

トレーニングによる小学生の疾走動作の変容

山崎 健 (新潟大学)

石山和人 (犀潟リハビリテーション学院)

I はじめに

短距離疾走に関する横断的研究は数多く行われている。しかし、児童の成長過程を追跡した縦断的研究は少なく、トレーニングにともなう疾走動作の変容についての研究も少ない。発育や発達により、四肢や体幹の形態や機能は変化し、それにともない疾走速度や疾走動作が変化することはよく知られている。また、短期間のトレーニングやドリルの実施により、一過性に疾走動作が改善されることも知られている。

宮丸ら⁵⁾は、小学3年生と6年生に日曜以外の毎日20分、6週間にわたるスプリントトレーニングを実施させ、50m走のタイムが有意に短縮し、これは主として歩幅の増大によるものであること、脚筋のパワーや立ち幅とびにも改善が見られたことを報告している。

伊藤²⁾は、6年間にわたる50m疾走の縦断的研究を行い、疾走タイムは男女とも毎年有意に短縮を示し、大転子を基準とした足先の動きの範囲も水平・垂直方向ともに増加したが、下位群にいた男女児童は以後の5年間で上位群には入れなかったと報告している。

本研究では、小学生に4週間にわたる短距離走のトレーニングを行わせ、その疾走動作の変容を検討するとともに、1年経過後に再度疾走動作の分析を行い発育、発達の影響も検討しようとするものである。

II 方法

1. 被験者

被験者は、これまでに特別な短距離走の練習経験のない小学生男子7名とした。内1名は、1年後の測定対象となっていない。1993年時と1994年時の各被験者の身体的プロフィール及び日常的な運動経験を表1に示す。

表1 被験者の身体的プロフィール

	年齢 (1993)	身長	(1994)	体重	(1994)	運動経験
Sub. A	7	123	129	21	24	
Sub. B	8	134	144	33	36	
Sub. C	9	134	137	27	29	水泳
Sub. D	9	135	147	30	36	
Sub. E	9	130		28		剣道
Sub. F	10	135	143	30	37	
Sub. G	10	135	141	32	34	94年時はサッカー

2. トレーニングドリルの実施と内容

トレーニングドリルは、週3回各回30分程度で、計10回実施した。ただし、被験者Gは7回しか実施できなかった。

ドリルの内容は、①静止もも上げ、②もも上げ歩行、③もも上げ走、④もも上げスキップ(ゆっくり)、⑤もも上げスキップ(すばやく)、⑥歩行+脚振り出し、⑦その場腕振り、⑧10秒間ステッピング(最大回数)、⑨マークを用いたリズム走(マーク間隔は、1.2m、

1.3m、1.5m) といった、一般によく行われているスプリントのドリルである。

なお、マーク走については高さ 5cm と 10cm の塩ビパイプ製のミニハードルを用いた。

3. 撮影条件

疾走は、スタンディングスタートからの 50m 走とし、動作分析用として 26~34m 区間に 1 台の 8mm ビデオカメラを、速度とピッチを算出するために 0~26m と 26~50m 区間に 2 台の 8mm ビデオカメラを用いて撮影した。また、ストライドは、疾走時の足跡を直接測定した。

撮影された 8mm ビデオ画像に、60 分の 1 秒のタイミングマーカを挿入し、VHS ビデオにダビングした後、パーソナルコンピュータ (NEC PC8801mk II) と自作の動作分析用プログラムを用いて必要な身体各部の座標を取り込んだ。

4. 測定項目

ストライドは実測値を用い、ピッチは撮影された画像から求め、スピードは両者の積として算出した。また、全力疾走区間は、5~45m の 40m 区間とした。

疾走動作に関しては、ランニング動作 2 サイクル (4 歩分) について、マークを貼付した身体各部 14 のポイントを取り込んだ。部位は、耳珠点、両側の肩峰・肘関節・手根関節・膝関節・足関節・足先、撮影側の大転子もしくはその相当部位である。

そして、①膝関節角度、②股関節角度、③もも上げ角度と、④膝関節伸展速度、⑤股関節伸展速度、⑥脚全体の後方スイング速度、⑦もも上げ速度の角速度を求め、平均値の差の検定を行うとともに、疾走速度との相関を求めた。

III 結果と考察

1. 全力疾走区間のタイムの変化

トレーニング前後と一年後の全力疾走区間 (40m) のタイムの変化を表 2 に示す。

対応のある平均値の差の検定では、練習前後に 5% 水準で有意差が見られ、一年後との比較では 1% 水準で有意差が見られた。各個人間で比較すると、一年後のタイムは全員が速くなっているが、練習前後では速くなったものと変わらなかったもの、遅くなったものに分類される。以下、各項目ごとにこのことを検討する。

表 2 練習前後及び一年後のタイムの変化

	年齢	前	後 (1993)	一年後 (1994)	運動経験
Sub. A	7	9.60	8.54	7.84	
Sub. B	8	8.14	7.88	7.23	
Sub. C	8	7.03	7.31	6.59	水泳
Sub. D	8	8.88	8.26	7.78	
Sub. E	9	8.39	8.42		剣道
Sub. F	10	9.14	8.99	7.87	
Sub. G	10	7.72	7.79	6.58	94 年時はサッカー

2. ピッチ、ストライドとスピードの変化

全力疾走区間のトレーニング前後のピッチ (歩数/秒)、ストライド (m)、スピード (m/秒) の平均及び平均値の差の検定結果を表 3 に示す。

ピッチは 1 名をのぞき増加し、うち 4 名には統計的に有意差が見られた。また、トレーニング前は、利き脚と対側にばらつきが大きかったが、トレーニング後はピッチが増加するとともにばらつきも少なくなっている。

ストライドは、3 名はあまり変化せず、4 名は有意に短縮した。また、トレーニング前では、後半でも漸増し続けていたものが、トレーニング後はピークに達した後そのストラ

イドを維持している傾向がみられた。

表3 トレーニング前後のピッチとストライドとスピードの変化

	ピッチ		ストライド		スピード	
	前	後	前	後	前	後
Sub. A	3.31	4.00**	1.26	1.13**	4.15	4.51**
Sub. B	3.89	4.00	1.28	1.31	4.97	5.21**
Sub. C	4.17	4.29	1.36	1.27**	5.63	5.41
Sub. D	3.20	3.42**	1.48	1.45	4.73	4.95*
Sub. E	3.82	3.72	1.29	1.32	4.92	4.88
Sub. F	3.32	3.46*	1.34	1.30*	4.45	4.48
Sub. G	3.42	3.59*	1.57	1.47**	5.34	5.27

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

スピードが有意に増加した者は3名であった。表3からは、ピッチが増加しストライドがあまり変化しなかった者のタイムが向上していることがわかる。また、ピッチが増加したがストライドの短縮が大きかった者はタイムに有意な変化は見られていない。

10m 区間ごとのピッチとストライドとスピードとの関係の一例を図1に示す。

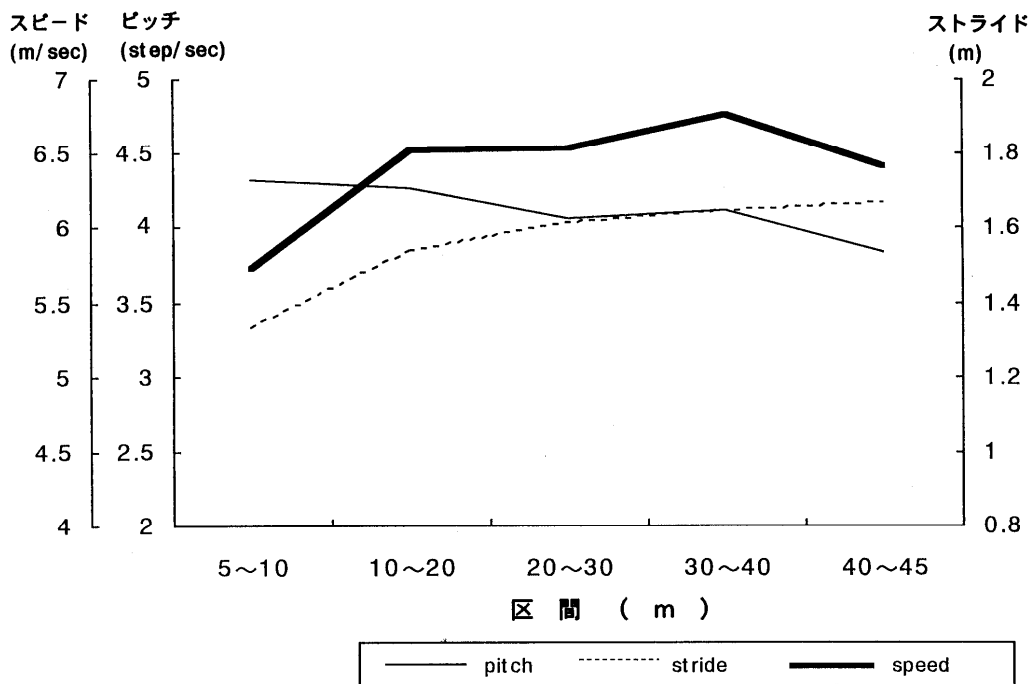


図1 被験者Gの10m区間毎のピッチ、ストライド、スピードの変化

30~40mの最高スピード区間の次の区間をみると、ピッチとスピードは低下しているが、逆にストライドは最大になっている。筆者らの、他の一般男女大学生や長距離選手を対象とした分析(未発表)でも、同様に最高スピード区間の後に最大ストライドとピッチの低下を招き結果的に疾走スピードが低下する現象が観察された。

1991年、東京での世界陸上競技選手権、男子100m決勝では、90mまではバレルがリードしていたが、ルイスは最後の10m区間でストライドを維持しながらもピッチを高めてスピ

ードアップし、バレルは最大ストライドとなっているもののピッチが低下してルイスに逆転されたと報告されている1)。はたしてこのメカニズムは共通のものであろうか？

トレーニング前後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関係数及びその検定結果を表4に示す。

表4 トレーニング前後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関

スピード×ピッチ	前	後	スピード×ストライド	前	後
Sub. A	0.90**	0.84**		0.21	0.29*
Sub. B	0.92**	0.84**		0.10	0.29*
Sub. C	0.74**	0.81**		0.33*	0.45**
Sub. D	0.87**	0.62**		0.07	0.18
Sub. E	0.90**	0.31*		0.16	0.47**
Sub. F	0.68**	0.34*		0.54**	0.46**
Sub. G	0.43*	0.62**		0.08	0.66**

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

興味深いことに、トレーニング前では全員スピードとピッチに高い相関がみられたがスピードとストライドには2名を除き有意な相関が得られていない。ところが、トレーニング後は、スピードとピッチの相関係数が2名を除きやや減少し、逆にスピードとストライドの相関は6名に有意な正の相関（ストライドが伸びればスピードが増加するまたはその逆）がみられている。

ちなみに、ピッチとストライドはすべて負の相関（ピッチが高ければストライドは短いまたはその逆）であるが、トレーニング前では被験者Cと被験者Dに有意差があり、トレーニング後は被験者A、被験者E、被験者Fに有意差がみられ、疾走スピードの増加に関わる明確な傾向は観察されない。

全体として、トレーニング前はピッチによってのみスピードが決定されていたものが、トレーニングによりピッチは向上したもののスピードとの相関係数がやや低下しており、疾走スピードとピッチ及びストライドとの関係が改善されたものと考えることができる。

3. トレーニングによる疾走動作の変容

疾走動作の変容については、23～34m区間の2サイクル4歩分を対象に分析し、平均と平均値の差の検定及び疾走スピードとの相関を求めた。

接地期中点の①膝関節角度は、トレーニングにより増加（伸展）しばらつきも少なくなっている。また、②接地時の股関節の大腿角度は増減がまちまちであるが、離地時の股関節角度（後方への大腿角度）は1名を除き減少した。

小林4)は、トップスプリンターの接地時と離地時の重心からの距離について、日本のスプリンターはキックの後方距離が長く脚があまり前に出ないのに対し、ルイスなどは後方距離が短く前方への動きがすばやく大きいことを指摘している。今回のこの変化は、これと関連して興味ある結果とも考えられる。

トレーニング前後の③もも上げ角度は、1名を除き有意な差は見られず、かつ疾走スピードとの相関も得られていない。また、一年後では6名中4名が増加したが、同じく疾走スピードとの相関は得られていない。

従来、短距離走のドリルの中で「もも上げ走」は、膝を高く上げ疾走動作を改善するために実施されてきたように思われるが、本実験では関節角度の改善には結びついていない。ただし、膝を高く上げるためには関節角度を変化させる（関節角速度を得る）ことが必要となるため、別の面での効果をねらって実施されてきたとも考えられる。

④膝関節伸展速度 (dig/sec) と⑤股関節伸展速度の変化を表 5 に示す。また、⑥もも上げ速度 (dig/sec) と⑦脚全体の後方スウィング速度の変化を表 6 に示す。

全体に 4 歩の各 1 歩毎のばらつきが大きく、スピードの増加した者とそうでない者との間に明確な傾向は観察されない。また、疾走スピードとの相関については、股関節伸展速度 (5%) と後方スウィング速度 (1%) に有意な差がみられた。

表 5 トレーニング前後の膝関節伸展速度と股関節伸展速度 (dig/sec)

膝関節伸展速度	前		後		股関節伸展速度	前		後	
	前	後	前	後		前	後	前	後
Sub. A	311	306	463	531					
Sub. B	233	60**	544	584					
Sub. C	166	216	569	448*					
Sub. D	327	157	475	508					
Sub. E	288	169	512	504					
Sub. F	267	137	472	454					
Sub. G	272	115*	534	493					

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

表 6 もも上げ速度と脚全体の後方スウィング速度 (dig/sec)

もも上げ速度	前		後		後方スウィング速度	前		後	
	前	後	前	後		前	後	前	後
Sub. A	523	516	428	483*					
Sub. B	517	606	470	536					
Sub. C	623	915	541	497					
Sub. D	539	548	419	445					
Sub. E	551	672	491	476					
Sub. F	533	709	439	407					
Sub. G	514	572	462	445					

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

4. 一年後の疾走スピード増加の要因

トレーニングにより、膝関節伸展速度の減少、股関節伸展速度と脚全体の後方スウィング速度との相関、等の変容がみられたが、発育による影響はどうだったのだろうか。

<ピッチ、ストライド、疾走スピードの変化>

トレーニング終了時と一年後のピッチ、ストライド、スピードの変化と平均値の差の検定結果を表 7 に示す。また、トレーニング後と一年後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関係数とその検定結果を表 8 に示す。

表 7 トレーニング後と一年後のピッチ、ストライド、スピードの変化 (dig/sec)

	ピッチ		ストライド	スピード		1993		1994	
	1993	1994		1993	1994	1993	1994	1993	1994
Sub. A	4.00	3.84*	1.13	1.31**	4.15	4.51**			
Sub. B	4.00	4.02	1.31	1.46**	4.97	5.21**			
Sub. C	4.29	4.42*	1.27	1.41**	5.41	6.22**			
Sub. D	3.42	3.34	1.45	1.57**	4.95	5.24**			
Sub. F	3.46	3.56	1.30	1.51**	4.48	5.37**			
Sub. G	3.59	4.11**	1.57	1.47**	5.27	6.43**			

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

一年後では、スピード、ストライドとも全員有意に増加した。しかし、ピッチは有意に増加したものの2名、減少したものの1名、有意差のなかったものの3名であった。

スピードとピッチの相関は1名を除き有意差がみられるが、1名は増加し3名は減少している。これに対して、スピードとストライドの相関係数はスピードとピッチの相関の増えた1名を除き増加している。

また、身長対ストライドの比率についても、0.92~1.09 の範囲にあったものが、一年後には1.03~1.11 の範囲に増加し、うち4名は統計的に有意(1%)であった。

このことから、一年後のスピードの増加は、主としてストライドの増加によって得られており、発育の影響の強いことがうかがえる。

表8 トレーニング後と一年後の疾走スピードとピッチ、ストライドとの相関

スピード×ピッチ	1993	1994	スピード×ストライド	1993	1994
Sub. A	0.84**	0.77**		0.29*	0.63**
Sub. B	0.84**	0.34*		0.29*	0.67*
Sub. C	0.81**	0.43**		0.45**	0.59**
Sub. D	0.62**	0.63**		0.18	0.75**
Sub. F	0.34*	0.58**		0.46**	0.38*
Sub. G	0.62**	0.24		0.66**	0.71**

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

<疾走動作の変容>

トレーニング後と一年後の膝関節伸展速度と股関節伸展速度の変化を表9に示す。また、もも上げ速度と後方スウィング速度の変化を表10に示す。

表9 トレーニング後と一年後の膝関節伸展速度と股関節伸展速度 (dig/sec)

膝関節伸展速度	1993	1994	股関節伸展速度	1993	1994
Sub. A	306	221		531	519
Sub. B	60	281*		584	611
Sub. C	216	39*		448	642**
Sub. D	157	377*		508	584*
Sub. F	137	370**		454	628**
Sub. G	115	360**		493	606*

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

表10 もも上げ速度と脚全体の後方スウィング速度 (dig/sec)

もも上げ速度	1993	1994	後方スウィング速度	1993	1994
Sub. A	516	482		483	426**
Sub. B	606	497		536	460**
Sub. C	915	611**		497	483
Sub. D	548	520		445	420
Sub. F	709	550		407	407
Sub. G	572	652		445	524**

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

トレーニングによりやや減少した膝関節伸展速度は、2名を除き逆に増加、股関節伸展速度は4名で有意に増加している。うち一年前も今回も最もタイムの速い被験者Cは、膝関節伸展速度が有意に減少している。また、この一年間で大幅なタイム短縮が見られた被験者Fは、膝関節伸展速度、股関節伸展速度ともに増加している。

これは、伊藤ら 2)による、股関節伸展速度を効率的に地面に伝えるルイス選手型（膝関節をあまり動かさない）と北田選手型（各関節の屈曲伸展が大きい割に効率が悪い）との比較に見られた現象と類似している興味ある結果である。

また、後方スウィング速度は被験者AとB2名で減少し、被験者Gは増加した。他はトレーニング後（一年前）と有意な変化は得られなかった。

にもかかわらず、疾走スピードが有意に増加していることは、四肢の形態（特に脚部）が長く重くなっても同等の伸展速度とスウィング速度を維持しており、結果として大きなストライドと末端での伸展速度を獲得していることになる。

疾走スピードと各関節の伸展速度との相関を表11に示す。

表11 疾走スピードと各関節伸展速度との相関

	もも上げ速度	膝関節伸展速度	股関節伸展速度	後方スウィング速度
1993年	0.15	0.20	0.26*	0.32**
1994年	0.50**	0.12	0.52**	0.64**

(** $\alpha < 0.01$ * $\alpha < 0.05$)

ここでは、股関節伸展速度と後方スウィング速度に加えて、もも上げ速度との相関も得られている。

ランニング動作は、コンタクト～ドライブ～キック～フォロースルー～リカバリー～フォワードスウィングという一連の動きが支持脚と非支持脚で相反性（alternative）に行われ、脊髄性の相反性神経支配の影響も受けながら実行されていると考えられる。このことから、支持脚の股関節伸展（速度）や後方スウィング（速度）と相反したもも上げ（速度）が関連して疾走スピードに影響を与えるようになったのであろうか。

しかし、発育の影響であれば一年前にも年長者にこのような関係が得られているはずであり、更に検討の必要なことと思われる。

IV まとめ

短距離トレーニングの影響を検討するため、小学生7名に4週間にわたり10回のドリルを実施させ、ピッチ、ストライド、疾走スピード、疾走動作を分析し以下の知見を得た。

1. 短期間のトレーニングにより疾走タイムが短縮し、これはピッチの増加と適度なストライドの維持により実現されているものと考えられた。
2. トレーニング以前は、疾走スピードとピッチにのみ相関がみられたが、トレーニングによりスピードとストライドにも相関がみられた。これは、スピードとピッチ、ストライドの関係が改善されたことによるものと思われる。
3. 10秒間もも上げ（ステップング）はピッチの改善に、ミニハードルによるマーク走は、
4. 適度なストライドの維持によりスピードを増加させるドリルとして有効なものと思われる。
5. 特別なトレーニングを課さなかった一年経過後の縦断的検討を行ない、一過性のトレーニングよりもその後の発育・発達の影響が大きいことが明らかになった。
6. 一年経過後の疾走動作の変容では、主としてストライドの増加によってスピードが決

定された。しかし、ストライドの一方的増大はオーバーストライドによりピッチとスピードの低下を招くことから適切なストライドでドリルを繰り返すことが有効と思われる。

7. また、指示脚の股関節伸展速度と後方スウィング速度に加え、反対脚のもも上げ速度もスピードに影響を与えていることが示唆された。このような相反性のスキップドリルの実施も有効なものと思われる。

現在、他の一般男女大学生や長距離選手を対象としたトレーニングによる影響を検討しているが、トレーニング課題としては、5秒間もも上げや幾つかのインターバルでの4歩一組30m程度のミニハードル走の有効性を示唆するデータも得られている。

【参考文献】

- 1) 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田秀孝・平野敬靖、世界一流スプリンターの100mレースパターンの分析、世界一流陸上競技社の技術、ベースボールマガジン社、1994年、pp. 14-28
- 2) 伊藤章、斉藤昌久、佐川和則、加藤謙一、森田正利、小木曾一之、世界一流スプリンターの技術分析、世界一流陸上競技社の技術、ベースボールマガジン社、1994年、pp. 31-49
- 3) 伊藤宏、小学生短距離疾走能力の縦断的研究、東海保健体育科学 Vol. 9、1987年、pp. 47-54
- 4) 小林寛道、走のキネマティクス、走る科学、大修館書店、1990年、pp. 32-65
- 5) 宮丸凱史・加藤謙一、成長にともなう疾走能力の発達、体育の科学 Vol. 40、杏林書院、1990年、pp. 775-780