extension and ankle plantar flexion of the support leg of FF trial tended to be smaller than those of SP trial.

These results suggested the auxiliary tool in this study induced reasonable sprinting movement for obtaining higher running

* 京都教育大学附属高等学校

speed and would be an effective teaching tool to improve sprinting ability of elementary school children.

Key Words :

1. はじめに

走運動は幼児期から人間に自然に身につく動作の1つであり、2歳頃から観察された後に7歳頃には走運動の動作パターンとして確立され、成長や経験により17歳頃まで走運動は発達を続ける（宮丸ら、2001）。この走運動の発達過程について幼児期からの疾走動作の変化を対象として多くの研究が行われ、年次的な疾走速度の向上に対するピッチやストライドの変化（長谷川、1961；宮丸、1976；斎藤ら、1981）、疾走動作の縦断的な発達過程（加藤ら、1999）などが明らかになっている。

学校教育としての走運動は小学校体育の陸上運動系の領域で取り上げられ、低学年と中学年では「走・跳の運動遊び、走・跳の運動」における「かけっこ」として、高学年からは「陸上運動」における「短距離走」として一定の距離を全力で走り切ることができることが目標として示されている。加えて、短距離走を含む陸上競技系の目標には、「合理的で心地よい動きを身に付けることができる」ことや「合理的な運動の行い方を大切にすること」が挙げられており（文部科学省、2008）、小学校における短距離走の授業の目的の1つは合理的な疾走動作の習得を行いながら疾走能力が高まっていくことであると考えられる。

授業において疾走動作の習得を目的とした場合には、目標とする動きを取り出したドリル運動を実施すること、目標とする動きを自然と引き出す練習教具を用いることなどが主として用いられる。一方で、小学校教員に対するアンケート結果において、短距離走の指導について走り方の指導を「特にしていない」、「年間3コマ以下」という回答が約9割を占めたという報告もある（青戸、2012）。その理由としては、指導方法がわからない、陸上の専門書や指導書は専門用語が難しく、陸上専門でない教員には理解が困難であることなどが指摘されている。したがって、児童にも教員にもわかりやすく、授業で簡単に使用できて良い疾走動作を引き出すことのできる教具は、短距離走の授業を行う上で非常に有効なものになると考えられる。

合理的な疾走動作として伊藤ら（1998）は、走運動においては「足首や膝まで伸ばして地面を強く蹴る」という動きは必要ないと指摘している。疾走動作の習得を促すための教具の1つとして、足関節を固定する補助装具を装着した状態で疾走動作を繰り返すことで、動作の変化を引き出す方法があり、それに用いる装着具も販売されている（株式会社 ニシ・スポーツ、2014）。田尻ら（1998）は足関節固定補助装具の装着による疾走動作への影響を高校陸上選手によって検討し、足関節が固定された疾走の特徴として、支持脚が離地後に身体の後方に流れにくくなること、接地位置が身体重心の真下へ近づくことで地面反力が増大し、ピッチとストライドの向上を引き出すことができると述べている。さらに、高柳（2012）は、大学生陸上競技選手に足関節固定補助装具を装着させ、装着時の疾走動作についてスタート区間とトップスピード区間を固有の疾走動作と比較している。そして、ピッチの向上による疾走速度の向上や支持脚をリカバリーする時に身体の後方に流れにくくなることを示している。これらの研究で用いている足関節固定補助装具は装着方法が非常に単純であり、小学生であっても各自で容易に装着することができる。さらに、バンドとゴムでできており安全性も非常に高

い。したがって、これらの研究結果を踏まえて足関節固定補助装具を児童の短距離走の練習教具として用いることは、疾走動作の変容を引き出し、合理的な動作の獲得や疾走速度の増大につながる可能性があると考えられる。一方で、足関節固定補助装具の装着が疾走動作に与える影響に関する先行研究は、陸上を専門とする高校生および大学生を対象としたもののみであり、成長期で筋力が未発達な小学校年代の児童に当てはめるためには、小学生を対象にした効果の検討を行う必要があると考えられる。

そこで、本研究は足関節固定補助装具を装着した小学生高学年の疾走動作の特徴をバイオメカニクスの的に検討し、疾走フォーム改善を目的とした授業教具としての効果に関する基礎的資料を得ることを目的とした。

2. 研究方法

1. 被験者

本研究の被験者は京都教育大学スポーツクラブ陸上教室に参加している小学校高学年児童 14 名（10 歳男子 5 名，11 歳男子 5 名，10 歳女子 1 名，11 歳女子 3 名）であった。なお，実験を開始するにあたり，実験の目的，方法，実験に伴う安全性に関して保護者に十分な説明を行い，実験参加の承諾を得た上で行った。

2. 実験試技

足関節固定補助装具の装着による最高疾走速度局面の動作への影響を見るために，以下に示す 2 種類の 30m 全力疾走を順にスタンディングスタートから行わせた。

- ① 被験者に固有の全力疾走（以下，SP 走）
- ② 足関節固定補助装具を装着した全力疾走（以下，FF 走）

被験者には十分なウォーミングアップを行わせた後，最初に SP 走を行わせ，次に FF 走を実施した。いずれの試技も 2 回測定し，測定タイムの良い試技を分析対象とした。なお，足関節固定補助装具はフットフレクサー（株式会社 ニシ・スポーツ製）を使用し，図 1 に示したように装着した。



図 1 本研究で用いた足関節固定補助装具の装着例
（フットフレクサー，NISHI 社製，足首と足の甲を伸縮性のあるゴムで結び，足首を 90 度前後の半固定状態にする）

3. VTR 撮影

実験は京都教育大学陸上競技場オールウェザー走路で行った。疾走動作の最高疾走速度局面を比較するためにスタート後 20m 付近の動作を分析対象とし、走路側方約 20m 地点にハイスピードカメラ (EX-F1, CASIO 社製, 300Hz, 1/1000s) を固定し VTR 撮影を行った。また、実長換算をするためにスタートから 20m を中心として 1m 間隔で較正マークを 6m 区間に設置し、疾走動作と同時にカメラに映しこんだ。

4. データ処理および算出項目

撮影した VTR 映像から、左足離地から左足接地までの 1 サイクル (2 歩) を分析対象とし、身体分析点 23 点および較正マーク 4 点を Frame-DIAS III (DKH 社製) を用いてデジタイズした。デジタイズによって得られた 2 次元座標を 4 点の較正マークをもとに実長換算し、進行方向を x 座標、鉛直方向を y 座標とした。実長換算した座標値は、分析点の座標成分ごとに Wells and Winter (1980) の方法を用いて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。なお、実際に用いた最適遮断周波数は 4.4 ~ 11.9Hz であった。

平滑化したデータから、横井ら (1986) の身体部分慣性係数を用いて、身体部分および全身の重心を算出した。さらに、身体を手、前腕、上腕、足、下腿、大腿、頭部および体幹の 14 部分からなるリンクセグメントモデル化し、身体部分および関節角度を算出した。さらに、右足接地時および離地時における身体重心と支持脚踵の水平距離を算出し、それぞれ接地距離および離地距離とした。図 2 に本研究で用いた角度定義を示している。

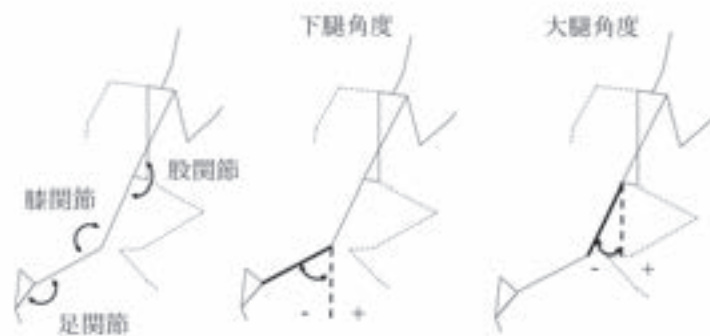


図2 下肢関節角度 (左) および部分角度 (中, 右) の定義

疾走動作の評価を行うために疾走速度、ストライドおよびピッチを算出した。疾走動作におけるストライドは 1 ステップ (左足離地から右足離地) の身体重心の水平変位とし、ピッチは 1 ステップに要した時間の逆数をとったものとした。そして、ストライドとピッチの積を算出し疾走速度とした。また、VTR 映像をもとに右足接地から右足離地までの時間、および右足離地から左足接地までの時間を算出し、それぞれ接地時間および滞空時間とした。さらに、滞空時間を接地時間で除した値を算出し接地滞空比とした。

5. 統計処理

固有の全力疾走（SP 走）と足関節固定補助装具を装着した全力疾走（FF 走）の各項目間の差を明らかにするために、対応のある t 検定を行った。有意水準は 5% 未満とした。

3. 結果

1. 疾走動作に関する基礎的パラメータ

表 1 は SP 走と FF 走における疾走速度、ストライド、ピッチ、接地および滞空時間、接地滞空比を示したものである。ストライド、ピッチおよび疾走速度は SP 走と FF 走の間に有意な差は見られなかった。一方、接地時間は FF 走が 0.140 ± 0.018 秒、SP 走は 0.146 ± 0.014 秒であり、FF 走で有意に短くなった ($p < 0.05$)。また、滞空時間は FF 走が 0.115 ± 0.020 秒、SP 走は 0.107 ± 0.014 秒であり、FF 走で有意に長くなった ($p < 0.05$)。さらに、接地滞空比は FF 走が 0.844 ± 0.200 、SP 走は 0.739 ± 0.138 であり、FF 走で有意に大きくなった ($p < 0.05$)。

表 1 SP 走および FF 走における疾走速度、ストライド、ピッチ、接地および滞空時間、接地滞空比

		SP	FF	有意差
疾走速度	(m/s)	6.28 ± 0.47	6.25 ± 0.50	N.S.
ストライド	(m)	1.63 ± 0.14	1.60 ± 0.14	N.S.
ピッチ	(Hz)	3.86 ± 0.27	3.93 ± 0.30	N.S.
接地時間	(s)	0.146 ± 0.014	0.140 ± 0.018	*
滞空時間	(s)	0.107 ± 0.014	0.115 ± 0.020	*
接地滞空比		0.739 ± 0.138	0.844 ± 0.200	*

* $p < 0.05$

2. 接地距離および離地距離

図 3 は SP 走と FF 走における右足接地時の接地距離および離地距離を示したものである。接地距離は SP 走と FF 走において有意な差は見られなかったが、離地距離は SP 走が $0.52 \pm 0.05\text{m}$ 、FF 走は $0.49 \pm 0.04\text{m}$ であり、FF 走で有意に短くなった ($p < 0.05$)。

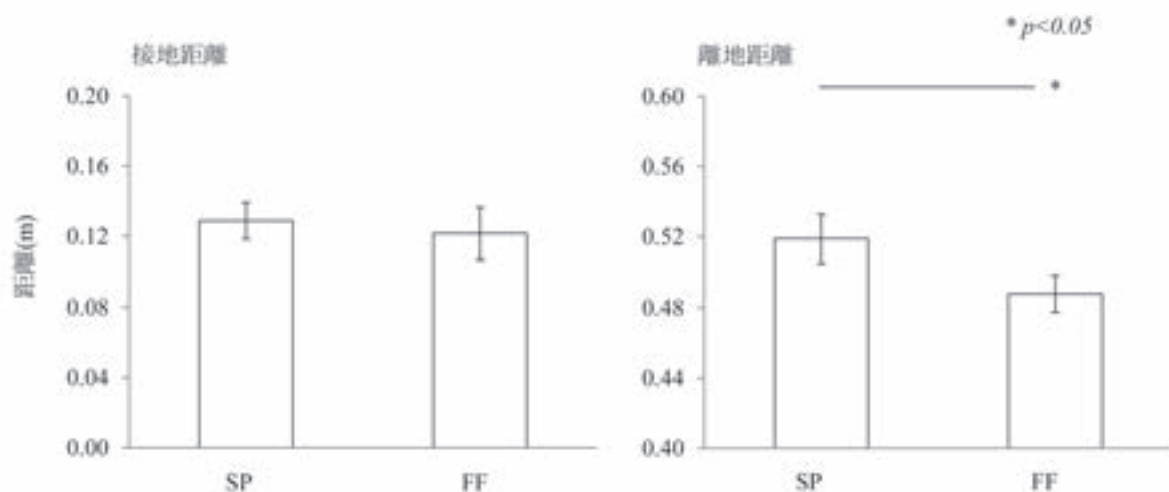


図3 SP走とFF走における接地距離（左）と離地距離（右）の比較

3. 支持脚関節角度および身体部分角度

図4はSP走とFF走の各時点における支持脚関節角度の変化を示したものである。足関節角度はいずれの時点においても試技間で有意な差はなく、接地から最大背屈までの背屈量および最大背屈から離地までの底屈量においても試技間で有意な差は見られなかった。

膝関節角度はいずれの時点においても試技間で有意な差はなく、接地から最大屈曲までの膝屈曲量および最大屈曲から離地までの伸展量においても試技間で有意な差は見られなかった。

股関節角度はいずれの時点においても試技間で有意な差はなく、支持期中の伸展量および離地後の伸展量においても試技間で有意な差は見られなかった。

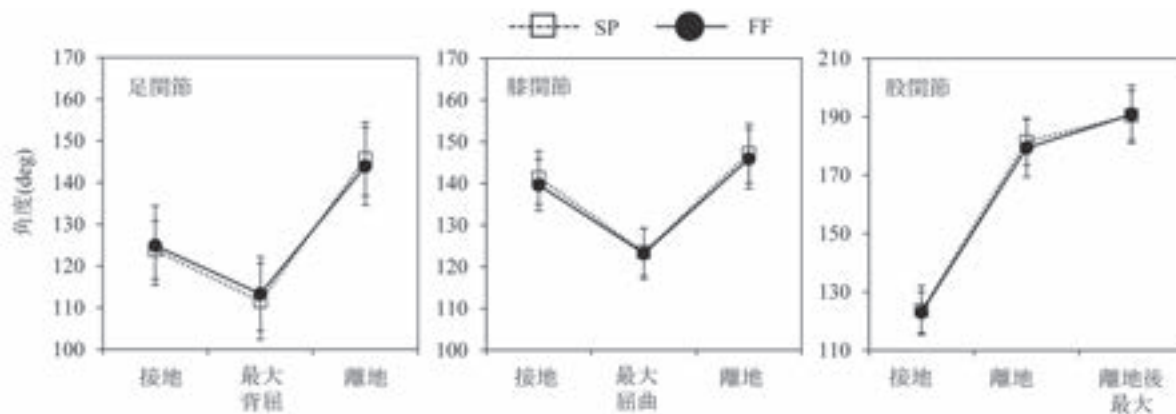


図4 SP走とFF走の各時点における支持脚足関節（左）、膝関節（中）および股関節角度（右）の変化

図5はSP走とFF走の各時点における支持脚部分角度の変化を示したものである。下腿角度はいずれの時点においても試技間で有意な差はなく、支持期中の角度変化量も試技間で有意な差は見られなかった。

大腿角度はいずれの時点においても試技間で有意な差は見られなかった。また、支持期中の角度変化量および離地から離地後に大腿が最も身体後方に位置する時点までの角度変化量も試技間で有意な差は見られなかった。

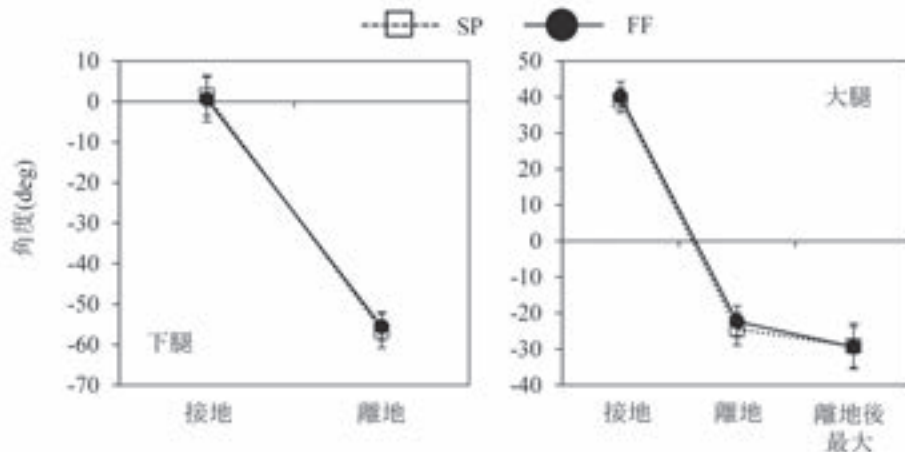


図5 SP走とFF走の各時点における支持脚下腿（左）および大腿角度（右）の変化

図6はFF走において足関節底屈量が制限された被験者の各時点における支持脚足関節角度を示したものである。接地時および最大背屈時の足関節角度には試技間で顕著な傾向は見られなかったが、離地時の足関節角度はFF走において角度が小さくなる傾向にあり、10人中7人の角度が小さかった（SP走, 148.6 ± 8.2 deg ; FF走, 141.7 ± 10.6 deg）。さらに、支持期中の足関節底屈量はFF走においてSP走に比べ有意に小さく（SP走, 35.1 ± 9.5 deg ; FF走, 28.3 ± 7.5 deg），最大底屈角速度も小さくなる傾向があり、10人中7人の角速度が小さかった（SP走, 770.0 ± 130.1 deg/s ; FF走, 546.8 ± 157.9 deg/s）。

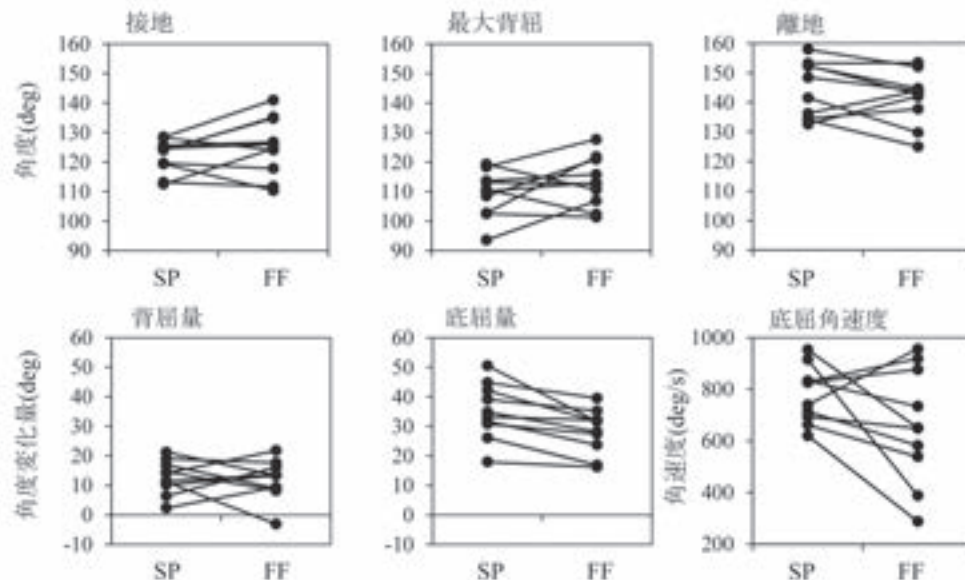


図6 FF走において足関節底屈量が制限された被験者（10名）の各時点における支持脚足関節角度、背屈および底屈量と底屈最大角速度

図7はFF走において足関節底屈量が制限された被験者の各時点における支持脚膝関節角度を示したものである。FF走では接地時および最大屈曲時の角度が小さい傾向にあり、10人中7人の角度が小さかった（接地時：SP走, 143.5 ± 7.1 deg ; FF走, 138.3 ± 6.9 deg ; 最大屈曲時：SP走, 125.8 ± 5.0 deg ; FF走, 121.9 ± 6.7 deg）。さらに、接地時から最大屈曲時までの屈曲量はFF走がSP走に比

べ少ない傾向にあり、10人中7人の屈曲量が少なかった（SP走, 20.1 ± 3.7 deg ; FF走, 15.7 ± 4.4 deg）。最大屈曲時から離地時の伸展量には差がなかったが、離地時の膝関節角度はFF走がSP走に比べ有意に小さかった（SP走, 148.2 ± 5.6 deg ; FF走, 143.8 ± 7.1 deg）。

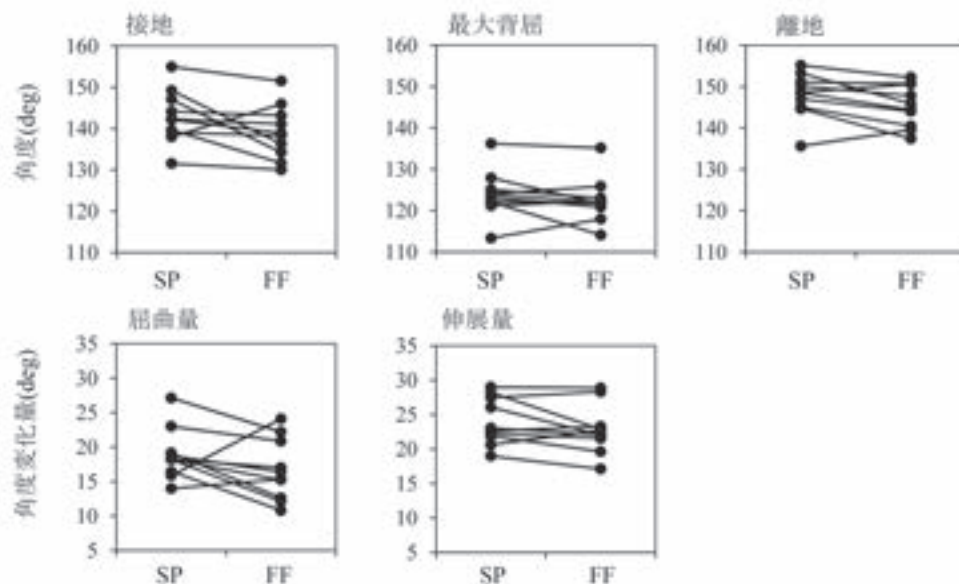


図7 FF走において足関節底屈量が制限された被験者（10名）の各時点における支持脚膝関節角度、屈曲および伸展量

図8はFF走において足関節底屈量が制限された被験者の各時点における支持脚股関節角度を示したものである。接地時の角度は試技間で大きな差は見られなかったが、離地時の角度はFF走がSP走に比べ小さい傾向があり、10人中8人の角度が小さかった（SP走, 179.8 ± 9.4 deg ; FF走, 174.8 ± 8.4 deg）。一方で、離地後の股関節最大角度は試技間で大きな差はなく、支持期中の伸展量、離地後の伸展量も試技間で差は見られなかった。

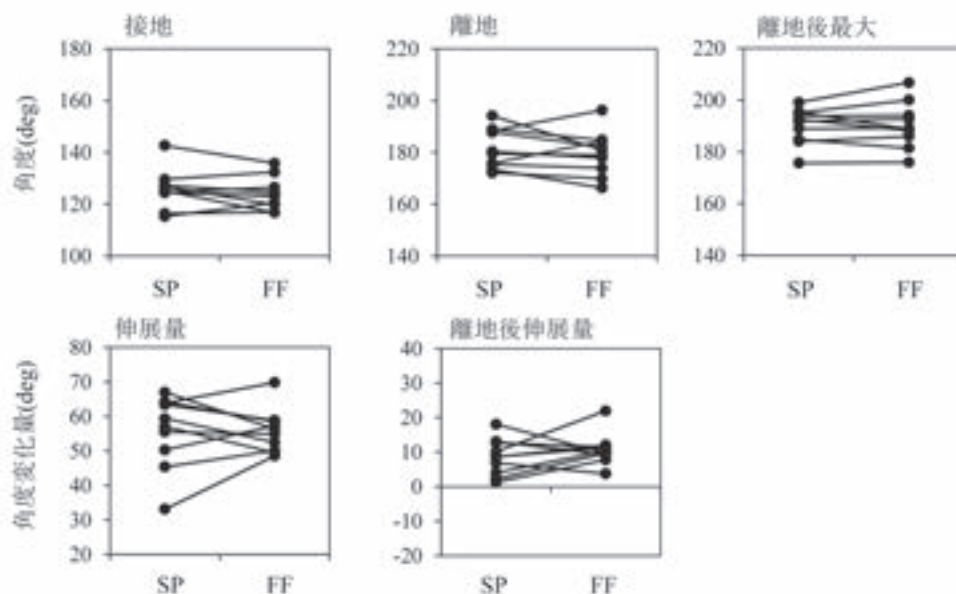


図8 FF走において足関節底屈量が制限された被験者（10名）の各時点における支持脚股関節角度および伸展量

図9はFF走において足関節底屈量が制限された被験者の各時点における支持脚大腿角度を示したものである。接地時の大腿角度は試技間で差は見られなかったが、離地時の角度はFF走がSP走に比べ負に小さい傾向が見られ、10人中8人の角度が負に小さく（SP走、 -24.6 ± 4.8 deg；FF走、 -20.7 ± 4.5 deg）、離地後最大時においても10人中7人の角度が負に小さかった（SP走、 -29.6 ± 6.4 deg；FF走、 -27.6 ± 6.0 deg）。

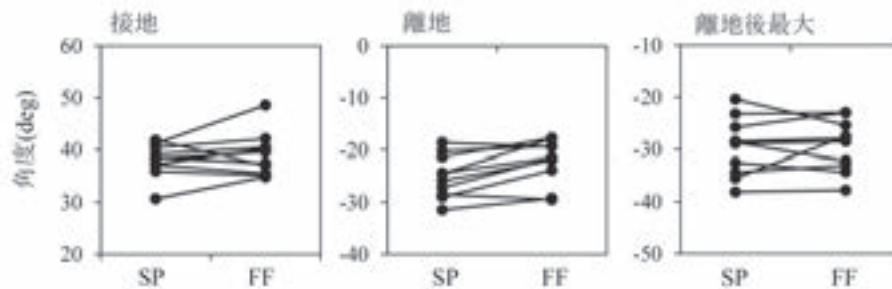


図9 FF走において足関節底屈量が制限された被験者（10名）の各時点における支持脚大腿角度

4. 考察

本研究の目的は足関節固定補助装具の装着による小学校高学年の児童の疾走動作の変化を明らかにすることであった。小学校高学年の平均的な疾走能力について、文部科学省（2013）が示している新体力テストを参考にすると、50m走の全国平均は10歳男子が 9.23 ± 0.79 秒、女子が 9.58 ± 0.71 秒、11歳男子が 8.81 ± 0.74 秒、女子が 9.13 ± 0.65 秒である。本研究の被験者が事前に京都教育大学地域スポーツクラブの陸上教室で測定した50m走の結果は、10歳男子5名の平均が 8.68 ± 0.27 秒、女子が8.38秒、11歳男子5名の平均が 9.14 ± 0.92 秒、女子3名の平均が 9.00 ± 0.35 秒であった。全国平均と本研究の被験者を比較すると、11歳男子がやや遅く、その他は全国平均をやや上回ったが、全国平均から大きく外れるものではなかった。したがって、本研究の被験者は疾走能力に顕著に優れる児童ではなく、小学校高学年における一般的な児童であり、足関節固定補助装具を装着した際の小学生高学年の児童の疾走動作の特徴を検討するための被験者として妥当であると考えられる。

1. 被験者全体の結果から見た足関節固定補助装具を用いた疾走の特徴

表1に示したようにFF走の最高疾走速度局面のストライドとピッチはSP走と大きな差はなく、結果として足関節固定補助装具の装着による疾走速度の向上や低下といった被験者に共通の変化は見られなかった。足関節固定補助装具はストライドやピッチの向上を引き出す教具とされ（株式会社ニシ・スポーツ, 2014）、実際に、日常的にトレーニングを実施している高校生や大学生ではピッチの向上により疾走速度の向上が引き出されることが示されている（田尻ら, 1998；高柳, 2012）。しかし、本研究の結果を踏まえると発達段階や動作の習熟段階の異なる小学校高学年の児童に対してはストライドやピッチそして疾走速度に対して共通の変化は小さい可能性が考えられる。

表1に示したようにピッチの構成要素である接地時間と滞空時間はFF走において支持時間が有意に短く、滞空時間は有意に長かった。そして、接地時間に対する滞空時間の比率である接地滞空比は

FF 走において有意に増加した（表 2）。これらの結果は、ピッチで見ると両試技では差はなかったが、FF 走では SP 走に比べてより短い時間で地面を捉えるキック動作であったのに加えて、長い滞空時間を獲得できる力の作用が行われていたものであったことを示している。疾走運動で速度をより増大させるには、地面に大きな加速の力積を加えるキック動作を行う必要がある。しかし、高速疾走では身体がより前方へ高速で移動するために接地時間は短くなることから（内藤ら，2013），短い時間で大きな力を地面に伝えられることが高い疾走速度達成の条件の 1 つとなる（Kunz and Kaufmann, 1981 ; Weyand et al., 2000）。このような疾走運動における短時間での力発揮には足関節底屈筋群によるパワー発揮が重要とされるが（永原ら，2013），小学校高学年の児童は足関節底屈筋群の大きなパワー発揮能力は成長段階であること（遠藤ら，2007）を踏まえると、全力疾走の中で短時間の接地による疾走動作への変容を促すことは難しい課題であると考えられる。したがって、足関節固定補助装具の装着による短い時間で地面を捉えるキックが引き出されたことは、より高い疾走速度の獲得につながる有効な変化であったと考えられる。

一方で、図 4 および 5 に示したように FF 走において被験者全体に共通の支持脚の動きは見られなかった。本研究では足関節の底屈運動を制限するために足関節固定補助装具を用いたが、支持期における足関節角度の変化を見ると底屈量が全被験者で FF 走において小さくなっているわけではなく、制限された被験者は全被験者の 70% である 10 人であった。そこで、以下では足関節底屈の制限による疾走動作への影響を詳細に検討するためにこの 10 人の動きの変化に着目して考察する。

2. 足関節底屈量が制限された被験者の疾走動作の特徴

足関節底屈量が制限された被験者では全体の結果と同様に試技間で疾走速度に差はなかったが、ピッチとストライドには変化があり、FF 走ではピッチが速い傾向にあり 10 人中 8 人のピッチが速く（SP 走， $3.95 \pm 0.34\text{Hz}$ ；FF 走 $4.05 \pm 0.30\text{Hz}$ ），一方でストライドは 10 人中 7 人で減少していた（SP 走， $1.62 \pm 0.09\text{m}$ ；FF 走， $1.57 \pm 0.12\text{m}$ ）。ストライドは接地距離、離地距離および空中距離の合計であるが、FF 走では離地距離が短い傾向にあり、10 人中 9 人で短かった（SP 走， $0.52 \pm 0.05\text{m}$ ；FF 走， $0.48 \pm 0.04\text{m}$ ）。ストライドの低下は一見望ましくない変化と解釈されがちであるが、小学生は支持期後半で脚を前方に引き出すための力発揮として重要な働きをする股関節屈筋群の発達が未熟であり、脚が身体の後方に流れやすいこと（木越ら，2012）を考慮すると、小学生の離地距離は疾走速度を高めていくのに過剰であると考えられ、離地距離の短いキック動作は支持脚を早いタイミングで前方に引き出すことにつながる結果であると解釈できるであろう。さらに、ピッチの向上は接地時間の短縮に起因したことから（SP 走， 0.143 ± 0.015 秒；FF 走， 0.135 ± 0.017 秒），キック動作の範囲が小さくなることで力を加える接地時間は短縮されたが、結果としては大きな力が発揮されていたと考えられる。

加藤ら（2001）は児童の発育による疾走速度の増加はストライドの増加に伴うものと報告し、斎藤ら（1995）は加齢に伴う疾走能力の発達は、下肢長の増加に伴って歩幅が増加する形態的な発達と、下肢長の増加による身体質量と重量負荷の増大に対してさらに歩幅が増加する機能的な発達の両要素にあると報告している。つまり、ストライドは無理に増大せずとも成長とともに増大すると考えられる。一方で、トップスピードを高めるためにはピッチを高める必要があるが（伊藤ら，1998），ピッチは 2 から 14 歳まで成長にともなう大きな変化がないことが示されている（宮丸，2001）。したがって、児童の短距離走ではピッチを高めることのできる合理的な疾走動作へのアプローチが必要になる

と言えるであろう。これらのことを踏まえると、足関節固定補助装具は、適切な装着により足関節の底屈制限がなされることで接地時間の短縮によるピッチの向上がみられることから、疾走速度の向上につながる有効な教具の一つになると考えられる。

FF 走では支持脚足関節の最大底屈角速度が SP 走よりも小さい傾向にあり、その結果支持期後半の底屈量が少なく、離地時の足首が伸びきっていなかった（図 6）。さらに、支持脚膝関節では接地後の屈曲量が小さくなり、伸展量に大きい差はないものの離地時の膝角度は FF 走の方が小さく、伸展が抑制されていた（図 7）。この結果は大学生を対象とした高柳（2012）の結果と一致するものであり、小学生においても足関節の底屈や膝関節の伸展が抑制された疾走動作になると考えられる。伊藤ら（1998）は、接地中の膝関節の伸展動作は疾走速度を低下させる要因であると述べている。同時に、疾走速度の高い選手ほど足関節の変化は小さく、足関節は股関節が発揮した脚パワーを地面に確実に伝えるように動くのであって、自らが推進力を発揮するのではないと報告している。同様に、三宅ら（1998）は、足関節伸展動作を大きくすると、身体重心に対して効果的に力が伝わらず重心の水平速度の獲得に不利に働くと報告している。したがって、足関節固定補助装具をつけた児童の疾走動作は足関節の底屈や膝関節の伸展が抑制された合理的な疾走動作に近づく傾向にあると考えられる。

FF 走における離地時の支持脚大腿角度は SP 走に比べて負に小さかった（図 9）。すなわち、FF 走では足関節の底屈と膝関節の伸展が抑制されるのに加えて、大腿をより後方まで蹴りきらないキック動作であり、離地距離が大きくならなかった要因と考えられる。さらに、離地後に大腿が最も後方に位置する時点の姿勢においても、FF 走では大腿角度は負に小さかった。このことは、離地後に脚が身体の後ろに流れずに脚を前方に早いタイミングで引き出し始める動作になったことを示している。伊藤ら（1998）は疾走スピードに関係なく、走運動においては足首まで伸ばして地面を強く蹴る動きは必要ないと指摘しているため、足関節固定補助装具を装着することで引き出された動作は被験者固有の動作に比べて疾走速度を高めていくという点で合理的な疾走動作に近づくことができたと考えられる。

3. 足関節固定補助装具の教具としての可能性

マイネル（1981）は運動動作改善の学習を行う時期は発育発達が著しい小学校期が効果的であると述べている。すなわち、小学校期に疾走動作の学習指導がなされることは重要であると考えられる。しかし、小学生は幼少期より多くの走運動を経験し固有のフォームを身に付けている（宮丸，1976）と考えられるため、定着した疾走動作を変化させることは、新しい技術を初めて練習するよりも難しいと考えられる。青戸（2012）は、小学校教員を対象に短距離走の指導に関するアンケート調査を行い、「走り方の指導をどの程度しているか」という問いに対して「特にしていない」や「年間3コマ以下」という回答が約9割を占めたと述べている。その理由として、指導方法がわからなく指導によって児童が速くなっている実感がないこと、陸上についての専門書や指導書は専門用語が並んでおり難しく、さらに「リラックスして」や「リズムカルに」といったイメージがつきにくい言葉で表現されており、陸上専門でない教員には理解が困難であることなどを指摘している。したがって、児童にも教員にもわかりやすく、授業で簡単に使用できて良い疾走動作を引き出すことのできる教具は、短距離走の授業で非常に有効であると考えられる。本研究の結果から、足関節固定補助装具は全員に対してではないが適切な装着がなされれば良いとされる疾走動作に近い動きを引き出すことができることが示されたことから、授業で用いる教具として有効であるといえるであろう。

疾走速度を高めるための効果的な動作が引き出されるためには、足関節の底屈が適切に制限されることが重要であると考えられたが、本研究で実際に疾走中の足関節底屈量が小さくなった被験者は全被験者の 70% のみであった。図 1 に示したように本研究で用いた装具はゴムで足首を固定するものである。装着時には被験者の足首の角度を基準として装着したが、構造の限界でゴムを変更することはできないため、筋力がばらばらである児童に対して同一の負荷で固定できなかったと考えられる。したがって、実際に使用する場合には、足関節の制限が引き出される固定の状態を児童ごとに観察して装着することが必要になるだろう。

さらに、本研究は小学校高学年の児童が足関節固定補助装具を装着した場合の動作に関する基礎的資料を得ることを目的としており、5・6 年生の児童を 1 つの集団として検討を行った。したがって、体格、筋力、性別などの個々の条件に対する示唆を提供できない点に限界がある。今後は対象を拡大して詳細な検討を行うことでより学校現場に役立つ情報を提供していくことが可能になると言えるであろう。

5. まとめ

本研究の目的は足関節固定補助装具を装着した小学生高学年の疾走動作の特徴をバイオメカニクスの観点から検討し、疾走フォーム改善を目的とした授業教具としての効果に関する基礎的資料を得ることであり、以下の知見を得た。

- 1) 足関節固定補助装具を装着し、足関節の底屈量が制限された場合では、疾走速度に変化はないがピッチの増加とストライドの減少、接地滞空比の増加が見られた。
- 2) 足関節固定補助装具を装着し、足関節の底屈量が制限された場合のピッチの向上と接地滞空比の増加は接地時間の短縮に起因し、高い疾走速度達成の条件の 1 つとなる短い時間で大きな力を地面に伝えられるキック動作が引き出された。
- 3) 足関節固定補助装具を装着し、足関節の底屈量が制限された場合の支持脚の動きは、支持期中の足関節と膝関節の伸展が少ない動作であり、脚全体がより固定してスイングされる合理的なキック動作であった。

以上のことから、装着方法が簡単である足関節固定補助装具は、疾走動作の変容を促す教具として教育現場で活用できる可能性が示唆されたが、足関節固定補助装具を装着しても足関節の底屈量が制限されない場合もあり、児童に応じた適切な装着方法を検討していくことが今後の課題として挙げられる。

引用文献

- 1) 青戸慎司「小学校の体育授業におけるかけっこ指導法の改善に関する研究」早稲田大学大学院スポーツ科学研究科トップマネジメントコース修士論文, 2012
- 2) 遠藤俊典, 田内健二, 木越清信, 尾縣貢「リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究」『体育学研究』52, 2007, pp. 149-159
- 3) 長谷川常次郎「走能力の発達に関する研究」『東京学芸大学研究報告』12, 1961, pp. 279-286
- 4) 伊藤章, 市川博啓, 斎藤昌久, 佐藤和則, 伊東道朗, 小林寛道「100m 疾走局面における疾走動作と速度の関係」『体育学研究』43, 1998, pp. 260-273
- 5) 株式会社ニシ・スポーツ「ATHLETIC WEAR & EQUIPMENT CATALOG」<http://www.nishi.com/catalogue/style/download.pdf>, Accessed September 27 2014, 2014, pp. 143
- 6) 加藤謙一, 宮丸凱史, 松元剛, 秋間広「ジュニアスプリンターの疾走能力の発達に関する縦断的研究」『体育学研究』41, 1999, pp. 352-359
- 7) 加藤謙一, 関戸康雄, 岡崎秀充「小学6年生の授業における疾走能力の練習効果」『体育学研究』45, 2000, pp. 530-542
- 8) 木越清信, 加藤彰浩, 筒井清次郎「小学生における合理的な疾走動作習得のための補助具の開発」『体育学研究』57, 2012, pp. 215-224
- 9) Kunz H., and Kaufmann D. A. 「Biomechanical analysis of sprinting : decathletes versus champions」*British Journal of Sports Medicine* 15 (1981): 177-181
- 10) マイネル, K : 金子明友訳『スポーツ運動学』大修館書店, 1981
- 11) 三宅聡, 鈴木秀次「短距離走スタートダッシュにおける下肢重心と下肢関節角度」『体力科学』47 (6), 1998, pp. 709
- 12) 宮丸凱史『ランニングフォームの発達 身体運動学概論』大修館書店, 1976
- 13) 宮丸凱史『疾走能力の発達』杏林書院, 2001
- 14) 文部科学省「小学校学習指導要領解説 体育編」, 2008
- 15) 文部科学省「平成24年度体力・運動能力調査」<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001050841&cycode=0>, Accessed September 27 2014, 2013
- 16) 永原隆, 宮代賢治, 関子浩二「女子短距離選手を対象とした足底屈パワーテストと疾走能力の関係」『スポーツパフォーマンス研究』5, 2013, pp. 279-294
- 17) 内藤景, 荻山靖, 宮代賢治, 山元康平, 尾縣貢, 谷川聡「短距離走競技者のステップタイプに応じた100m 走レース中の加速局面の疾走動態」『体育学研究』58, 2013, pp. 523-538
- 18) 斎藤昌久, 宮丸凱史, 三宅一郎, 湯浅景元, 浅川正一「2～11歳時の走運動における脚の動作様式」『体育の科学』31 (5), 1981, pp. 357-361
- 19) 斎藤昌久, 伊藤章「2歳児から世界一流までの疾走能力の変化」『体育学研究』40, 1995, pp. 104-111
- 20) 田尻信幸, 三宅聡, 一之瀬貴, 垣花渉, 鈴木秀次「フットフレクサーは走技術の改善に役立つのか」『日本スプリント学会第9回大会 学会集』, 1998
- 21) 高柳美久「走運動における一考察～足関節固定補助装具が走運動に与える影響～」弘前大学大学院教育学研究科教科教育専攻保健体育専修修士論文, 2012

- 22) Peter G. Weyand., Deborah B. Sternlight., Matthew J. Bellizzi., and Seth W 「Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements」*Journal of Applied Physiology* 89 (2000): 1991-1999
- 23) Well R. P., and Winter D.A. 「Assessment of signal and noise in the kinematics normal, pathological and sporting gaits」 *Human Locomotion* 1 (1980): 92-93
- 24) 横井孝志, 渋谷侃二, 阿江通良 「日本人幼少年の身体部分係数」『体育学研究』31 (1), 1986, pp. 53-66