

小・中学生の疾走能力とスタート反応時間に関する縦断的研究

有川 秀之 埼玉大学教育学部保健体育講座
太田 涼 埼玉大学非常勤講師
喜多村 麻里 埼玉大学大学院教育学研究科

キーワード：縦断的分析、疾走能力、スタート反応時間、児童・生徒

1. はじめに

児童・生徒の走能力の把握は、一般的に昭和38年スタート以降実施されている文部科学省の「スポーツテスト」による運動能力テストの50m走で行なわれている。そして、「平成24年度体力・運動能力調査結果について」（文部科学省，2013）では、体力水準が高かった昭和60年頃と比較すると、中学生男子の50m走、ハンドボール投げを除き、依然低い水準になっていると報告している。また、「50m走は、6歳から19歳までのすべての年齢段階において男子が女子より高い水準を示している。男子は、6歳から14歳まで著しい向上傾向を示し、17歳ごろピークを迎える。女子は、6歳から11歳まで著しい向上傾向を示し、14歳でピークを迎える」と報告している。

50m走は、1秒間に足が接地する回数で表される歩数頻度（stride frequency）と片方の足の接地から逆足の接地までの歩幅（stride length）の積から成立っている疾走速度と同様に扱われ、歩幅（以後「ストライド」という）を大きく、かつ歩数頻度（以後「ピッチ」という）を多くすると疾走速度が高まり、50m走を速く走ることができる。

著者ら（有川ら 2009）は、小学1年時から6年生まで、6年間縦断的に体格、疾走速度、ピッチ、ストライドなど分析し、学年が進むにつれて身長、体重、疾走速度、ストライド、身長比ストライドは増加、50m走タイムは短縮、ローレル指数は減少、ピッチは減少傾向であったことを報告した。また、各年時の疾走速度の高低は、身長の高低には関係なく、ストライドの長短、ピッチの遅速が関係していることを報告した。これまで、小学生6年間の縦断的分析（宮丸ら 1991）、中学生3年間の縦断的分析（有川ら 2010、加藤ら 1985）など、学校種別毎には縦断的な研究があるが、同一の対象者を小学生から中学生まで追跡した疾走能力の研究は見当たらない。さらに、短距離走を速く走るためには、スタートを速くすることも重要なことと知られているが、スタートの反応時間に関する縦断的な分析も見当たらない。

そこで、本研究では、小学1年時から継続的に調査報告（有川ら 2009）した児童を中学3年生まで追加分析し、さらにこれまで研究報告が見当たらないスタート反応時間についても分析し、発育発達による疾走能力の基礎的知見を得ることを目的とした。

2. 研究方法

(1) 被検者

被検者は、2003（平成15）年にS大学教育学部附属小学校1年生であった児童120名（男子60名、女子60名）を対象に、2011（平成23）年にS大学教育学部附属の中学3年生になるまで、新体

力テストの50m走の測定を行った。途中で走れなくなったり、撮影ができなかったりしたデータを除き、9年間のデータがすべて揃った45名（男子26名、女子19名）を対象とした。

(2) 撮影方法及びデータ処理

身長、体重は、2003年から2011年の4月に測定した。

疾走能力は、2003年から2011年の4月と5月に同小学校や同中学校の整備された土のグラウンドで文部科学省新体力テスト実施時に、50m走を撮影した。撮影は、30m地点か40m地点側方のカメラと走路の10mごとの地点とを結ぶ線上にポールを立てて、被検者の左側方からソニー社製のデジタルビデオカメラ（DCR-VX1000）によってシャッタースピード1/1000秒でパンニング撮影を行なった。撮影したビデオ画像は、ダートフィッシュ社製ソフトウェア「チームプロ5.5」によりソニー社製パーソナルコンピュータ（PCG81114N）に取り込み、再生画像からコマ送り（1/60コマ）することによって分析を行った。

旗によるスタートの合図から左右どちらかの足が動き出すまでの時間をスタートの反応時間とした。前後のどちらかの足が動き出してから10mのポールに被検者のトルソーが重なった位置までを最初の10m区間、さらに次のポールにトルソーが重なるまでを次の10m区間とし、5区間それぞれの所要時間を求めた。また歩数は、10mのそれぞれの区間で足が接地した回数を数え、2区間にまたがった場合は、歩幅の比率によって求めた。そして本研究は、以下のように反応時間、50m走タイム、50m平均疾走速度（以下：疾走速度）、50m平均ピッチ（以下：ピッチ）、50m平均ストライド（以下：ストライド）、身長比ストライドを求めた。

反応時間（秒）：旗の合図からどちらかの足が動き出すまでの時間（秒）

50m走タイム（秒）：5区間の所要時間の積算（秒）

疾走速度（m/秒）：走距離（50m）÷5区間の所要時間（秒）

ピッチ（Hz）：総歩数（回）÷5区間の所要時間（秒）

ストライド（m）：走距離（50m）÷5区間の総歩数（歩）

身長比ストライド（%）：ストライド（m）÷身長（m）×100

(3) 統計処理

すべての測定値は、平均値±標準偏差（SD）で示した。縦断的分析の平均値の比較については、一元配置の分散分析を用い、F値が有意であった場合には、多重比較（Bonferroni）を行なった。統計的な有意水準は、すべて5%（ $p < 0.05$ ）とした。なお、統計解析ソフトは、SPSS 15.0J for Windowsを用いて行った。

3. 結果と考察

表1-1は、男女別に小学1年時（男子：ME1、女子：WE1）から中学3年時（男子：MJ3、女子：WJ3）までの身長、体重、反応時間、50m走タイム、表1-2は、疾走速度、ピッチ、ストライド、身長比ストライドの学年別平均値（±標準偏差）、分散分析および多重比較の結果を示した。また、図1～3は、それぞれの経年的変化を図示したものである。

身長について、男子は118.1cmから167.8cmに、女子は116.9cmから157.6cmに伸長し、体重について、男子は22.0kgから53.8kgに、女子は21.9kgから50.5kgに増加し、分散分析の結果

表1-1 各項目の学年時別平均値(±標準偏差)、分散分析および多重比較

性別・学年	身長(cm)	体重(kg)	反応時間(秒)	50m走タイム(秒)	
男	ME1	118.1 ± 3.4	22.0 ± 2.6	0.525 ± 0.128	11.013 ± 0.749
	ME2	124.5 ± 3.8	24.7 ± 3.1	0.476 ± 0.082	10.021 ± 0.658
	ME3	129.9 ± 3.6	27.9 ± 3.8	0.431 ± 0.090	9.641 ± 0.660
	ME4	135.0 ± 3.8	31.1 ± 4.5	0.440 ± 0.149	9.250 ± 0.569
	ME5	140.6 ± 4.0	34.8 ± 5.9	0.452 ± 0.121	8.812 ± 0.612
	ME6	146.0 ± 4.6	38.5 ± 6.6	0.397 ± 0.133	8.575 ± 0.574
	MJ1	153.9 ± 5.7	43.5 ± 6.9	0.441 ± 0.120	8.220 ± 0.580
	MJ2	162.1 ± 5.5	49.5 ± 7.4	0.330 ± 0.136	7.615 ± 0.516
	MJ3	167.8 ± 4.4	53.8 ± 7.0	0.301 ± 0.116	7.321 ± 0.451
子	分散分析	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
	多重比較	ME1<ME2<ME3<ME4<ME5<ME6<MJ1<MJ2<MJ3	ME1<ME2<ME3<ME4<ME5<ME6<MJ1<MJ2<MJ3	ME1=ME2=ME5>MJ2, ME1=ME2=ME3=ME4=ME5=MJ1>MJ3	ME1>ME2>ME3>ME4>ME5>ME6>MJ1>MJ2>MJ3
女	WE1	116.9 ± 3.7	21.9 ± 3.1	0.442 ± 0.131	11.084 ± 0.558
	WE2	122.9 ± 3.8	24.3 ± 3.4	0.420 ± 0.082	10.322 ± 0.494
	WE3	128.2 ± 3.6	26.9 ± 3.8	0.420 ± 0.120	10.004 ± 0.487
	WE4	133.9 ± 3.8	30.8 ± 4.5	0.385 ± 0.148	9.458 ± 0.501
	WE5	140.8 ± 4.3	34.1 ± 5.1	0.435 ± 0.113	9.015 ± 0.447
	WE6	147.2 ± 4.8	39.5 ± 5.9	0.424 ± 0.156	8.803 ± 0.492
	WJ1	152.8 ± 4.4	43.3 ± 5.6	0.443 ± 0.089	8.745 ± 0.402
	WJ2	156.1 ± 3.9	47.8 ± 5.2	0.391 ± 0.101	8.319 ± 0.432
	WJ3	157.6 ± 4.0	50.5 ± 4.8	0.341 ± 0.089	8.226 ± 0.360
子	分散分析	p<0.001	p<0.001	p=0.058	p<0.001
	多重比較	WE1<WE2<WE3<WE4<WE5<WE6<WJ1<WJ2<WJ3	WE1<WE2<WE3<WE4<WE5<WE6<WJ1<WJ2<WJ3	-	WE1>WE2>WE3>WE4>WE5>WE6=WJ1>WJ2=WJ3

から有意な効果 (p<0.001) がみられ、多重比較からも経年的に伸長・増加していることが明らかである。

スタートについて、小学生低学年では、多くの児童は後足から動き出していたが、前足から動き出す児童も散見された。つまり、スタンディングスタート姿勢で、後ろ足に体重がかかっているため、動き出しが前足となったと考えられる。また、合図より若干早く動き出す児童・生徒もいた。反応時間について、男子は小学1年時0.525秒から中学3年時0.301秒に、女子は小学1年時

表1-2 各項目の学年別平均値（±標準偏差）、分散分析および多重比較

性別・学年	疾走速度(m/秒)	ピッチ(Hz)	ストライド(m)	身長比ストライド(%)	
男子	ME1	4.560 ± 0.309	4.152 ± 0.246	1.099 ± 0.061	93.08 ± 4.88
	ME2	5.010 ± 0.323	4.121 ± 0.255	1.218 ± 0.075	97.82 ± 5.13
	ME3	5.211 ± 0.352	4.125 ± 0.250	1.264 ± 0.067	97.33 ± 4.27
	ME4	5.425 ± 0.334	4.138 ± 0.206	1.312 ± 0.062	97.16 ± 4.06
	ME5	5.700 ± 0.384	4.064 ± 0.222	1.403 ± 0.066	99.81 ± 3.89
	ME6	5.856 ± 0.383	3.963 ± 0.232	1.479 ± 0.067	101.28 ± 3.85
	MJ1	6.111 ± 0.424	3.853 ± 0.201	1.586 ± 0.068	103.09 ± 3.74
	MJ2	6.594 ± 0.428	3.957 ± 0.254	1.668 ± 0.072	102.99 ± 4.75
	MJ3	6.854 ± 0.413	4.079 ± 0.220	1.681 ± 0.071	100.22 ± 3.99
	分散分析	p<0.001	p=0.001	p<0.001	p<0.001
多重比較	ME1<ME2<ME3<ME4<ME5<ME6<MJ1<MJ2<MJ3	ME1=ME2=ME3=ME4=ME5>MJ1,ME3=ME4=ME5>ME6,ME4>MJ1,ME6>MJ1<MJ3	ME1<ME2=ME3<ME4<ME5<ME6<MJ1<MJ2=MJ3	ME1<ME2=ME3=ME4<MJ1=MJ2,ME3=ME4<ME6,ME1<ME5=ME6=MJ3,ME4<ME5<MJ1,MJ1=MJ2>MJ3	
女子	WE1	4.522 ± 0.233	4.042 ± 0.209	1.121 ± 0.066	95.89 ± 5.07
	WE2	4.850 ± 0.239	3.959 ± 0.215	1.229 ± 0.074	99.96 ± 5.36
	WE3	5.009 ± 0.248	3.935 ± 0.213	1.275 ± 0.070	99.47 ± 4.60
	WE4	5.301 ± 0.290	3.904 ± 0.268	1.361 ± 0.074	101.63 ± 5.39
	WE5	5.560 ± 0.291	3.872 ± 0.241	1.439 ± 0.081	102.22 ± 5.18
	WE6	5.696 ± 0.321	3.801 ± 0.206	1.500 ± 0.069	101.91 ± 4.28
	WJ1	5.730 ± 0.279	3.760 ± 0.237	1.527 ± 0.074	99.95 ± 4.68
	WJ2	6.026 ± 0.321	3.933 ± 0.264	1.536 ± 0.087	98.41 ± 5.21
	WJ3	6.090 ± 0.267	3.973 ± 0.214	1.535 ± 0.077	97.42 ± 5.07
	分散分析	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
多重比較	WE1<WE2<WE3<WE4<WE5<WE6=WJ1<WJ2=WJ3	WE1=WE2=WE3>WJ1<WJ2=WJ3,WE1=WE3>WE6<WJ2=WJ3	WE1<WE2=WE3<WE4<WE5<WE6=WJ1=WJ2=WJ3	WE1<WE2=WE4=WE5=WE6,WE3<WE5>WJ3,WE6>WJ2=WJ3,WJ1	

0.442秒から中学3年時0.341秒に短縮した。男子は、分散分析の結果に有意な効果が認められ、おおまかに小学1年時から小学6年時まで経年的に短縮し、中学1年時で若干遅くなるが、中学2年・3年で速くなる傾向が見られた。これは、小学6年まではスタンディングスタート、中学1年からはクラウチングスタートとなり、スタート方法の変更により技術が身に付いていないことが考えられる。それは、中学2年時、3年時は短縮していることから示唆できる。一方、女子は分散分析の結果には有意な効果が認められなかった。しかしながら、中学3年時の値は、小学4年時

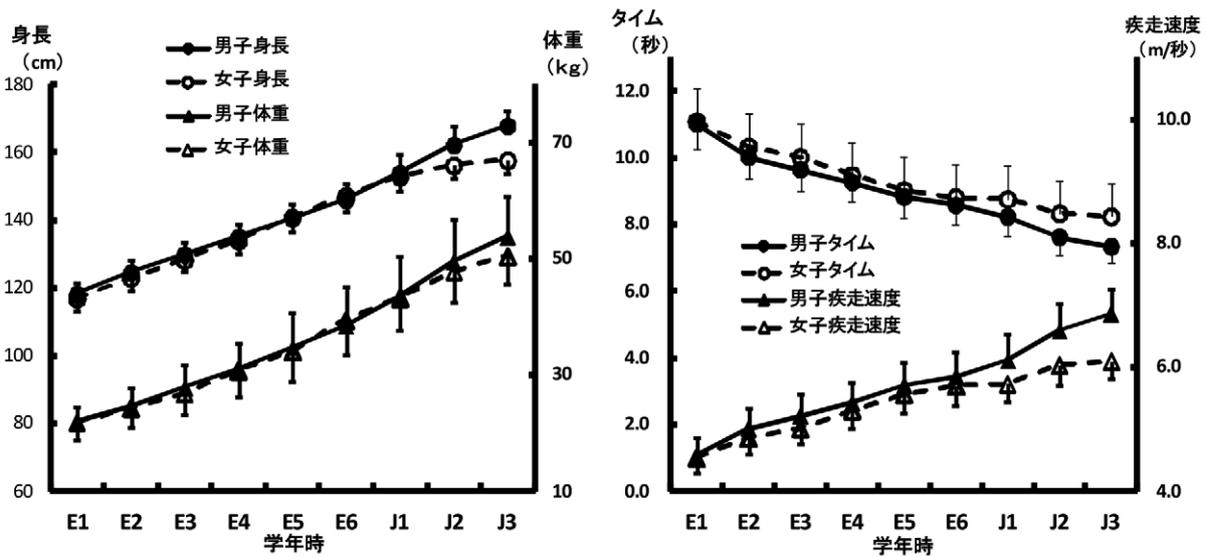


図1 身長・体重（左図）と50m走タイム・疾走速度（右図）の経年的変化

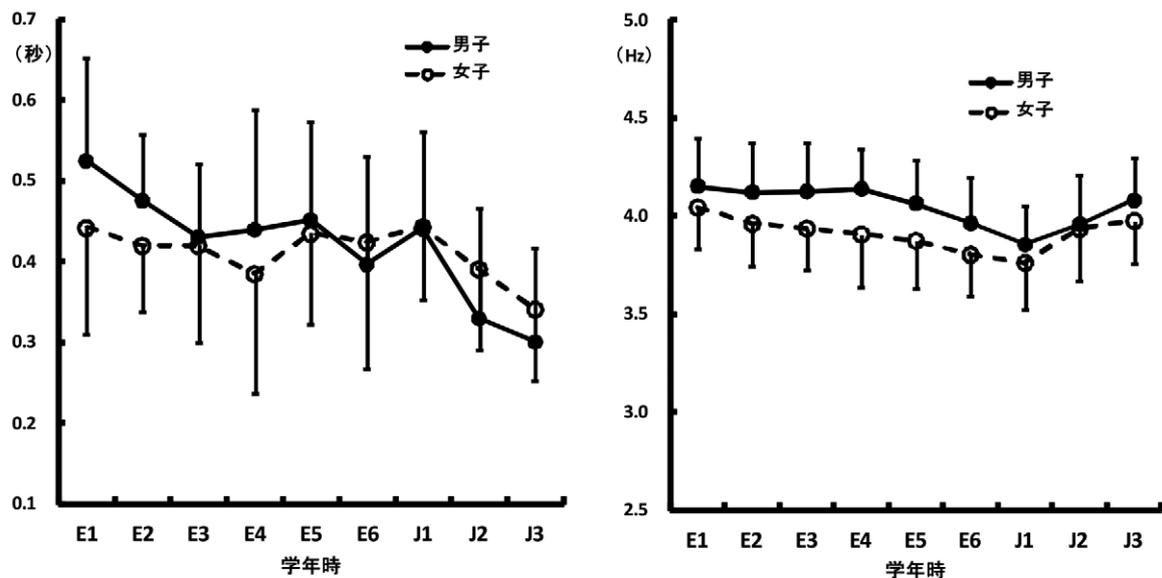


図2 反応時間（左図）とピッチ（右図）の経年的変化

と中学2年時との間には差は見られなかったが、全学年を通して最も反応時間が速かった。

真島（1981）は、反応時間とは、ある刺激に対してそれを意識し、随意的に反応動作を起こすに要する最小限の時間と定義している。ピストルや号令などの合図による短距離走のスタートは、全身運動による反応として、（単純）全身反応といえる。Williamsら（2005）は、児童では年齢とともに選択反応時間が短くなり、反応時間は20代に最も短くなると報告している。また、首都大学東京体力標準値研究会（2007）によれば、光刺激に対して素早く跳び上がる跳躍動作を行った際の全身反応時間は、小学1年時にあたる7歳児男子459m秒（0.459秒）から、中学3年時にあたる15歳児男子355m秒に、女子は493m秒から361m秒へ、そして、10代半ばから10代後半に最短値を示していると報告している。さらに、反応開始時間という動作開始の合図から実際に

動作が発現するまでの所要時間は、小学1年時にあたる7歳児男子225m秒から、中学3年時にあたる15歳児男子179m秒に、女子は241m秒から188m秒へ短縮していることも報告している。以上のことから、児童・生徒の経年的な50m走タイムの短縮に、スタートの反応時間の短縮も関わっていることが示唆される。

50m走タイムについて、男子は1年時11.013秒から中学3年時7.321秒に、女子は1年時11.084秒から中学3年時8.226秒にそれぞれ速くなった。疾走速度について、男子は1年時4.560m/秒から中学3年時6.854m/秒に、女子は1年時4.522m/秒から中学3年時6.090m/秒にそれぞれ増大した。したがって、小学生から中学生までの50m走は、男子では小学1年時から中学3年時まで経年的に速くなり、女子も中学1年時と中学3年時に停滞はあるものの学年経過とともに速くなった。50m走タイムは、今後、男子はまだ向上し、女子は停滞する傾向と考えられる。

ピッチについて、男子は1年時4.152Hzから4年時4.138Hzまではあまり変化が見られなかったが、5年時4.064Hzから減少し中学1年時を最低値3.853Hzに、小学6年時3.963Hz、中学2年時3.957Hzが低い時期となり中学3年時4.079Hzに変移した。女子も、1年時4.042Hzから6年時3.801Hz、中学1年時3.760Hzに最低値を経て、中学3年時3.973Hzに変移した。2歳児から11歳児を分析した齊藤ら（1981）の報告は、歩数は経年的に変わらないとしている。一方、宮丸ら（1990）は、歩数は経年的にみると減少する傾向にあると報告している。本研究では、小学1年時から中学1年時まででは、図2の通り、経年的に減少する傾向にあり、宮丸の報告を支持する結果となったが、中学1年時に比較し中学2年時と中学3年時は増加したことにより、身長や体重などの発育や筋力などの発達との関係により、ピッチは変化することが示唆される。

ストライドについて、男子は1年時1.099mから中学3年時1.681mに小学3年時と中学3年時に停滞はあるものの経年的に増加した。一方、女子は、1年時1.121mから小学6年時1.500mまでは小学3年時で停滞はあるものの経年的に増加したが、それ以降から中学3年時1.535mまで変化がみられなかった。

身長比ストライドについて、男子は小学1年時93.08%から小学2年時97.82%と増加したが、

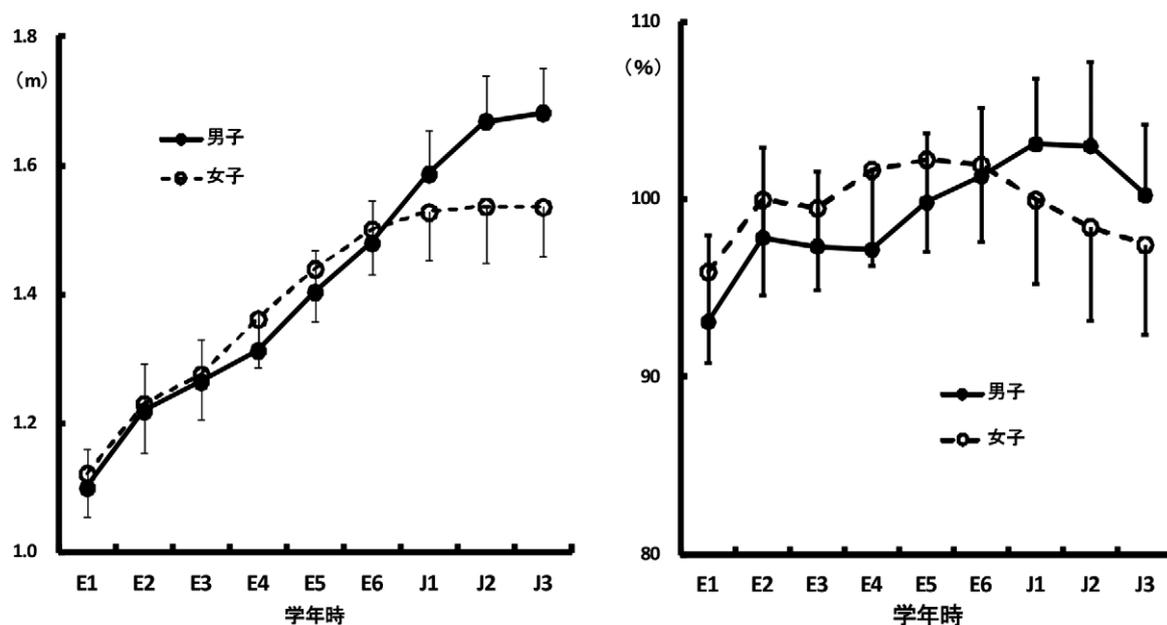


図3 ストライド（左図）と身長比ストライド（右図）の経年的変化

4年時97.16%まで変化せず、中学1年時103.09%、中学2年時102.99%と増加し、中学3年時100.22%と減少した。女子は小学1年時95.89%から小学5年時102.22%の最高値まで増加し、中学3年時97.42%まで減少した。したがって、身長比ストライドは、男子で中学1年時と中学2年時に高く、女子は小学5年時に高い結果となった。男女とも第二次性徴の時期と見られ、身長や脚長の伸び、筋力の発達にも関係することが考えられ、これらのことは今後の課題としたい。

4. まとめ

本研究は、男女児童1年時から中学3年時まで45名（男子26名、女子19名）を対象に疾走能力を縦断的に分析した。主な結果は次のとおりである。

- 1 50m走は、男子では小学1年時から中学3年時まで経年的に速くなり、女子も中学1年時と中学3年時に停滞はあるものの学年経過とともに速くなった。
- 2 反応時間について、男子は、おおまかに小学1年時から小学6年時まで経年的に短縮し、中学1年時で若干遅くなるが、中学2年時と中学3年時で速くなる傾向が見られた。一方、女子は、経年的な変化が見られなかったが、中学3年時は、小学1年時から全学年を通して最も反応時間が速かった。
- 3 ピッチは、男女とも小学1年時から中学1年時までには、経年的に減少する傾向にあり、中学1年時に比較し中学2年時と中学3年時は増加した。
- 4 ストライドについて、男子は中学3年時まで停滞があるものの経年的に増加した。一方、女子も小学6年時までには停滞はあるものの経年的に増加したが、それ以降から中学3年時まで変化がみられなかった。
- 5 身長比ストライドは、男子で中学1年時と中学2年時に高く、女子は小学5年時に高い結果となった。

謝辞

本研究は、埼玉大学教育学部附属小学校・中学校の教職員と児童・生徒の全面的な協力を得てなされたものである。記して深謝の意を表します。

付記

本研究は、平成23年度-平成26年度日本学術振興会科学研究費（基盤研究（B）NO.23300227，研究代表者 有川秀之）の助成を受けて実施されたものである。

参考文献

- 有川秀之・太田涼・駒崎弘匡・上園竜之介・河野裕一（2009） 児童の体格と疾走能力の年次変化. 埼玉大学紀要教育学部, 58 (2) : 35-42
- 有川秀之・太田涼・椿智絵・八坂和典・柳田勇（2010） 男女中学生の50m疾走能力に関する縦断的研究. 埼玉大学紀要（教育学部）野澤巖教授退職記念特集, 59 (1) 別冊2 : 49-57
- 加藤謙一・川本和久・関岡康雄（1985） 中学生の疾走能力の発達に関する縦断的研究. 体育の科学35 : 858-862
- 真島英信（1981） 生理学. 分光堂：東京, pp266-267
- 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 スポーツタ

レントの発掘方法に関する研究-第2報-. 128-137

文部科学省 (2013) 平成24年度体力・運動能力調査結果について. http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1340101.htm

首都大学東京体力標準値研究会 (2007) 新・日本人の体力標準値II. 不味堂出版:東京, pp254-260

斉藤昌久・宮丸凱史・湯浅景元・三宅一郎・浅川正一 (1981) 2～11歳児の走運動における脚の動作様式. 体育の科学31: 357-361

Williams BR・Hultsch DF・Strauss EH・Hunter MA・Tannock R (2005) Inconsistency in reaction time across the life span. *Neuropsychology*. 19 (1): 88-96

(2013年10月31日提出)

(2013年11月21日受理)

A longitudinal study of sprinting performance and starting reaction time from elementary school to junior high school boys and girls

ARIKAWA, Hideyuki

Faculty of Education, Saitama University

OHTA, Ryo

Saitama University

KITAMURA, Mari

Graduate School of Education, Saitama University

Abstract

This longitudinal study investigated the biomechanical analysis of sprinting performance from elementary school to junior high school. The subjects were 45 boys and girls who aged 6 to 15 (the 1st form at elementary school to the 3rd form at junior high school). They were filmed in VTR picture during 50m sprinting, with a pole located every 10m. Using the VTR pictures, starting reaction time; average speed; stride frequency; stride length between the start point and the marked distance point of each were calculated. The results obtained were as follows:

- 1 Times of 50m sprinting decreased from the 1st form at elementary to the 3rd form at junior high school in boys, and decreased from the 1st form at elementary to the 3rd form at junior high school though there is no change at some forms in girls.
- 2 In boys, the starting reaction times decreased from the 1st form to the 6th form. They slowed when it was in the 1st form at junior high school, and quickened when it was in the 2nd form and in the 3rd form of junior high school in boys. On the other hand, they quickened when it was in the 3rd form of junior high school though the change was not seen through the whole in girls.
- 3 The stride frequency was a decreasing tendency from the 1st form at elementary to the 1st form at junior high school, then increased when it was more in the 2nd and 3rd form of junior high school in boys and girls.
- 4 The stride length increased from the 1st form at elementary to the 3rd form at junior high school in boys. On the other hand, they increased from the 1st to the 6th form, and there is no change from the 6th form to the 3rd form at junior high school in girls.
- 5 The height ratio stride was high value in the 1st and the 2nd form at junior high school in boys, and was high value in the 5th form at elementary school in girls.

Key Words: longitudinal study, sprinting performance, starting reaction time, elementary and junior high school boys and girls