

幼児の基礎的運動技能における Motor Patternの発達

— 1 — 幼児のRunning Patternの発達過程

宮 丸 凱 史

この研究のねらいは、幼児の疾走における運動様式 (Motor Pattern) の経年的発達の過程を明らかにすることであった。

2才から6才の男児69名を被検者として、実験的に25m疾走を行わせ、その動作を16mmシネ・カメラで撮影した。

動作分析から幼児のRunning Patternの経年的発達過程について、次のような知見が得られた。

- 1) 疾走中の単位時間 (秒) 当りの歩数 (ピッチ) は、2～3才ですでに4.2～4.3歩/秒であり、ステップの敏捷さは成人と変わらないレベルに達している。そして2才から6才までの間に経年的変化はみられない。
- 2) 疾走中の歩幅は経年的に著しく増大する。したがって、2才から6才までの疾走速度の増大は、歩数に関係なく、歩幅の経年的増大に起因していると判断できる。
- 3) 疾走動作の分析からとらえた、上体の前傾、キック脚の伸展、大腿の前上方への引きあげ、および疾走中の下肢の各関節の運動範囲は年齢が増すにつれて増大する。
- 4) 疾走中の脚の動作は、初期には脚の長さを変えない振動型であるが、加齢につれて熟練した、より大きな回転振動型へと変化する。
- 5) 疾走中の腕の動作は年齢が増すにつれてそのスウィングモーションが増大し、また肘の屈曲も次第に大きくなる。

Abstract

The purpose of the present study was to elucidate the process of the development according to age in motor patterns of running of preschool boys.

Seventy boys, ranging from 2 to 6 years of age, served as the subjects, and their motions of 25m running were analysed by means of motion pictures of 16mm.

The findings obtained by motion analyses were as follows:

- 1) The step frequency in running was as high as 4.2—4.3 steps/sec. even in the ages of 2—3, viz., it was fairly similar to that in the adult age, and seemed to show no appreciable change thereafter.
- 2) The stride showed a marked increase by age. Accordingly, the increase in

running velocity in the ages from 2 to 6 did not depend on the step frequency but utterly on the increase in stride.

- 3) The forward lean of the trunk, the leg extension at the kick, the thigh lifting, and the excursions of the leg motion at each joint in running increased by age.
- 4) The motor pattern of the legs changed from the swinging type without change in the leg length in the early ages to the rotatory swing type of larger excursion in the later ages on account of increase in skill by age.
- 5) Regarding the motion of the arms, their swing as well as the flexion at the elbow joint was augmented along with the age.

1. 研究目的

ランニングそれ自体は系統発生的に獲得されているスキルであり、身体的に欠陥のない限りヒトはだれでも特別の学習をすることもなく走れるようになる。しかし、水平移動速度を運動課題とする疾走のスキルは、その後のmaturationやPracticeを通して身につける個体発生的な習得であると考えられる。

子供はまず走ることに先立ってコントロールのできる歩行を身につけており、歩行からの自然発生的な延長としてランニングを身につけるものであり、Gessellによれば走る能力は一般的に18ヶ月以前には備えられていないが、2才前後ではほとんどの子供が最低水準を満足させるに足るようなランニングができるようになると述べられている。

そして、その初歩的なランニング・フォームの特徴は、Wickstrom⁽⁴⁾のいうように、slow pace, short stride, bouncing motion, で説明されるものであるが、その後はすばやく、そして連続的に熟練したパターンへの洗練の過程をたどることになる。

走・跳・投などのいわゆるfundamental skillは、初期にはきわめて未熟な運動様式(Motor Pattern)でしかないが、幼児期において急速に変化し発達するものであると考えられており、Wild⁽¹⁾, Hellebrandt⁽²⁾, Halverson⁽³⁾⁽⁵⁾, Wickstrom⁽⁴⁾らによってこの間の発達傾向が報告されている。

ランニングについても実際に子供達はいつ頃から、どんな走り方を身につけ、またどのように変化するのかは興味ある問題である。

そこで、今回は25m疾走をとりあげ、幼児の具体的な疾走フォームを運動学的にとらえて分析し、そのRunning Patternが経年的にどのように発達していくかを把握しようとする目的でこの研究を進めることにした。また、従来から幼児の運動能力については、その発達をPerformance Testによって量的にとらえることはあっても、運動動作を吟味して「運動のしかた」としてその発達をとらえることはあまりなされていない。したがって幼児のMotor Patternの発達過程を知ることは、幼児の運動能力をとらえる立場からも意義ある課題といえる。

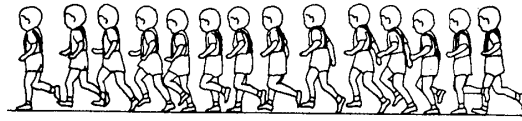


Fig.1-1 Running form of a 2year11month old boy. Velocity, 1.55m/sec.

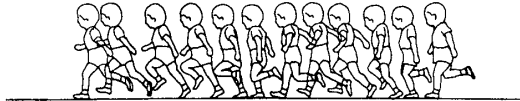


Fig.1-2 Running form of a 2year5month old boy. Velocity, 2.15m/sec.

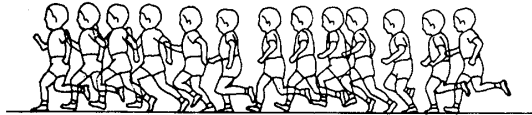


Fig.1-3 Running form of a 2year11month old boy. Velocity, 3.02m/sec.

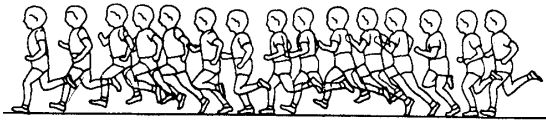


Fig.1-4 Running form of a 3year10month old boy. Velocity, 3.12m/sec.



Fig.1-5 Running form of a 3year11month old boy. Velocity, 3.46m/sec.

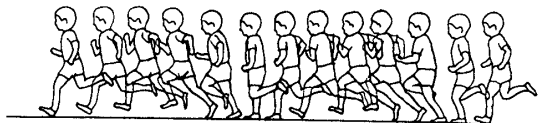


Fig.1-6 Running form of a 3year7month old boy. Velocity, 3.62m/sec.



Fig.1-7 Running form of a 4year2month old boy. Velocity, 3.46m/sec.

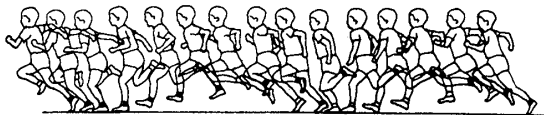


Fig.1-8 Running form of a 5year8month old boy. Velocity, 4.78m/sec.

2. 実験方法

幼児体育教室に参加している2才から6才の健康な男児69名を被験者として用いた。被験者の身体的特徴はTable-1のとおりである。

Table 1. Physical characteristics of the subjects

	2-year-old	3-year-old	4-year-old	5-year-old	6-year-old
Number of Subjects	6	18	20	15	10
Mean Age (years-months)	2-8	3-6	4-6	5-6	6-4
Body Height (cm)	94.8	97.6	102.9	109.4	114.2
Body Weight (kg)	13.9	14.6	15.8	17.7	19.2

これら被験者に25mの全力疾走を実験的に行わせ、25mの中間地点(10m~15mの区間)で疾走フォームを側面から16mmシネ・カメラ(Bolex H16RX. 64f.p.s.)で撮影した。カメラには2現象同時撮影装置を用い、電子ストップウォッチの文字放電管による1/100秒単位の時間をフィルムの各コマに映し込んだ。

フィルムの分析には、Dynamic Frame(Nac)およびFilm Reader(Recordak)を用いた。

3. 結果と考察

(1) 25m疾走タイム, 疾走速度

25m疾走のPerformanceはTable-2, Fig.-2,のように経年的に短縮しており, 2才

Table 2. Results of analyses of the running motion of preschool boys.

Age(year,month)	2.3-2.11	3.0-3.5	3.6-3.11	4.0-4.5	4.6-4.11	5.0-5.5	5.6-5.11	6.0-6.6
Number of subjects	6	8	10	10	10	7	8	10
Performance (25m running,sec)	10.43 (1.77)	9.76 (1.56)	8.62 (1.27)	7.81 (0.82)	7.21 (0.70)	6.37 (0.32)	6.64 (0.74)	6.34 (0.41)
Stride (cm)	57.41 (8.93)	63.63 (10.78)	76.60 (8.63)	82.50 (4.63)	89.70 (6.34)	92.71 (4.20)	97.37 (8.72)	103.60 (9.65)
Velocity(m/sec)	2.47 (0.52)	2.70 (0.62)	3.19 (0.46)	3.57 (0.33)	3.76 (0.44)	4.24 (0.29)	3.97 (0.48)	4.27 (0.27)
Step frequency (times/sec)	4.27 (0.37)	4.21 (0.32)	4.20 (0.47)	4.34 (0.37)	4.18 (0.46)	4.58 (0.15)	4.11 (0.21)	4.18 (0.31)
Contact time (T-1)(sec)	0.173 (0.030)	0.165 (0.021)	0.156 (0.029)	0.143 (0.013)	0.141 (0.022)	0.124 (0.011)	0.144 (0.022)	0.135 (0.029)
Stride time (T-2)(sec)	0.065 (0.011)	0.075 (0.011)	0.086 (0.009)	0.096 (0.012)	0.105 (0.018)	0.101 (0.012)	0.110 (0.012)	0.109 (0.018)
T-2/T-1	0.370 (0.077)	0.461 (0.084)	0.576 (0.154)	0.672 (0.074)	0.763 (0.173)	0.824 (0.110)	0.791 (0.182)	0.810 (0.139)

Note : The figure in each parenthesis means standard deviation.

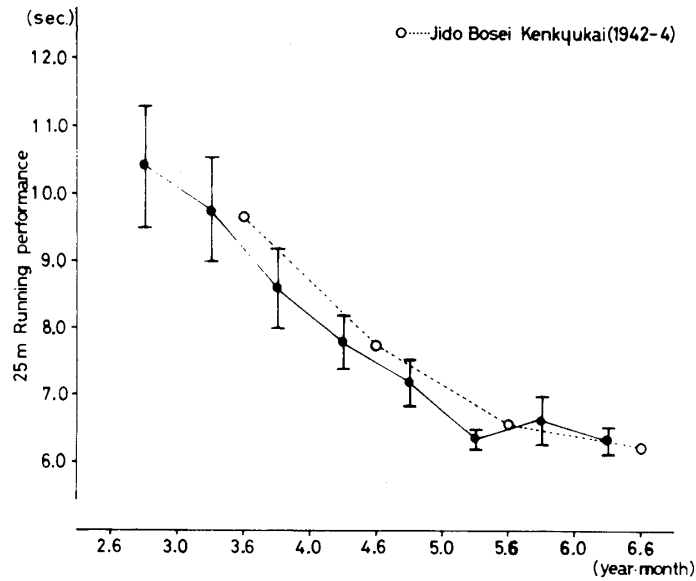


Fig.-2. 25m running performance of preschool boys in relation to age.

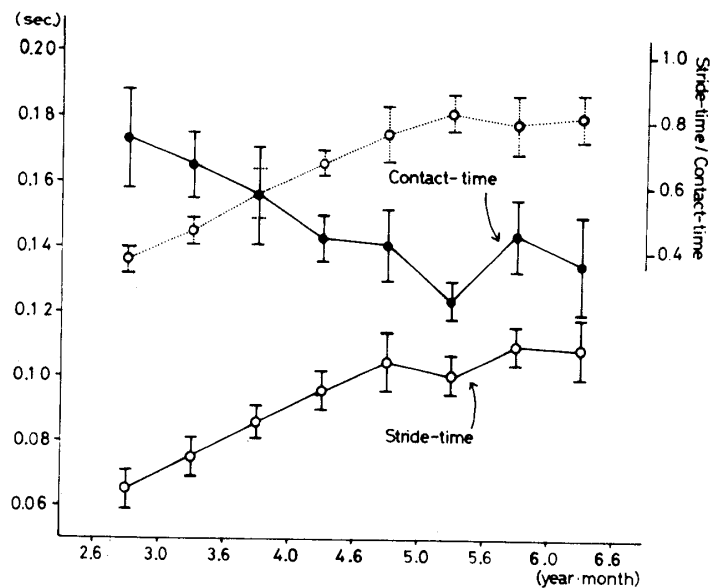


Fig. 3 Contact-time, stride-time and stride-time/contact-time on sprinting of preschool boys in relation to age.

児の平均 10.43 秒 から、6 才児の平均 6.34 秒まで著しく進歩していた。

また、フィルムの分析から算出された中間地点での最高疾走速度についても、2 才児の平均 2.47m/sec から、6 才児の 4.27m/sec まで経年的に著しく増大していた。

このような疾走能力の経年的向上と足並みをそろえてランニング・フォームも加齢とともに変化しており、その代表的事例を示すと Fig. 1 のようなものである。

(2) 跳躍比、歩幅、歩数

ランニング中の接地時間、滞空時間、および跳躍比（滞空時間／接地時間）の年令の増加にともなう変化は、Fig.-3 のとおりである。

加齢につれて接地時間は短縮し、滞空時間は逆に増大していた。したがって両者の比である跳躍比は経年的に増大する結果となった。跳躍比は緩走より疾走の場合の方がその値は大きく、走技術の尺度としてとらえられるものであるので、その経年的増大はこの間の走法の変化を示唆していることになる。

疾走速度の経年的増大を歩幅と歩数との関連で見ると、Table-3. Fig.-4 のような結果となった。

Table 3. Comparison of running stride, stride/stature and step frequency between the top level adult runners and preschool boys of 2-6 years of age.

Subject	year month	2		3		4		5		6	10 top level sprinters of the world
		3-11	0-5	6-11	0-5	6-11	0-5	6-11	0-6		
Running- Stride	(cm) (%)	57.4 (25.9)	63.6 (28.7)	76.6 (34.5)	82.5 (37.2)	89.7 (40.4)	92.7 (41.8)	97.4 (43.9)	103.6 (46.7)	221.9 (100)	
Step (times/sec.) -Frequency(%)		4.27 (83.6)	4.21 (82.4)	4.20 (82.2)	4.34 (84.9)	4.18 (81.8)	4.58 (89.6)	4.11 (80.4)	4.18 (81.8)	5.11 (100)	
Stature Stride/Stature×100	(cm)	94.8 (60.6)	95.5 (66.6)	99.6 (76.9)	102.8 (80.2)	102.9 (87.2)	106.8 (86.8)	111.7 (87.2)	114.2 (90.7)	179.8 (123.4)	

+Iwanov(1969)

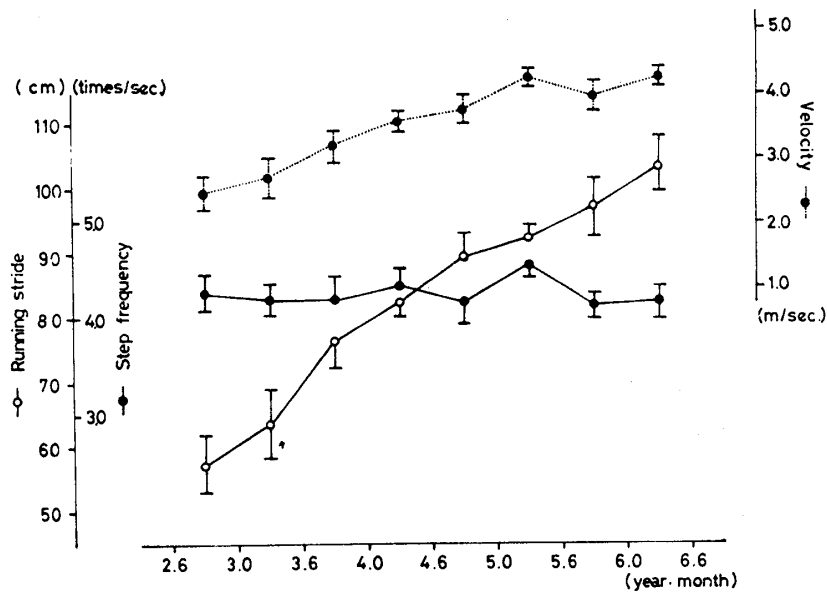


Fig.4 Running stride, step frequency and velocity of sprinting of preschool boys in relation to age.

歩幅の経年的増大は顕著であり、2才児の平均57.4 cmが、6才児の平均では103.6 cmとなっていた。

歩幅の増大には発育の影響が考えられるので、歩幅を身長との比（歩幅／身長×100）としてとらえた場合でも、年齢が増すにつれて確実に増大する結果となっていた。すなわち、2才児の歩幅は身長の60%くらいでしかないが、6才児では身長の90%を越える歩幅になっていた。

一方、歩数（単位時間あたりの歩数：ピッチ）については、2～3才ですでに4.2～4.3歩秒であり、疾走におけるステップの敏捷さは、すでに成人と変らぬ高いレベルに到達していることが明らかになった。

これらの幼児の歩幅と歩数を世界のトップ・スプリンター10人の全速疾走中の歩数と歩幅の平均値（5.11歩秒，221.9 cm）をそれぞれ100とした時の比で示してみるとTable-3. のようになった。

幼児の歩幅はトップ・スプリンターの値の25.9～46.7%の範囲において経年的に増大しているが、歩数では2～6才まですでにトップ・ランナーの80%以上の高いレベルにあり、加齢にとともなう変化はないことが確かめられた。

ランニングでの脚の動作の反復的切り換えの能力は、小脳や脳幹系の働きによるといわれ、7～8才でよく発達するとされているが、今回の結果は2才からよく発達していることを示しており、幼児の運動能力の顕著な一面である。

このような結果からみると、2才から6才の間の疾走速度の増大は、歩数によるものではなく、歩幅の経年的増大に起因するものであることが判明した。

このことは、この幼児期のRunning Patternの発達が、年齢とともに歩幅を増大させるような動きの変化として発現されることを示唆している。

(3) 上体と脚の前傾，大腿の引きあげ，下肢関節の運動範囲

ランニング・フォームの分析において、10項目の角度を計測し、その年齢別の平均値を示すとTable-4. のような結果となった。

特に、上体の前傾角度、キックの瞬間での脚の前傾角度、大腿の引きあげ角度（ももあげの角度）、および疾走動作中の下肢の各関節の運動範囲について年齢別の変化をFig.5に示した。

上体の前傾とキック時の脚の前傾は経年的に深くなっている。また回復局面の後半での大腿の引きあげ角度は経年的に減少する。すなわち、ランニングのももあげは次第に高くなっている。

疾走中の脚の動作における足関節・膝関節・腰関節の運動範囲は、加齢につれて増大する結果となっていた。

これらの結果は、疾走中の脚の動作が初期には下肢関節の運動範囲が小さく、bouncing motionに近いパターンであるが、加齢につれて下肢の各関節のモーションが増大し、上体やキック時の下腿の前傾が深まり、支持のない空間局面へ向って身体をより前方へ運び出せるように変化していくことを示している。

このことは、歩幅や跳躍比の経年的増大を説明し得るものであり、水平移動に必要な motive forceの経年的増大を示唆していると考えられる。

Table 4. Results of angular analyses of the running form of preschool boys.

	2years	3years	4years	5years	6years
1. Angle of Trunk-lean	6.01	6.31	8.30	7.80	9.50
2. Angle of Leg-lift during recovery phase.	44.1	43.1	38.8	35.7	29.7
3. Range of rotatory motion of hip joint	72.3	73.8	80.9	83.5	91.1
4. Knee Extension at the take-off	141.1	145.7	149.6	148.9	153.2
5. Knee Flexion at the take-off	62.1	57.4	46.1	50.1	47.1
6. Ankle Extension at the take-off	98.3	99.3	100.6	105.3	108.3
7. Metatarsal-Phalangeal Flexion at the take-off	57.3	61.5	63.7	68.9	72.5
8. Angle of Leg-lean at the take-off	41.0	37.8	37.3	36.5	35.8
9. Angle of Leg at the touch down	60.8	63.7	64.1	63.5	69.5
10. Angle of Leg at the take-off	66.1	63.4	63.0	61.5	57.5

Note : The numbers mean degrees of each angle.

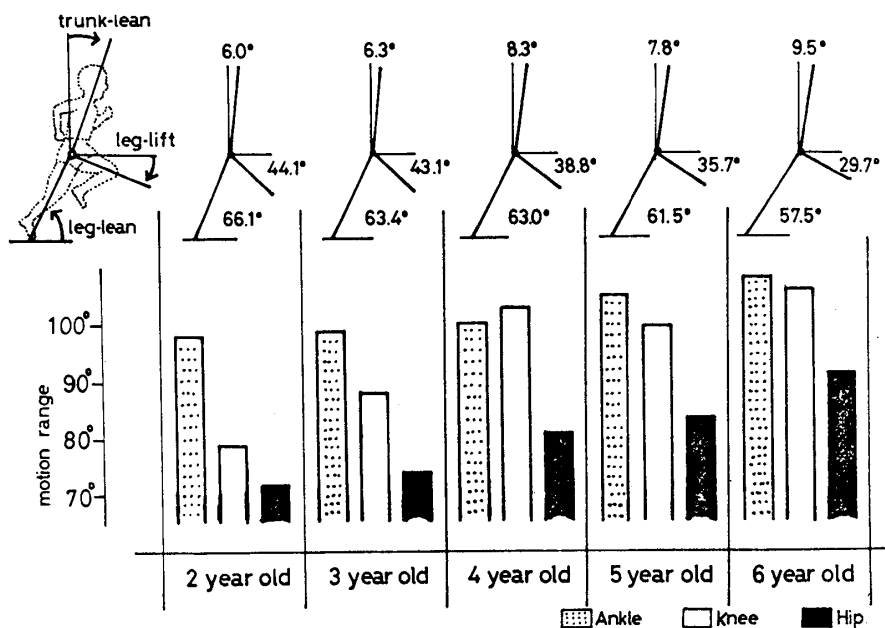


Fig. 5 Comparison of the trunk-lean, leg-lean, angle of leg-lift and range of rotatory motion of the ankle, knee and hip joint during running.

(4) 疾走動作における足先と膝の軌跡

フィルム分析によって、疾走中の1サイクルの脚の動作を大転子点を中心とした足先と膝の軌跡としてとらえた。その代表的な事例はFig.-6に示したようになる。

膝と足先の軌跡にみられる水平変位・垂直変位は、ともに経年的に増大していることが明らかである。

年少の幼児の脚の動作は、脚の各関節の屈曲・伸展の動作 (Fig.-7-A) が少なく、脚の長さ、つまりテコの長さをあまり変化させないで行う振動動作タイプ (Fig.-7-B) である。

しかし、年齢が増すにつれてしだいに脚の屈伸と振幅が大きくなり、脚そのものの動作がより大きな回転振動動作のタイプ (Fig.-7-C) へと変化していくことが確かめられた。

この脚の動作の経年的変化は、Running Patternの変化をとらえる上で重要な発達傾向であると考えられる。

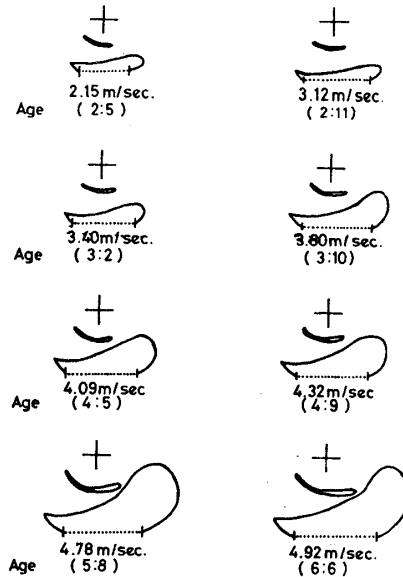


Fig. 6 Comparison of the pathways of the toe and knee during one cycle of running motion of preschool boys.

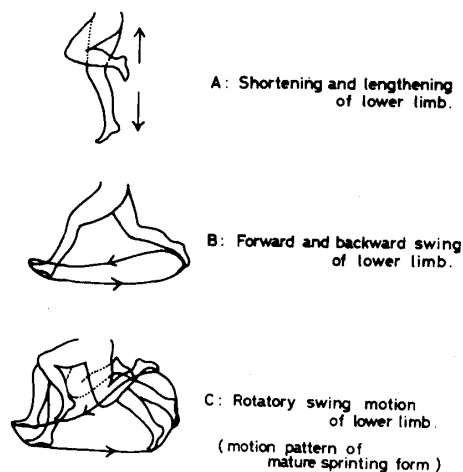


Fig. 7 Motion pattern of lower limb in human locomotion.

(5) 腕の動作

幼児の疾走中の腕の動作にはさまざまなタイプがみられた。

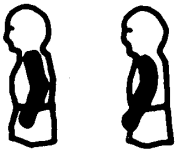
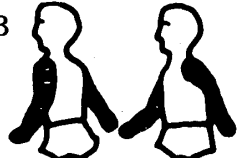
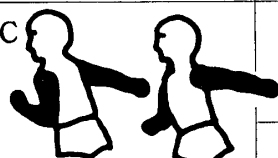
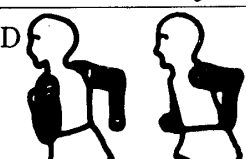
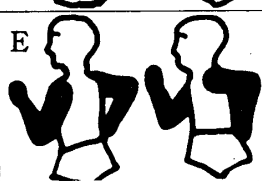
	2year old	3year old	4year old	5year old	6year old
motion range of arm swing	41.2°	69.6°	75.9°	80.6°	89.9°
angle of elbow flexion	123.8°	114.4°	105.4°	99.5°	86.9°
arm motion type					
A 	○○○ (50.0)	○○○ (16.7)	○ (5.0)		
B 	○○○ (50.0)	○○ (11.1)	○ (5.0)	○ (6.7)	
C 		○○○○ ○○○○ (44.4)	○○○○ ○○○○ (40.0)	○○○ (20.0)	○○○ (30.0)
D 		○○○○ (22.2)	○○○ ○○ (25.0)	○○○ ○○○ (40.0)	○○○ (30.0)
E 		○ (5.6)	○○○ ○○ (25.0)	○○○ ○○ (33.3)	○○○○ (40.0)
	6 (100%)	18 (100%)	20 (100%)	15 (100%)	10 (100%)

Fig. 8. Results of angular analyses of the arm motion and classification of the arm motion types of preschool boys during running.

そこで、類型化を試みた結果 Fig.-8. に示したような典型的な5タイプがあげられた。すなわち、次のようなA～Eまでのタイプである。

①A-type

肩をも含めて、上肢のスウィング動作がほとんどみられないもの。

これは、腕を振るというよりは、脚の動作によって腰がひねられ、その結果として上肢がわずかにひねられる程度であって、腕の積極的役割はみられない。

②B - type

肘がわずかに屈曲された状態で、消極的な前後方向へのスウィングがなされるもの。これは、屈曲の少ない脚の振動動作 (Fig.-7-B) と見合ったもので、下肢の動きに対してバランスをとっているとみることができる。

③C - type

前方へのスウィングでは肘が屈曲し、身体の中心線を越えて“ひっかくような動作” (hock motion) をし、後方へのスウィングでは肘が伸びて外側へ振り出されるもの (outward loop) である。

これは、身体や脚の前傾が深まり、前方への不安定な動きが生ずることに対応して、空間局面でのバランスをとる役割を持っているとも考えられる。

④D - type

前方スウィングではやはり hock motion がみられるが、後方スウィングでは肘が曲がりよくまとめられるものである。しかし、スウィング動作そのものはまだ小さい。

⑤E - type

肘の屈曲も充分保持されて、前方・後方ともに大きな振幅でスウィングがなされるものであり、ランニングにおける有効な mature pattern である。

そこで、幼児の腕の動作を上記の5タイプに分類し、年齢別にその割合を示すと Fig.-5 のようになった。また、腕振りでの肩関節を中心とした上腕の振動の範囲は、加齢につれて増大し、腕振りにおける肘の屈曲角度はしだいに減少する傾向がみられた。

2才児の腕振りは、AとBのタイプであり、歩行の場合と同じように肘が伸び、振幅の小さいスウィング動作であるが、やがてランニングのモーションの増大につれて、3~4才児ではCタイプが多くなっていた。

さらに、5~6才児では肘を曲げたモーションの大きいスウィングとなり、大部分がD・Eのタイプであった。

このことは、幼児の腕の動作が、しだいに脚の動作と同調されて、歩幅や跳躍比などを増大させるようなパターンへと変化していくことを示している。

4. 総 括

2才から6才の男児を被検者として、25 m 疾走を実験的に行わせ、その運動経過を 16 mm シネ・カメラでとらえて分析した結果、performanceの経年的増大と足並みをそろえて、幼児のRunning Patternには次のような発達過程がみられた。

1) 疾走中の歩数 (1秒当り) は、2~3才児で4.2~4.3 歩/sec.であり、ステップの敏捷さはすでに成人と変らぬ高いレベルにまで発達しており、6才児まで特に経年的変化はみられない。

2) 疾走中の歩幅は年少者では小さく、2才児では平均57 cmで、身長60%程度でしかないが、6才児では平均103 cmで、身長90%くらいの長さであり、その間に経年的に著しく増大する。

3) したがって、2才から6才までの疾走速度の著しい増大は、その間の歩幅の経年的

増大に起因しているといえる。

4) 加令につれて疾走中の接地時間は減少し、滞空時間は増大する。したがって、跳躍比は経年的に増大し、走法の変化がみられる。

5) 疾走中の上体の前傾、キックの瞬間の脚の前傾はともに加令につれて深くなり、大腿の引きあげ(ももあげ)も加令が増すにつれて高くなる。

6) 疾走動作中の足関節・膝関節・腰関節の動きは、加令につれて屈曲・伸展が増大しその運動範囲も経年的に増す。

7) 足先と膝の軌跡から脚の動作をとらえると、初期には歩行の延長として脚の長さをあまり変えない振動型であるが、しだいに水平変位、垂直変位が増大して、回転振動型へと変化していく。

8) 疾走中の腕の動作は、初期には未熟な小さい動きであるが、年令が増すにつれて肩関節での振動範囲は増大し、肘の屈曲も大きくなって、有効なスウィング動作へと変化する。

文 献

1. Wild, Monica.: "The Behavior Pattern of Throwing and Some Observations Concerning its Course of Development in Children," *Research Quarterly*, 9(3): 20 - 24, 1938.
2. Hellebrandt, F. A., Rarick, G. L., Glassow, R., and Carns, M. L.: "Physiological Analysis of Basic Motor Skill: 1. Growth and Development of Jumping," *American Journal of Physical Medicine*, 46: 14 - 25. 1961.
3. Halverson, L. E.: "A Comparison of the Performance of Kindergarten Children in the Take-off Phase of the Standing Broad Jump," *Doctoral Dissertation, Univ. of Wisconsin*, 1958. (by microcard)
4. Wickstrom, R. L.: "Fundamental Motor Patterns" *Lea & Febiger*, 1970.
5. Halverson, L. E.: "Development of Motor Pattern in Young Children," "Quest" May: 44 - 53, 1966.