小学校高学年児童における疾走中の腕振り動作の特徴： 性差と能力差に着目して

比留間 浩介

HIRUMA Kosuke: Characteristics of arm swing movements during sprinting in upper grade elementary school children, focusing on gender and ability differences. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci.

Abstract: The purpose of this study was to clarify the characteristics of the arm swing movements of upper grade elementary school children during sprinting from the viewpoint of gender and differences in sprinting ability.

Fifty-three children were asked to run 50 m and filmed from the side with a video camera. The subjects were then classified into 3 groups on the basis of their 50-meter sprinting time: an Excellent group (Group E), a Poor group (Group P), and an Average group (Group A). Kinematic data for the arm swing movements were then calculated and compared according to gender and differences in sprinting ability. The main results were as follows.

1) A gender difference in upper arm movement was found in the minimum segment angle of the upper arm: girls swung their arms more forward than boys, even when groups with similar sprinting times were compared.

2) When differences in upper arm movement were examined for each gender, it was found that the boys in group E showed significantly larger differences than those in groups A and P, and that group E swung their arms back and forth more widely than the other groups. With regard to upper arm angular velocity, which is an index of “arm swing speed”, group E group showed a significantly larger value than group P, and group E showed a faster backward arm swing. On the other hand, no such tendency was observed in girls, and no significant difference was found among the 3 groups with different sprinting speeds.

3) In terms of gender differences in elbow joint movement, there were no significant differences in either angle or angular velocity between boys and girls.

4) When the difference in elbow joint movement was examined for each gender, the maximum angle for girls in group E was significantly greater than that for girls in group A, but there were no significant differences in other areas.

The above results indicate that the concepts of “swinging the arms back and forth significantly” and “swinging the arms fast”, which have been considered central for teaching during sprinting, are applicable to boys but not necessarily to girls. Furthermore, the concept of “maintaining elbow flexion” was not supported for both sexes.

Key words : 50m run, upper arm, elbow joint angle

キーワード : 50m 走, 上腕, 肘関節

I 緒 言

疾走能力はあらゆるスポーツ動作の基礎をなす重要な能力であり、児童期に習得される疾走能力は、その後に習得する種々のスポーツ運動の前提となる（宮丸ほか、1991）。そのため、小学校の段階で適切な方法を用いて走運動の技能を身につ

けさせることは重要であると考えられる。

小学校体育における走運動の取り扱いを見ると低学年の「走・跳の運動遊び」、中学年の「走・跳の運動」、高学年の「陸上運動」の中で取り扱われており、「動きを身に付けること」や「技能を身に付けること」が目標として示されている（文部科学省、2018）。また、運動領域（陸上運動系）の内容を見ると、低学年の「走・跳の運動遊

び」，中学年の「走・跳の運動」の学習指導では，動き自体の面白さや心地よさを引き出す指導を基本にしながら，体力や技能の程度にかかわらず競走（争）に勝つことができたり，勝敗を受け入れたりするなどして，意欲的に運動（遊び）に取り組むことの必要性が示されている（文部科学省，2018）．その一方，高学年における陸上運動の学習指導では，合理的な運動の行い方を大切にしながら競走（争）や記録の達成を目指す学習活動が中心になることが示されている（文部科学省，2018）．以上のことから，中学年までは，基本的な動きとしての走運動を身に付けさせ，豊富な体験をさせることに重点を置き，高学年以降では，短距離走における合理的な動きや記録を高めるために必要な動きを段階的に身につけていくことが求められるといえる．

これまでの研究で，小学生の疾走動作をバイオメカニクスの的に分析し，合理的な動きや疾走能力を向上させるための知見が具体的に示されている．例えば，加藤ほか（2001）は，疾走能力の高い児童の特徴として，遊脚の大腿が高く上がっていることや膝がより屈曲していることを示し，伊藤ほか（1998）が明らかにした疾走能力の高い成人の特徴とは異なることを明らかにしている．また，末松ほか（2008）は，小学生の全学年を対象に疾走中の接地時点における身体各部の動作の因果構造について検討し，遊脚の膝関節の屈曲や遊脚大腿部分の前方への引き出しが疾走能力に影響を及ぼしていることを明らかにしている．これらの研究では，疾走能力の高い児童における下肢の動作の特徴が明らかになっており，実際の指導現場に有益な知見を提供しているといえる．

その一方で，走運動では上肢の動き（腕振り）も重要であることが数多くの研究で報告されており，腕振りが疾走速度に影響を及ぼすストライドと地面反力を増加させること，上半身と下半身のバランスを保つ役割があること等が明らかにされている（Hinrichs et al., 1987; Lockie et al., 2003; Sayers, 2000; Macadam et al., 2018; Slawinski, et al., 2010）．そのため，合理的な動きや記録を高めるために必要な動きを段階的に身につけていくこと

が求められる小学校高学年の短距離走の学習においても，腕振り動作に関する内容を取り上げる必要があると考えられる．

これまでのバイオメカニクスの研究（植屋ほか，1992）や観察的な評価法を作成した研究（鈴木ほか，2016；高本ほか，2003）において，小学生の疾走中の腕振り動作について検討されており，「肘の屈曲を保持して振る」，「前後に大きく振る」，「速く振る」ことが目指すべき動作や習熟した動作として提示されている．また，小学生向けの指導書（清水，2008；下山，2008）や小学校学習指導要領解説体育編（文部科学省，2018）においても，前述した内容が望ましい腕振り動作として具体的に示されており，実際の指導現場では腕振り動作の重要性が広く浸透しているものと考えられる．そのうち，「前後に振る」といった点については，比留間・荏山（2019）が観察的評価法を用いて小学生から成人短距離選手を対象に横断的に検討しており，これまで望ましいとされてきた「前後」ではなく「横」振りでも必ずしも問題であるとはいえない可能性を示唆している．

また，「腕振りの大きさおよび速さ」や「肘の屈曲・伸展」については，男子短距離選手までを対象とした先行研究（田村・久保田，2004）があり，この研究では，指導現場で一般的にいわれてきた腕振りの大きさ，速さや肘の屈曲の保持（宮川，1992；宮丸・宮丸，1976）は直接的に疾走速度に影響を及ぼさないことが報告されている．仮に，先行研究（田村・久保田，2004）の結果が小学生にも当てはまるのであれば，これまでの指導方法や観察評価の観点についても再考する必要があるだろう．

これらのことについて，小学生と成人競技者では疾走速度に影響を及ぼす動作が異なることが明らかにされている（加藤ほか，2001）ため，小学生を対象として検討する必要があるが，これまで，小学生の腕振り動作の特徴について検討した研究はほとんどない．木越ほか（2014）は小学5，6年生男女の腕振り動作の分析を行ったところ疾走速度に影響を及ぼす腕振り動作として，前方に振り出していた腕の後方へのスウィング開始の局

面において大きな角加速度によって積極的に肘関節を伸展させること、支持期の中盤において上腕を積極的に後方へスウィングさせることを挙げている。しかし、この研究は、疾走動作には男女差がある（福永ほか，1984；宮丸，2001）にも関わらず男女混合のデータになっているなどの問題を含んでおり、小学生の腕振り動作の特徴を十分に捉えているとはいえない。特に形態や体力等の性差が拡大する時期に差し掛かる高学年児童（高石ほか，1993）においては、腕振り動作にも性差がみられる可能性も否定できないため、詳細に検討する必要があると考えられる。

また、思春期の疾走動作を分析したこれまでの研究（加藤ほか，1994；加藤・宮丸，2006）では、疾走能力に影響を及ぼす下肢の動作要因が男女で異なることが示唆されている。このことから、腕振り動作においても、疾走能力に影響を及ぼす動作要因が男女で異なる可能性が考えられるが、この点について検討した研究はみられない。

以上のことから、小学生の腕振り動作の実態については、未だ明らかではない点が多く、「前後に大きく腕を振る」や「肘の屈曲の保持」等といった指導書や学習指導要領解説に示されている指導方法や観察評価の観点の妥当性についても客観的な根拠が不足している。したがって、腕振り動作の性差や疾走能力の高い児童の腕振り動作の特徴について男女別に明らかにすることができれば、これまでの腕振り動作に関する指導方法や観察評価の観点について再考するための知見を提供でき、合理的な動きや記録を高めることが求められる小学校高学年児童の短距離走の授業を展開していく上で有益な知見になると考えられる。

そこで本研究では、小学校高学年児童の疾走中における腕振り動作の特徴について、特に、「腕振りの大きさ、速さ」、「肘の屈曲の保持」に着目し、性差、疾走能力差といった観点から明らかにすることを目的とする。

II 方 法

1. 対象者

対象者は小学校高学年の児童 53 名（5 年生 25 名，6 年生 28 名）であり、その内訳は男子 26 名，女子 27 名であった。

2. 実験試技

新体力テストの実施要項（文部科学省，online）を参考に、スタンディングスタートからの 50 m 走を実施した。試技は 2 回とし、ストップウォッチを用いてタイムを測定し、タイムが優れている方を分析対象とした。

なお、撮影は、研究データは研究目的以外に使用しないこと、研究発表時に個人が特定されないことを文書によって説明し、学校長および保護者の同意を得た上で実施した。

3. 撮影方法

デジタルビデオカメラ（120fps）を用い、撮影区間の側方 30 m 地点からパンニング撮影した。撮影区間は、25 m から 35 m 地点までとし、実長換算を行うために 1 m 間隔で校正マークを置いた。

4. 分析方法および分析項目

撮影した映像をもとに 1 サイクルの疾走動作について、身体 23 点と校正マーク 4 点をビデオ動作解析システム（Frame-DIAS V，DKH 社製）を用いてデジタル化した。その後、校正マークをもとに実長換算した後、デジタルフィルターを用いて 2—8 Hz で平滑化した。

疾走速度はピッチとストライドの積とし、ピッチは 1 サイクルに要した時間を 2 等分したものの逆数、ストライドは身体重心の水平移動距離を 2 等分した距離とした。

また、腕振り動作を分析するために先行研究（木越ほか，2014；Mann and Herman, 1985）を参考に上腕セグメント角度（以下「上腕角度」と略す）、角速度および肘関節角度、角速度を算出し、

最大値, 最小値および動作範囲 (角度のみ) を求めた. 加えて, 木越ほか (2014) を参考に回復期前半 (右足離地から左足接地), 回復期後半 (左足接地から右足接地) の時間を 50% ずつ, 支持期 (右足接地から離地) の時間を 100% に規格化し, 時系列データも算出した.

なお, 上腕角度は肩関節中心と肘関節中心を結んだ線分と水平線とがなす角度とし, 肘関節角度は上腕と前腕のなす角度とした (Fig. 1).

5. 疾走能力 (50m 走タイム) による被検者の分類

尾縣ほか (1993) の先行研究を参考に, 疾走能力を基に男女それぞれ 3 群に分類した. すなわち, 50 m 走タイムの平均値 ± 0.5 SD を基準に -0.5 SD 以下を疾走能力が優れている Excellent 群 (以下「E 群」と略す), $+0.5$ SD 以上を疾走能力が劣っている Poor 群 (以下「P 群」と略す), その間を Average 群 (以下「A 群」と略す) とした.

6. 統計処理

測定, 分析項目の値は平均値 $\pm$ 標準偏差で示した. すべての測定, 分析項目における正規性の検定には, Shapiro-Wilk 検定を用いた. 正規性が確認された場合, 2 群間の比較には対応のない t 検定, 3 群間の比較には 1 要因の分散分析を用い, その後の多重比較には Bonferroni 法を用いた. 一方, 正規性から逸脱していると判断された場合, 2 群間の比較には Mann-Whitney 検定, 3 群間の

比較には Kruskal-Wallis 検定を用い, その後の多重比較には Bonferroni 法を用いた. なお, すべての検定の有意水準は 5% 未満とした.

III 結果

被検者の 50 m 走タイム, 身長, 体重, ピッチ, ストライドおよび疾走速度を男女で比較したところ, 身長および体重以外の測定, 分析項目において有意差が認められ ($p < 0.05$), いずれも男子の方が高い値であった.

Fig.2 に上腕角度, Fig.3 には肘関節角度, の最大値, 最小値および動作範囲を男女で比較したものを示し, Fig.4, Fig.5 には, 1 サイクル中の時系列データをそれぞれ示した. 肘関節角度, 角速度については, 最大値, 最小値, 動作範囲, 時系列データいずれにおいても男女間で有意な差は認められなかった. 一方, 上腕角度については, 最大および最小値において有意差が認められ, 男子の方が有意に大きかった ($p < 0.05$). また, 上腕角度の時系列データをみると, 最小角度が出現す

Fig.2 Comparison between upper arm segment angle of boys and girls.

Fig.3 Comparison between elbow joint angle of boys and girls.

Fig.1 Definition of upper arm segment angle and elbow joint angle.

Fig.4 Averaged patterns of upper arm segment angle for boys and girls.

Fig.5 Averaged patterns of joint angle of elbow for boys and girls.

る 70% 付近以降から最大角度が出現する 160% 付近までは男子の方が値が大きく、80—110% では有意差が認められた ($p < 0.05$)。このことは、後方には男子の方が大きく振り、前方には女子の方が大きく振っていたことを示している。なお、腕振りの「大きさ」の指標である上腕動作範囲および「速さ」の指標である屈曲、伸展角速度については、最大値、最小値、時系列データのいずれにおいても男女間で有意な差は認められなかった。

Table 1 には、50 m 走タイム別に分類した各群ごとの身長、体重、ピッチ、ストライドおよび疾走速度の比較を示した。なお、E 群は男子 8 名、女子 9 名、A 群は男子 10 名、女子 9 名、P 群は男子 8 名、女子 9 名であった。男女それぞれ 3

群間で比較した結果、ストライドおよび疾走速度において有意差が認められ ($p < 0.05$)、男子のストライドは P 群より E 群の方が有意に大きく ($p < 0.05$)、女子のストライドは P、A 群より E 群の方が有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、疾走速度は、男女とも 50 m 走タイムと同様に P 群より A 群の方が、P 群、A 群より E 群の方が有意に大きかった ($p < 0.05$)。

Fig. 6 には、上腕角度、角速度の 1 サイクル中の時系列データを群別に示した。

男子のみ 3 群間で有意差が認められ、角度の 90—100% では、E 群よりも P 群の方が有意に大きく、170—180% では、P 群、A 群より E 群の方が有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、角速度の

Table 1 Comparison of sprint performance data and physical data for different sprinting ability.

	Sprint time (sec)		Weight (kg)		Height (m)		Step Length (m)		Step Frequency (steps/s)		Sprint Speed (m/s)	
	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls
Excellent	8.5 ± 0.3	9.1 ± 0.3	35.8 ± 6.3	35.7 ± 8.0	1.41 ± 0.07	1.42 ± 0.09	1.55 ± 0.10	1.59 ± 0.10	4.2 ± 0.2	3.9 ± 0.2	6.5 ± 0.4	6.1 ± 0.3
Average	9.0 ± 0.1	9.7 ± 0.2	34.8 ± 5.3	33.5 ± 3.6	1.41 ± 0.08	1.39 ± 0.05	1.50 ± 0.08	1.46 ± 0.07	4.0 ± 0.1	3.9 ± 0.1	6.0 ± 0.1	5.7 ± 0.1
Poor	9.9 ± 0.3	10.5 ± 0.3	33.8 ± 16.6	35.0 ± 4.5	1.35 ± 0.10	1.40 ± 0.05	1.39 ± 0.10	1.42 ± 0.07	3.9 ± 0.3	3.7 ± 0.1	5.4 ± 0.3	5.3 ± 0.2
P - value	< 0.05	< 0.05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	< 0.05	< 0.05	n.s.	n.s.	< 0.05	< 0.05
Post - hoc test	E < A < P	E < A < P					P < E	P, A < E			P < A < E	P < A < E

Fig. 6 Averaged patterns of upper arm segment angle for differences in sprinting ability.

140—150%において、P群、A群よりE群の方が有意に大きかった ($p<0.05$)。

Fig.7には、上腕角度の最大値、最小値、および動作範囲を群別に比較したもの、また、Fig.8には上腕角速度の最大値、最小値、および動作範囲を群別に比較したものを示した。男子の最大角度および動作範囲は、P群、A群よりE群の方が有意に大きく ($p<0.05$)、最小角度はE群よりもP群の方が有意に大きかった ($p<0.05$)。また、伸展角速度の最大値は、E群がA群およびP群よりも有意に大きかった。一方、女子はいずれにおいても3群間で有意な差は認められなかった。角速度については、時系列データでみると有意差は認められなかったが、最大値でみると男子の伸展角速度において3群間で有意差が認められ、E群がP群よりも有意に大きかった。

Fig.9には、肘関節角度、角速度における1サイクル中の時系列データを群別に示した。また、Fig. 10には、肘関節角度の最大値、最小値、お

よび動作範囲を群別に比較したものを示した。その結果、女子の最大角度のみ有意差が認められ、A群よりE群の方が有意に大きく ($p<0.05$)、また、時系列データをみても160—180%においてA群よりE群の方が有意に大きかった ($p<0.05$)。なお、角速度については、最大屈曲、伸展角速度および時系列データのいずれにおいても、男女とも3群間で有意な差は認められなかった。

IV 考 察

1. 上腕動作の性差について

腕振りの大きさの指標である上腕動作範囲の値を男女で比較すると、性差は認められずほぼ同程度の値 (男子: 93.4 ± 18.2 , 女子: 95.6 ± 20.5) であった (Fig.2)。一方、上腕最大角度は性差が認められ男子の方が有意に大きく、男子は女子よりも後方に大きく腕を振っている傾向がみられた。また、上腕最小角度についても性差が認められ、

Fig. 7 Comparison of upper arm segment angles for different sprinting ability.

Fig. 8 Comparison of upper arm segment angular velocity for different sprinting ability.

Fig. 9 Averaged patterns of joint angle of elbow for differences in ability.

Fig. 10 Comparison of elbow joint angles for different sprinting ability.

女子の方が有意に小さく、女子は男子よりも前方に腕を大きく振っている傾向がみられた。このことは時系列データからも確認できる (Fig.4 上段)。しかし、男子と女子では、疾走タイムに有意差が認められているため、前述した腕振り動作の差は、能力差に起因している可能性も考えられる。そこで、男女で疾走タイムが同程度の集団 (男子のA群およびP群と女子のE群およびA群) で比較したところ、上腕最小角度に有意差が認められ、女子の方が前方に大きく振っていることが明らかになった (Table 2)。宮丸 (2001) による

と、疾走動作の性差は4歳以降の年齢にも認められ、女子の方が上下動が大きく、エネルギーのロスが大きい走り方であることが報告されているが、本研究の結果は、腕振り動作にも性差が認められることを示唆している。

これまで、思春期の身体的変化が男子では疾走パフォーマンスを向上させる方向に働き、女子ではそれがパフォーマンスを停滞させる要因になると指摘されている (佐々木, 2009)。本研究の被検者である小学校高学年は第二性徴の時期で、女子においては皮下脂肪の増量や骨盤の発育など

Table 2 Comparison between boys and girls with comparable recording populations.

	Sprint time (sec)	Maximum upper arm angle (deg)	Minimum upper arm angle (deg)	Upper arm displacement (deg)
Boys (Average and Poor)	9.47 ± 0.59	158.9 ± 8.5	68.5 ± 13.3	90.4 ± 13.7
Girls (Excellent and Average)	9.46 ± 0.43	155.1 ± 10.3	57.3 ± 16.7	97.9 ± 17.1
	n.s	n.s	*	n.s

* p<0.05

が始まるとされている（高石ほか，1993）．腕振り動作には，前に転ぶことを防ぐといったバランスをとる役割もある（伊藤，1991）ことから，受動的か能動的かは定かではないが，前方への腕振りを大きくすることで，走りのバランスを維持していた可能性も考えられる．しかし，本研究において，女子の特徴として示された前方への大きな腕振りが好ましい動作か否かについては，本研究の結果のみでは明らかにすることはできない．したがって，この点については，性差が認められた要因も含めて今後さらに検討する必要がある．

2. 上腕動作の男女毎の疾走能力差について

上腕動作の疾走能力差について，男子は，最大角度，最小角度，動作範囲の全てにおいて，3群間で有意差が認められ，E群がA，P群よりも腕を前後に大きく振っていることが明らかになった（Fig.7）．このことは時系列データからも確認できる（Fig.6）．この結果は，これまでの先行研究（鈴木ほか，2016；高本ほか，2003；植屋ほか，1992）や指導書（清水，2008；下山，2008）で示されている習熟した動作や目指すべき動作と一致していた．疾走能力が優れている男子児童が意識的に大きく腕を振っていたのか，結果的に大きくなっていたのかについては定かではないが，男子児童においては，疾走能力を高めるために大きな腕振りを目指すことや観察評価の観点として「腕振りの大きさ」を設定することを概ね支持する結果であったといえる．また，上腕角速度（Fig.6, 8）については，最大伸展角速度において能力差が認められ，E群がP群よりも有意に大きかった．成人を対象とした先行研究（田村・久保田，2004）では，最大伸展角速度と疾走速度との間に有意な相関が認められなかったが，屈曲角速度と疾走速

度との間には有意な負の相関関係が認められ，腕を速く振ることが疾走能力の向上に影響を及ぼすといったこれまでの指導方法とは異なる結果であったと報告している．このことに関して，田村・久保田（2004）は，疾走速度が高く，ストライドが高い被験者ほど肩関節の最大屈曲速度が低かったことから，競技レベルが高い被験者ほど全力で行っている腕振り動作をコントロールしている可能性を示唆している．しかし，本研究の結果は，成人短距離選手を対象とした先行研究（田村・久保田，2004）の結果とは異なり，小学生を対象とした研究で導き出され，疾走速度の向上に影響があるとされる「上腕を積極的に後方へスイングする」（木越ほか，2014）ことや指導書に記載されている「前よりも後ろに腕をしっかりと振り上げる」（下山，2008）ことに比較的近いと考えられ，これらを支持する結果であったといえる．

一方，女子は，いずれにおいても3群間で有意な差は認められなかった（Fig.7, 8）．このことは，男子と異なり，腕振りの大きさや速さは疾走能力に大きな影響を与えないという可能性を示唆している．思春期の疾走動作を分析したこれまでの研究（加藤ほか，1994；加藤・宮丸，2006）では，女子では右足離地時から左脚支持期中点における自由脚足先の位置の高いことが疾走速度を高めることに関係していたが男子には認められなかったこと，女子は男子よりも接地中の膝関節の伸展動作が大きかったことが報告されている．これらの報告（加藤ほか，1994；加藤・宮丸，2006）は，身体の様々な特徴的な発達を示す思春期以降（高石ほか，1993）になると，疾走能力に影響を及ぼす動作要因が男女で異なる可能性を示唆しており，本研究の結果を踏まえるとその中の1つに腕振りの大きさや速さも含まれると考えられる．本

研究の対象者である小学校高学年児童は、思春期に差し掛かり、形態や体力等の性差が拡大する時期に該当する(高石ほか, 1993). 前述したように、この時期は男女の身体の発育に差がある(高石ほか, 1993) ことや身体的変化がパフォーマンスに及ぼす影響には性差がある(佐々木, 2009) ことから、これらが男女それぞれの腕振り動作に影響を及ぼし、疾走能力に影響を及ぼす要因の性差にも関連していたと推測される。

また、腕振り動作には、脚を動かすことによって生じる下半身の回転力に対処して上半身の回転力を生み出しバランスを取る役割もあるといわれている(Hinrichs et al., 1987; 伊藤, 1991). 女性は男性と比べて相対的に骨盤が広く、低い位置にある(高石ほか, 1993) ことや疾走中の下肢の動作には性差が認められている(加藤ほか, 1994; 加藤・宮丸, 2006) ため、上半身に生じる回転力は男女で異なることが予想される。したがって、上半身と下半身のバランスをとった上で疾走速度を高めていくために、腕振りの大きさを調整する等、男女で異なる戦略をとる必要があると考えられる。これらのことも疾走能力に影響を及ぼす腕振り動作に性差が認められたことに関係している可能性が考えられるが、現段階では推察の域を出ないため、今後検討していく必要があるだろう。

以上のことから、疾走能力の高い児童の特徴として、男子は前後に腕を大きく振っているものの、女子の場合は必ずしも前後に腕を大きく振っているわけではないことが明らかになった。前述したように、その要因について、現時点で明確に示すことはできないが、疾走能力の高い児童の腕振り動作の特徴が男女で異なるという結果は、今後、男女の特性に合わせた短距離走の指導方法を検討するうえで有益な知見になると考えられる。中野ほか(2018)は、3年生児童32名(男子15名、女子17名)を対象とした短距離走の授業において、腕を後ろに振るように教示し、後ろに大きく振れるようになったことで疾走速度が向上した児童もいたが、低下した児童もいたことを報告している。この研究結果は、全ての児童に腕を大きく振ることを教示(指導)するのではなく、各児童

の特性に合わせて教示(指導)する必要性を示唆している。即ち、本研究の結果から、女子児童に対して「前後に腕を大きく振る」といった指導や動作を観察評価する際に腕振りの大きさに着目することは、適切ではない可能性が示唆された。

なお、本研究では2次元的な動作分析であったため、横方向(または斜め)に大きく振っていた場合、本研究で設定した上腕セグメント角度に反映されないことが推測される。したがって、今後は3次元的な分析も必要になるだろう。しかし、いずれにせよ男子と女子では、異なる腕振り動作になっていた可能性が高いものと考えられる。

3. 肘関節動作の性差および男女毎の疾走能力差について

肘関節動作は、最大、最小角度、動作範囲、最大屈曲、伸展角速度および時系列データのいずれにおいても男女間で有意な差は認められなかった(Fig.3, 5)。また、疾走能力差でみると、男子では角度、角速度ともに3群間で有意な差は認められなかったが、女子では最大角度に有意差が認められ、E群がA群よりも有意に大きかった(Fig.9, 10)。

疾走中における肘関節角度について、先行研究(鈴木ほか, 2016; 植屋ほか, 1992)や指導書(下山, 2008)においては、屈曲を保つことが望ましいとされている。しかし、本研究の結果は、肘関節の屈曲が十分に保たれていなくても、優れた疾走能力を発揮できる可能性を示唆している。前述の通り、女子では疾走能力の優れているE群の最大角度が大きく、男女のE群の中には、最大角度が180度(完全に伸展)になる被検者も複数名いた。この肘関節の伸展動作について、先行研究では、疾走速度を高めるためには「後方スイング時に積極的に肘を伸展させること」が重要である(木越ほか, 2014) ことや、「脚が流れる」動作を引き起こす原因である肩関節の最大伸展位を抑制するためには肘関節が開いた(伸展した)状態が望ましいといった指摘もある(田村・久保田, 2004)。したがって、本研究の結果も踏まえると疾走中に肘関節が伸展することは、未熟な動作で

あるとはいえないと考えられる。本研究の被検者が意識的に肘関節を伸展させていたか否かについては、不明であるが、少なくともすべての児童に肘関節の屈曲を保つことを求めることや習熟した動作として設定する必要はないと考えられた。

V まとめ

本研究では、小学校高学年児童の疾走中における腕振り動作の特徴について、特に、「腕振りの大きさ、速さ」、「肘の屈曲の保持」に着目し、性差、疾走能力差といった観点から明らかにすることを目的とした。主な結果は以下の通りである。

1) 上腕動作の性差に着目すると、疾走タイムが同程度の集団で比較しても上腕最小角度においては男女差が認められ、女子は男子よりも前方に大きく腕を振っていることが明らかになった。

2) 上腕動作の疾走能力差を男女毎に検討すると、男子の上腕動作範囲に有意差が認められ、疾走能力の優れている E 群が A、P 群よりも有意に大きく、E 群が他の群よりも前後に大きく腕を振っていることが明らかになった。また、「速さ」の指標である上腕角速度については、E 群が A、P 群よりも有意に大きく、E 群の方が後方に腕を速く振っていることが明らかになった。一方、女子ではいずれにおいてもそのような傾向はみられず、疾走能力の異なる 3 群間で有意な差は認められなかった。

3) 肘関節動作の性差に着目すると、角度、角速度のいずれにおいても男女間で有意な差は認められなかった。

4) 肘関節動作の疾走能力差を男女毎に検討すると、女子の最大角度において、E 群が A 群よりも有意に大きかった（肘関節が伸展していた）ものの、それ以外では有意差は認められなかった。

以上のことから、疾走中における腕振り動作の指導や観察の観点としてこれまで示されてきた「腕を前後に大きく振る」、「後方に速く振る」といった内容について、男子については該当するものの、女子については必ずしも該当するわけではなかった。また、男女とも「肘の屈曲を保つ」と

いった内容については、支持できるとはいえなかった。

したがって、本研究の結果は、今後、腕振り動作における観察の観点や指導方法を再考する必要性を示唆するものであり、それらを検討していく上で有用な知見になると考えられた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、山形大学地域教育文化学部、渡邊信晃先生に多大なるご協力を賜りました。心より御礼申し上げます。

付記

本研究は、科学研究費補助金（若手研究 B：17K13130、研究代表者：比留間浩介）の助成を受けて実施しました。

文 献

- 福永哲夫・松尾彰文・浅見俊雄（1984）地面反力からみた発育期男女の走能力特性。星川保・豊島進太郎編、第7回日本バイオメカニクス学会大会論集、pp.46-49。
- Hinrichs, R. N., Cavanagh, P. R., and Williams, K. R. (1987) Upper extremity function in running. I: Center of mass and propulsion considerations. *Int. J. Sport Biomech.*, 3: 222-241.
- 比留間浩介・荻山靖（2019）短距離走における腕振りの方向に関する横断的研究。体育学研究, 64: 719-729.
- 伊藤章（1991）腕振りにおける腕の役割。体育の科学, 41: 688-692.
- 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・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との関係。体育学研究, 43: 260-273.
- 加藤謙一・宮丸凱史（2006）一般高校生の疾走動作の特徴。体育学研究, 51: 165-175.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良（1994）女子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達。体育学研究, 39: 13-27.
- 加藤謙一・宮丸凱史・松元剛（2001）優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴。体育学研究, 46: 179-194.
- 木越清信・関慶太郎・近江秀明・山元康平・尾縣貢（2014）小学生における腕振り動作が疾走速度に及ぼす影響。陸上競技研究, 97(2): 9-16.
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., and Spinks C. D. (2003) Effects

- of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 17: 760-767.
- Macadam, P., Cronin, J., Uthoff, A., Johnston, M., and Knicker, A. (2018) Role of Arm Mechanics during Sprint Running: A Review of the Literature and Practical Applications. *Strength and Conditioning Journal*, 40(5): 14-23.
- Mann, R. and Herman, J. (1985) Kinematic analysis of Olympic sprint performance Men's 200 meters. *J. Sport Biomech.*, 1: 151-162.
- 宮川千秋 (1992) 短距離 (最新陸上競技入門シリーズ). ベースボール・マガジン社, pp.19-23.
- 宮丸凱史・宮丸郁子 (1976) 短距離競走. 金原勇編著, 陸上競技のコーチング 1 総論・トラック編. 大修館書店, pp.211-212.
- 宮丸凱史・加藤謙一・久野譜也・芹沢玖美 (1991) 発育期の子どもの疾走能力の発達に関する研究 (1) 児童の疾走能力の縦断的発達. 平成 2 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, 第 2 報: 128-137.
- 宮丸凱史 (2001) 疾走能力の発達: 走り始めから成人まで. *体育学研究*, 47: 607-614.
- 文部科学省 (2018) 小学校学習指導要領解説 体育編. 東洋館出版社.
- 文部科学省 (online) 新体力テスト実施要項 (6—11 歳対象) https://www.mext.go.jp/sports/content/1408001_1.pdf, (参照日 2021 年 2 月 6 日).
- 中野弘幸・中村光希・鈴木英樹 (2018) 言語教示が小学生の疾走能力に及ぼす影響. 愛知教育大学研究報告. 芸術・保健体育・家政・技術科学・創作編, 67(2): 31-34.
- 尾縣貢・中野正英・岡沢祥訓 (1993) 脚伸展パワーが走幅跳びに及ぼす影響: 小学 5 年生の場合. *体育学研究*, 38: 35-45.
- 佐々木玲子 (2009) 発達に伴う動きの男女差. *バイオメカニクス研究*, 13(2): 96-102.
- Sayers, M. (2000) Running techniques for field sport players. *Sports Coach*, 23: 26-27.
- 清水由 (2008) 小学校体育 写真でわかる運動と指導のポイント 陸上. 大修館書店, pp.28-31.
- 下山真二 (2008) 体育の教科書 小学校低学年—高学年用. 山と溪谷社.
- Slawinski, J., Bonnefoy, A., Leveque, J. M., Ontanon, G., Riquet, A., Dumas, R., and Chèze, L. (2010) Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *J. Strength Cond. Res.*, 24: 896-905.
- 末松大喜・西嶋尚彦・尾縣貢 (2008) 男子小学生における疾走能力の指数と疾走中の接地時点の動作との因果構造. *体育学研究*, 53: 363-373.
- 鈴木康介・友添秀則・吉永武史・梶将徳・平山公紀 (2016) 疾走動作の観察的動作評価法に関する研究—小学 5・6 年生を分析対象とした評価基準の検討—. *体育科教育学研究*, 32(1): 1-20.
- 高石昌弘・樋口満・小島武次 (1993) からだの発達—身体発達学へのアプローチ. 大修館書店.
- 高本恵美・出井雄二・尾縣貢 (2003) 小学生児童における走, 跳, および投動作の発達: 全学年を対象として. *スポーツ教育学研究*, 23(1): 1-15.
- 田村孝洋・久保田康毅 (2004) 100 m の最高速度局面における腕動作機能. *陸上競技研究*, 59(4): 13-19.
- 植屋清見・中村和彦・麻場一徳 (1992) バイオメカニクスからみた小学生の短距離疾走能力の発達と学習指導要領の検討. *スプリント研究*, 2: 27-36.

(2021 年 5 月 11 日受付)
(2021 年 12 月 7 日受理)

Advance Publication by J-STAGE
Published online 2021/12/14