

## 女子の身体重心からみた全身急速反復動作の発達

脇田 裕久・後藤 洋子・八木 規夫  
高木 英樹

### Development of a Rapidly Repeated Movement of the Whole Body Observed from Center of Gravity for Female

Hirohisa WAKITA, Yoko GOTO, Norio YAGI  
and Hideki TAKAGI

#### Abstract

The present study was designed to investigate the development of a rapidly repeated movement of the whole body observed from center of gravity. Subjects were 130 healthy females aged 5-17 years and were divided into a Fast group (5 females) and a Slow group (5 females) in each age group based on the time required for one set of side jumps. Subjects were measured on their physique (body height, body mass), muscular power (vertical jump, standing broad jump) and the movement of a side jump.

The procedure of the side jump was to hop between two parallel lines on the force plate from right to left alternately as quickly as possible. The distance between the lines was fixed at one third of the mean body height at each age. The movement of the side jump was pictured by using a TV camera at the front of the subject, equipping 60 frames per second. The center of gravity (CG) was calculated by using the body segment parameters of Matsui. The CG of the lowest position on the ground and the CG of the highest position in the air calculated the values per unit body height in order to except the effects of aging. Also, the moving distance and the vertical and horizontal displacements calculated the values per line by the same reason.

The moving distance of CG per line decreased significantly with age by about 9 years. The lowest position of CG per body height on the ground increased significantly with age by about 9 years. The highest position of CG per body height in the air decreased significantly with age by about 9 years. The vertical and horizontal displacements of CG per line decreased significantly with age by about 9 years. The angular velocity of lower limb increased significantly with age.

The CG of the Fast group decreased significantly on the moving distance, the highest position in the air and both vertical and horizontal displacements in comparison with that of the Slow group. And the CG of the lowest position on the ground and the angular velocity of lower limb on the Fast group increased significantly from that of the Slow group.

These results suggest that a rapidly repeated ability of the whole body develops by a decrease of the vertical displacement of CG, caused by keeping a high posture on the ground and a low posture in the air, and by a decrease of horizontal displacement of CG caused by increasing the angular velocity of the lower limb.

## 【目 的】

敏捷性能力の一つである反復速度に関しては、局所動作 (tapping・stepping) の反復頻度を指標とした加齢的变化・一般人と一流選手の比較・時間経過にともなう疲労<sup>3, 5, 6, 9, 10, 11, 21, 26, 27, 31)</sup>、全身動作 (side step・jump step test) の反復頻度を指標とした加齢的变化・測定時間の検討・生理学的な検討などが報告されてきた<sup>1, 16, 23, 28)</sup>。また、幼児の全身急速反復動作については、side stepの動作が複雑であることから、体育科学センター調整力委員会によって side jump が考案され<sup>13, 14, 25)</sup>、それに関する測定法の検討<sup>1, 2)</sup>、調整力を向上させるためのトレーニング効果の検討<sup>7, 15)</sup>、反復頻度と知能および床反力の関係<sup>8, 20)</sup>などが報告されている。筆者ら<sup>29)</sup>は、幼児を対象とした side jump の測定法を5歳~17歳までの男子に応用し、side jump中に発揮された床反力から全身的な急速反復動作の発達過程について検討した。その結果、急速な反復動作は、およそ11歳頃まで加齢にともなって、着床時間と離床時間の急激な短縮、単位体質量あたりの水平分力の増加に伴うキック角度の減少、力積の単位体質量あたりの鉛直成分の減少などが認められたことから、全身における急速反復動作の発達は重心移動を小さくする身体制御能力の発達によるものであることを示唆してきた。

一方、急速反復能力に関する動作学的な検討は、幼児と成人における tapping 動作の比較<sup>19, 22)</sup> および大学生を対象とした jump step test の動作分析<sup>16)</sup>がわずかながら報告されているのみであり、発育期における全身急速反復動作の加齢的变化に関する動作学的な検討はこれまでにあまり見受けられない。

そこで本研究は、5歳~17歳の女子を対象として、各年齢における反復動作の速い被検者と遅い被検者を抽出し、加齢にともなう全身急速反復動作の発達過程について動作学的に究明するとともに、反復能力の異なる被検者の比較から素早い切り換え動作の要因についても検討することを目的とした。

## 【研究 方法】

被検者は、5歳~17歳の健康な女子246名の中から、各年齢において side jump の反復動作の速い者5名 (以下F群)・遅い者5名 (以下S群)・合計130名を抽出し、形態 (身長・体重)・瞬発力

(垂直跳び・立ち幅跳び) および全身急速反復動作 (side jump) の測定を実施した。

side jump の測定は、体育科学センター調整力委員会による side jump の実施要領および筆者らが先に報告した研究方法に準拠した<sup>25, 29)</sup>。被検者は、force plate上に引かれた2本の平行な右側のライン上に右足をのせた準備姿勢をとり、検者の「始め」の合図とともに両足踏切で右足が左側のラインを踏むか踏み越す跳躍動作を交互にできる限り素早く行なった。ライン幅は、5~11歳までは体育科学センター調整力専門委員会が提示した基準値に準拠し、12~17歳のライン幅は5~11歳までの基準値が身長約3分の1であったことから、日本人の標準値の3分の1に設定した<sup>27)</sup>。

side jump 動作は、被検者の合成重心の算定が可能ないように各関節にマークを貼布し、被検者の正面から毎秒60コマのビデオカメラで録画し、ビデオタイマーによる時刻を同時撮影した。

本実験における重心の比較は、着床時の重心最低位置と離床時の重心最高位置については加齢にともなう身長の影響を消去するために単位身長あたりの値に、重心の移動距離・鉛直変位・水平変位については跳躍幅の影響を消去するためにライン幅あたりの値に換算して処理した。

これまでに横井ら<sup>32)</sup>は、3歳から15歳の被検者を対象として、加齢にともなう身体部分係数の変化について検討し、この係数を用いた身体重心位置の推定値の標準誤差が重心測定板から得られた値の3%以内になることを報告している。また、これらの被検者について松井の成人身体部分係数を用いて推定した場合の標準誤差は、横井らの係数による場合よりやや大きくなるが、両者の間に有意な差が認められないことが報告されている。

従って、本実験における身体重心の比較は、単位身長あたりや単位ライン幅あたりの値に換算されているので、加齢に伴う身体部分係数の変化による影響は極めて小さくなると考えられ、松井<sup>12)</sup>の身体部分係数を用いて身体重心を求めることにした。

なお、年齢間および群間の比較については、t検定を用いて統計処理をした。

## 【結 果】

F群とS群における各年齢毎の身体的特性および side jump の動作分析の結果を Table. 1 と Table. 2 に示した。

**Table 1. Results of physique, muscular power and repeating movement for fast group**

Age	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Body height (cm)	107.5	115.1	123.8	129.3	137.0	141.9	142.7	156.4	155.2	159.9	152.6	156.9	160.5
	2.70	1.36	3.13	4.08	3.83	7.49	4.39	1.55	2.62	1.76	5.79	3.55	5.06
Body mass (kg)	16.9	21.6	52.7	30.1	28.2	36.7	35.1	48.9	45.4	51.1	49.6	52.4	54.8
	1.27	2.18	2.16	3.95	1.56	3.90	5.08	8.06	3.05	7.87	4.48	2.70	2.96
vertical jump (cm)	14.0	20.6	21.6	21.0	32.8	33.8	37.8	38.0	47.0	34.0	39.0	37.8	36.4
	3.08	3.20	4.76	2.61	6.18	5.91	3.97	3.85	5.25	4.52	6.42	2.99	5.39
Standing broad jump (cm)	89.4	111.2	98.0	132.6	150.0	152.0	166.0	174.2	186.0	161.0	155.6	145.2	144.8
	7.42	9.99	9.65	11.13	16.70	20.29	9.78	12.01	24.21	10.99	21.66	13.82	14.88
Moving distance of C.G. per unit line width	1.15	0.93	0.81	0.76	0.59	0.69	0.51	0.59	0.55	0.73	0.71	0.61	0.59
	0.15	0.12	0.08	0.08	0.15	0.09	0.07	0.06	0.09	0.11	0.08	0.05	0.07
Lowest position of C.G. per unit body height on the ground	0.26	0.25	0.27	0.29	0.32	0.29	0.30	0.30	0.31	0.29	0.28	0.28	0.30
	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
Highest position of C.G. per unit body height in the air	0.39	0.36	0.35	0.37	0.36	0.35	0.34	0.36	0.35	0.35	0.35	0.34	0.35
	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02
Vertical displacement of C.G. per unit line width	0.44	0.35	0.26	0.24	0.13	0.21	0.13	0.18	0.15	0.19	0.22	0.20	0.16
	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04
Horizontal displacement of C.G. per unit line width	0.71	0.62	0.59	0.54	0.41	0.52	0.41	0.45	0.44	0.58	0.56	0.47	0.46
	0.16	0.10	0.06	0.09	0.05	0.08	0.06	0.03	0.12	0.11	0.09	0.05	0.07
Angular velocity of lower limb (degree/sec.)	67.7	68.7	96.5	89.5	103.9	86.1	89.4	75.8	112.2	103.7	105.5	97.1	90.9
	6.39	17.45	16.60	9.57	18.30	14.44	20.48	9.68	27.63	39.55	11.02	14.55	5.86

Upper value is mean and lower value is S.D.

**Table 2. Results of physique, muscular power and repeating movement for slow group**

Age	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Body height (cm)	109.6	118.0	119.6	128.5	132.7	140.5	150.7	154.0	160.3	159.9	158.5	156.7	156.1
	3.33	2.56	5.19	2.99	6.01	5.63	2.56	7.05	2.62	1.76	2.03	4.17	4.51
Body mass (kg)	18.2	23.3	23.1	27.9	30.9	33.8	43.4	46.5	50.5	51.1	53.2	48.9	47.4
	1.86	4.08	3.97	2.49	5.62	3.71	8.15	6.21	3.11	7.87	10.94	1.84	4.95
vertical jump (cm)	17.0	19.6	21.6	19.8	27.4	30.4	32.0	34.4	37.6	34.0	35.6	33.8	36.8
	1.10	3.26	4.45	2.48	3.83	2.24	2.37	6.71	7.23	4.52	8.69	3.76	6.76
Standing broad jump (cm)	87.8	115.6	121.8	122.0	138.0	143.0	151.6	146.8	164.8	161.0	146.0	138.4	151.6
	10.94	8.80	9.15	9.94	9.76	6.36	10.40	12.35	14.01	10.99	14.66	14.32	11.84
Moving distance of C.G. per unit line width	1.64	1.27	1.20	0.94	0.74	0.78	0.72	0.76	0.75	1.08	0.86	0.79	0.93
	0.36	0.07	0.19	0.07	0.11	0.05	0.09	0.10	0.09	0.13	0.12	0.08	0.10
Lowest position of C.G. per unit body height on the ground	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.28
	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
Highest position of C.G. per unit body height in the air	0.44	0.41	0.40	0.38	0.36	0.37	0.37	0.36	0.35	0.39	0.38	0.35	0.37
	0.05	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02
Vertical displacement of C.G. per unit line width	0.66	0.50	0.44	0.35	0.23	0.26	0.25	0.28	0.22	0.35	0.30	0.26	0.29
	0.18	0.06	0.13	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05
Horizontal displacement of C.G. per unit line width	0.84	0.68	0.76	0.56	0.54	0.54	0.51	0.51	0.56	0.79	0.60	0.57	0.68
	0.12	0.12	0.09	0.08	0.07	0.04	0.08	0.05	0.06	0.14	0.09	0.07	0.08
Angular velocity of lower limb (degree/sec.)	54.91	53.98	68.32	55.81	69.19	63.77	68.83	62.66	76.55	87.86	74.01	73.07	86.44
	6.91	12.93	7.82	6.83	10.54	4.70	10.72	5.92	5.90	12.37	8.44	9.54	11.15

Upper value is mean and lower value is S.D.

1. F群とS群の身体的特性の比較

形態についてF群とS群を各年齢毎に比較すると、F群の身長は6歳 ( $p < 0.05$ )・11歳 ( $p < 0.01$ )・13歳 ( $p < 0.01$ )・15歳 ( $p < 0.05$ )においてS群に比較して有意に小さかった。また、F群の体重は、11歳 ( $p < 0.05$ )・13歳 ( $p < 0.01$ )がS群に比較して有意に小さく、16歳 ( $p < 0.05$ )・17歳 ( $p < 0.01$ )では有意に大きい値を示したが、その他の年齢では両群間に有意な差が認められなかった。

一方、瞬発力については、F群の垂直跳びは5歳 ( $p < 0.05$ )においてS群に比較して有意に小さく、11歳 ( $p < 0.01$ )・13歳 ( $p < 0.05$ )・16歳 ( $p < 0.05$ )において有意に大きい値を示した。また、F群の立ち幅跳びは、7歳 ( $p < 0.01$ )においてS群に比較して有意に小さく、11歳 ( $p < 0.05$ )・12歳 ( $p < 0.01$ )では有意に大きい値を示したが、その他の年齢では両群間に有意な差が認められなかった。

2. 重心移動距離

F群の重心移動距離は、9歳頃まで急激に減少

し、その後はほぼ一定の値を示す傾向にあり、5歳と6歳 ( $p < 0.01$ )・6歳と7歳 ( $p < 0.05$ )・8歳と9歳 ( $p < 0.05$ )・10歳と11歳 ( $p < 0.01$ )・15歳と16歳 ( $p < 0.05$ )に有意な減少と、11歳と12歳 ( $p < 0.05$ )・13歳と14歳 ( $p < 0.01$ )に有意な増加が認められた。S群の重心移動距離は、9歳頃まで急激に減少し、その後はやや増加する傾向にあり、5歳と6歳 ( $p < 0.05$ )・7歳と8歳 ( $p < 0.01$ )・8歳と9歳 ( $p < 0.01$ )・14歳と15歳 ( $p < 0.01$ )に有意な減少と、13歳と14歳 ( $p < 0.001$ )・16歳と17歳 ( $p < 0.01$ )に有意な増加が認められた。また、F群の重心移動距離は、S群に比較して各年齢とも5%~0.1%水準で有意に減少した値を示した (Fig. 1)。

3. 着床時の重心最低位置

F群における着床時の重心最低位置は、9歳頃まで急激に増加し、その後はやや変動する傾向にあり、9歳と10歳 ( $p < 0.05$ )・13歳と14歳 ( $p < 0.05$ )に有意な減少が認められた。S群の重心最低位置は、9歳頃まで急激に増加し、その後はほぼ一定の値を示す傾向にあり、5歳と6歳 ( $p <$

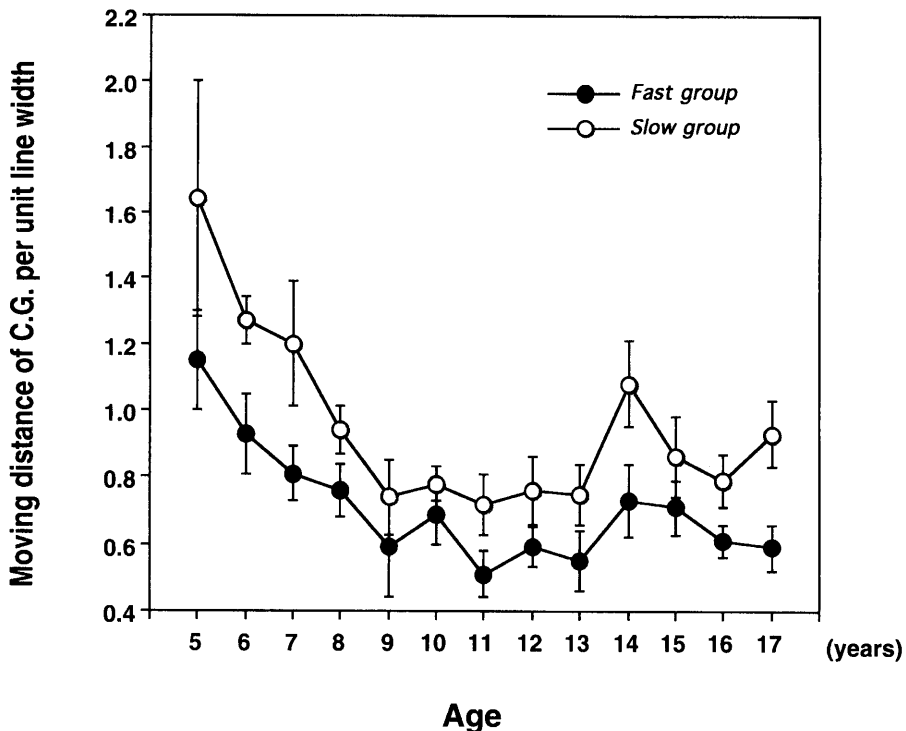


Fig. 1 Developmental changes of moving distance of C.G. per unit line width.

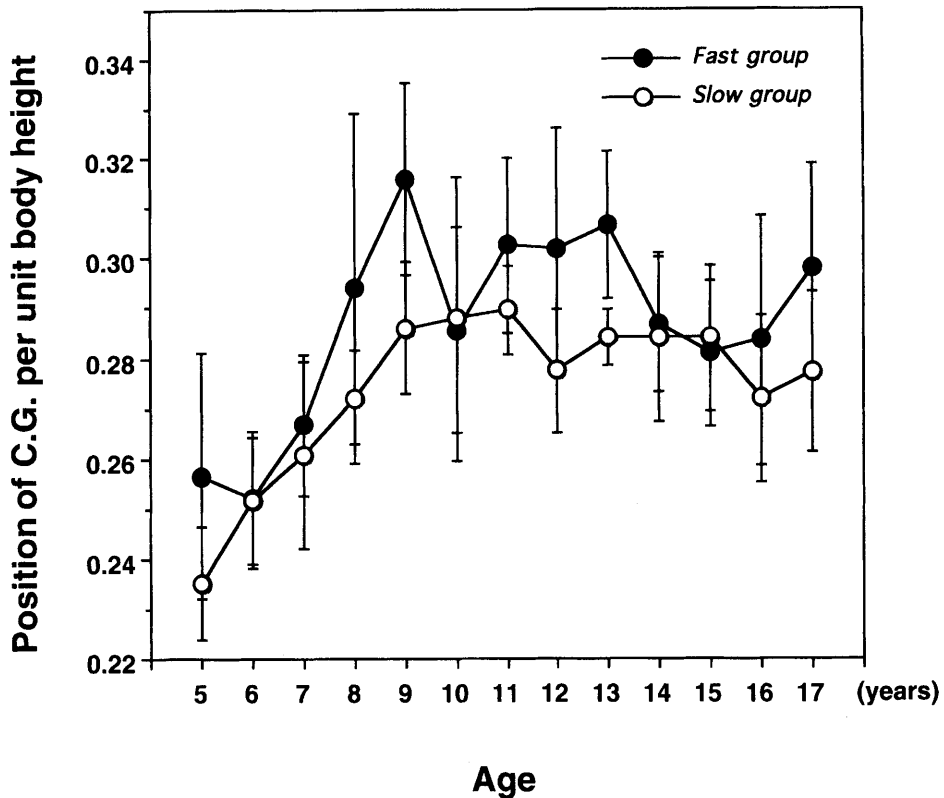


Fig. 2 Developmental changes of lowest position of C.G. per unit body height on the ground.

0.05)・8歳と9歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な増加と、11歳と12歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な減少が認められた。また、F群の重心最低位置は、ほとんどの年齢においてS群に比較して増大した値であり、5歳 ( $p < 0.05$ )・9歳 ( $p < 0.01$ )・12歳 ( $p < 0.05$ )・13歳 ( $p < 0.01$ )・17歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な差が認められた (Fig. 2)。

#### 4. 離床時の重心最高位置

F群における離床時の重心最高位置は、7歳頃まで減少し、その後はほぼ一定の値を示す傾向にあり、5歳と6歳 ( $p < 0.01$ ) に有意な減少が認められた。S群の重心最高位置は、9歳頃まで減少し、8歳と9歳 ( $p < 0.05$ )・15歳と16歳 ( $p < 0.01$ ) に有意な減少と、13歳と14歳 ( $p < 0.001$ ) に有意な増加が認められた。また、F群の重心最高位置は、各年齢ともS群に比較して減少した値であり、5歳 ( $p < 0.05$ )・6歳 ( $p < 0.001$ )・7歳 ( $p < 0.01$ )・11歳 ( $p < 0.01$ )・14歳 ( $p < 0.001$ )・15歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な差が認められた (Fig. 3)。

#### 5. 重心の鉛直変位

F群における重心の鉛直変位は、9歳頃まで急激に減少し、その後はほぼ一定の値を示す傾向にあり、5歳と6歳 ( $p < 0.01$ )・6歳と7歳 ( $p < 0.01$ )・8歳と9歳 ( $p < 0.001$ )・10歳と11歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な減少と、9歳と10歳 ( $p < 0.01$ )・11歳と12歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な増加が認められた。S群の重心の鉛直変位は、9歳頃まで急激に減少し、その後はほぼ一定の値を示す傾向にあり、5歳と6歳 ( $p < 0.05$ )・8歳と9歳 ( $p < 0.001$ )・12歳と13歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な減少と、13歳と14歳 ( $p < 0.01$ ) に有意な増加が認められた。また、F群における重心の鉛直変位は、各年齢ともS群に比較して減少した値であり、それぞれ6%～0.1%水準の有意な差が認められた (Fig. 4)。

#### 6. 重心の水平変位

F群における重心の水平変位は、9歳頃まで減少し、その後はやや変動する傾向にあり、8歳と9歳 ( $p < 0.01$ )・10歳と11歳 ( $p < 0.05$ )・15歳と

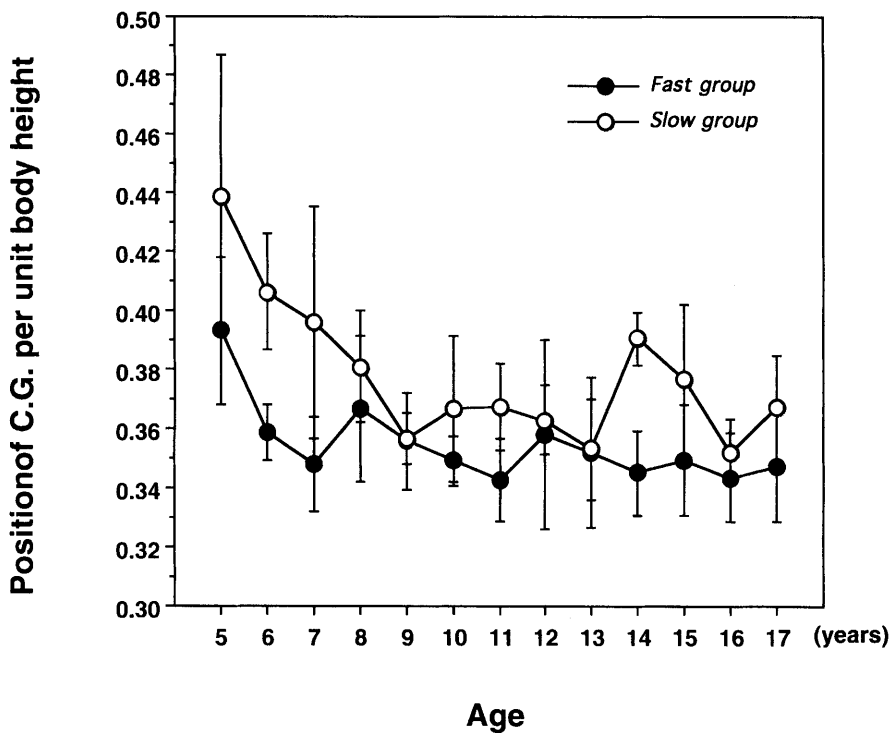


Fig. 3 Developmental changes of highest position of C.G. per unit body height in the air.

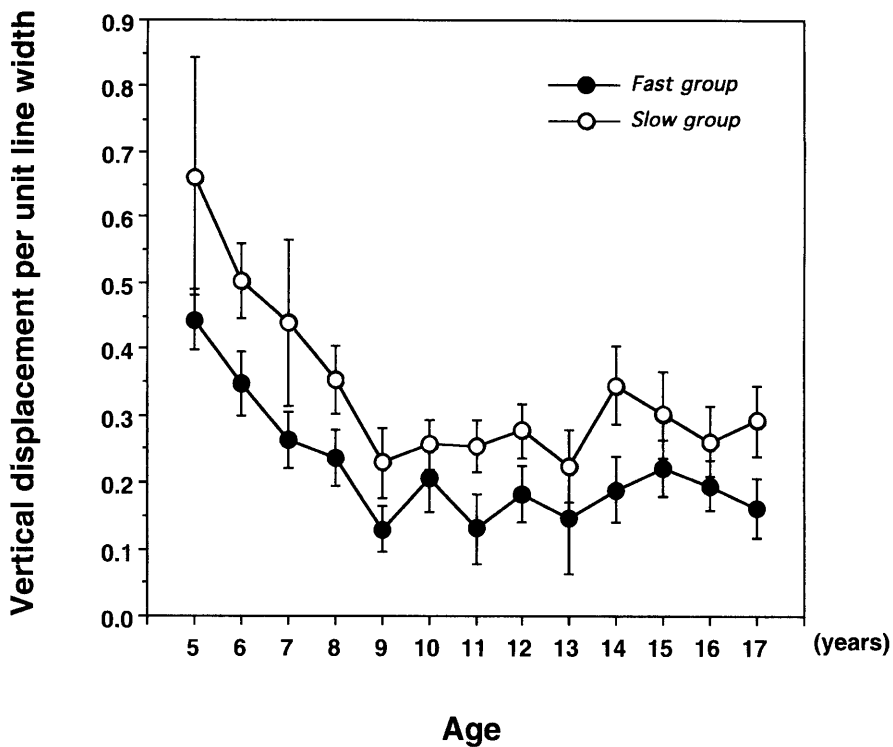


Fig. 4 Developmental changes of vertical displacement of C.G. per unit line width.

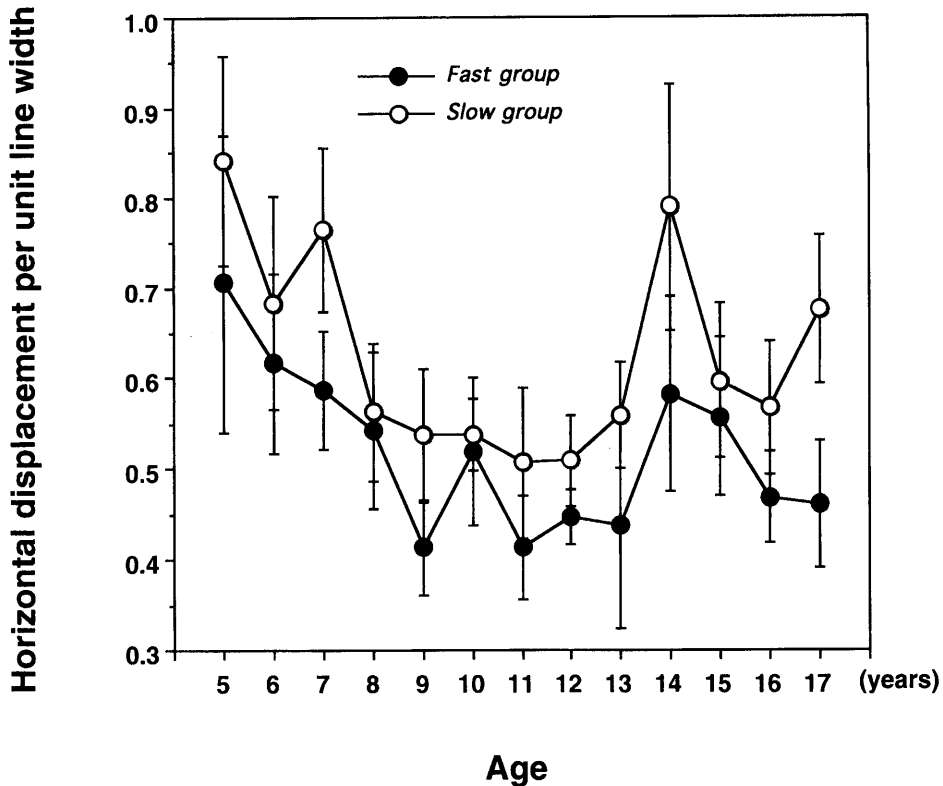


Fig. 5 Developmental changes of horizontal displacement of C.G. per unit line width.

16歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な減少と、9歳と10歳 ( $p < 0.05$ )・13歳と14歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な増加が認められた。S群における重心の水平変位は、8歳頃まで急激に減少し、その後はやや増加する傾向にあり、5歳と6歳 ( $p < 0.05$ )・7歳と8歳 ( $p < 0.001$ )・14歳と15歳 ( $p < 0.01$ ) に有意な減少と、13歳と14歳 ( $p < 0.01$ )・16歳と17歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な増加が認められた。また、F群における重心の水平変位は、各年齢ともS群に比較して減少した値を示し、7歳 ( $p < 0.01$ )・9歳 ( $p < 0.01$ )・11歳～13歳 ( $p < 0.05$ )・14歳 ( $p < 0.01$ )・16歳 ( $p < 0.05$ )・17歳 ( $p < 0.001$ ) に有意な差が認められた (Fig. 5)。

#### 7. 重心まわりの下肢角速度

F群における重心まわりの下肢角速度は、9歳頃まで急激に増加し、その後はやや変動した値を示す傾向にあり、6歳と7歳 ( $p < 0.01$ )・12歳と13歳 ( $p < 0.01$ ) に有意な増加が認められた。S群における重心まわりの下肢角速度は、加齢とともに

増加する傾向にあり、6歳と7歳 ( $p < 0.05$ )・8歳と9歳 ( $p < 0.01$ )・12歳と13歳 ( $p < 0.01$ )・13歳と14歳 ( $p < 0.05$ )・16歳と17歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な増加と、7歳と8歳 ( $p < 0.01$ )・14歳と15歳 ( $p < 0.05$ ) に有意な減少が認められた。また、F群の重心まわりの下肢角速度は、各年齢ともS群に比較してで増大した値であり、6歳・14歳・17歳を除いて5%～0.1%水準で有意な差が認められた (Fig. 6)。

#### 【論 議】

身体運動における動作の発達は、これまでに走・跳・投などの基本的な動作を対象とした研究がなされてきている。走動作では、年少の幼児の脚動作は脚の各関節の屈曲・伸展が少なく、脚の長さをあまり変えない振動運動であるが、しだいに脚の屈伸が大きくなり、脚そのものの動作がより大きな回転振動運動へと変化することが報告されている<sup>17,18)</sup>。また、跳動作の立ち幅跳では、2歳から6歳にかけて踏切動作での腰・膝関節の運

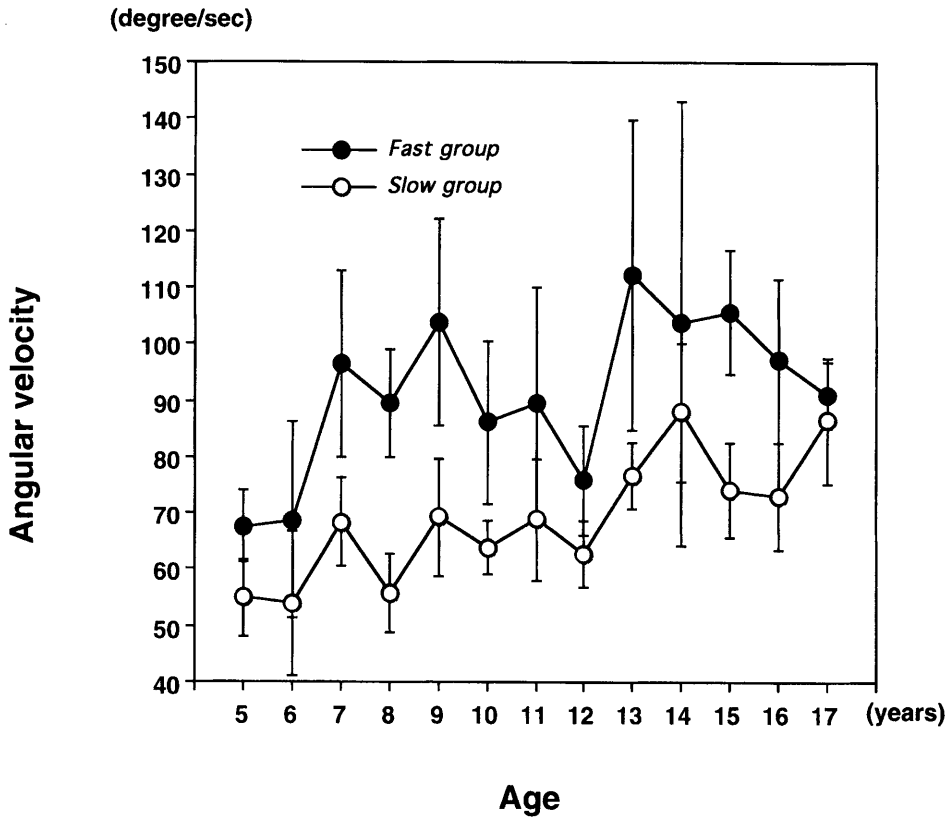


Fig. 6 Developmental changes of angular velocity of lower limb.

動範囲が著しく増大することが報告されている<sup>17)</sup>。さらに、投動作は、幼児期の上肢の動きだけによる動作範囲の小さな段階から、年齢の増加につれて脚や体幹部の参加が見られることが報告されている<sup>24)</sup>。これらの報告は、加齢にともなって関節を大きく巧みに動かせる能力が発達し、このことが performance の向上に寄与することを示唆している。

一方、急速反復動作の動作学的な検討については、局所動作の tapping 動作では年齢が低いほど上肢全体を用いた打叩動作であり、加齢に伴って動作の主動部位が体幹の近部位から遠部位へと移行することが報告されている<sup>19,22)</sup>。また、男子大学生を対象とした jump step test では熟練者ほど重心位置が一定して台上に集中し、未熟練者は上下動、振幅の大きさが甚だしく下肢特に膝の動きに変化があり、むだな動きをする傾向にあることが報告されている<sup>16)</sup>。これらの報告から、急速反復動作は、走・跳・投などの基本動作と異なり、動作範囲を減少させて切り換え能力を向上させて

いることが推察されるが、全身急速反復動作における青少年の加齢的变化について動作学的な観点からの詳細な検討はなされていない。そこで本研究は、5歳から17歳の女子を対象として、反復動作の速い者と遅い者を年齢毎に抽出し、動作の比較を試みた。

これまでに side jump の反復頻度は、ほとんどの年齢における形態（身長・体重・体脂肪率）や筋出力（脚筋力・垂直跳び）との間に有意な相関関係の認められないことが報告されている<sup>30)</sup>。これらの結果は、全身の反復速度が形態・筋出力に依存する要因ではなく、これらを制御する能力が重要であることを示唆している。また、全身と局所の急速反復動作における切り換え能力の相関関係についても、両者の間に有意な相関係数は認められず<sup>30)</sup>、身体全体の取扱いと精細な取扱いとは区別されることが指摘されている<sup>4)</sup>。従って、全身の急速反復動作は、局所の急速反復動作に必要な相反神経支配の機能に加えて、筋出力のコントロール及び姿勢制御などの脳幹小脳系の関与が重



要であると考えられる。本研究におけるF群とS群の身体的特徴は、形態や筋出力についてはほとんどの年齢において両群間に有意な差が認められなかった。これらの結果は、全身の反復動作が形態・筋出力に依存する要因ではないというこれまでの報告を支持するものである。

全身急速反復動作の発達については、先に述べたように重心移動の減少によって切り換え能力を向上させていることが推察される。本研究における重心の移動距離は、9歳頃まで急激に減少し、F群の重心移動距離はS群に比較して各年齢とも有意に減少する傾向を示した。このことは、先のjump step testの報告<sup>16)</sup>に示されているように、全身急速反復動作は加齢や熟練度によって身体制御能力が向上し、重心移動距離の少ない素早い切り換え動作が可能になることを示唆している。

本研究では、この重心移動距離を鉛直要因と水平要因に分離し、さらに詳細な検討を行った。本研究における着床時の重心最低位置は、9歳頃まで加齢に伴い急激に増加し、F群の重心最低位置はS群に比較して有意に増大する傾向を示した。この結果は、素早い反復動作では着地時における膝関節の屈曲が抑制され、着地時にできるだけ重心を高く保持した姿勢がとられていることを示唆している。このことをさらに筋力発揮様式から考えるならば、着地時におけるeccentricな筋力発揮が切り換え動作を素早くするために重要な要因になるものと考えられる。

一方、本研究における離床時の重心最高位置は、およそ9歳頃まで加齢に伴い急激に減少し、F群の重心最高位置はS群に比較して有意に減少する傾向を示した。これらの結果は、素早い反復動作では離床時の重心をできる限り低くした姿勢で行われていることを示唆している。

さらに、本研究における着床時と離床時の重心の差から求めた鉛直変位は、9歳頃まで加齢に伴い有意に減少し、F群の重心の鉛直変位はS群に比較して各年齢とも有意に減少する傾向を示した。従って、全身の素早い切り換え動作は、着床時に重心を高くし、離床時に重心を低くして重心の鉛直変位を減少させることが重要になることを示唆している。

本研究における重心の水平変位は、9歳頃まで加齢に伴って有意に減少し、F群の重心の水平変位はS群に比較して有意に減少する傾向を示した。そこで本研究では、このような素早い反復動作

における重心の水平変位の減少要因について重心まわりの脚角速度から検討を加えた。本実験における重心まわりの脚角速度は、およそ9歳頃まで加齢に伴って増大し、F群の重心まわりの脚角速度はS群に比較して有意に高くなる傾向を示した。このことは、一定の距離を素早く反復させるためには、重心まわりの脚角速度を増加させ、重心の水平変位を減少させることが重要な動作になることを示唆している。

以上の結果から、女子の全身急速反復動作の発達は、着床時における重心を高く、離床時に低くすることによる鉛直変位の減少と、重心まわりの脚角速度の増大に伴う水平変位の減少によって向上し、このような動作を制御する脳幹小脳系の働きが全身急速反復動作の発達に深く関与していることを示唆している。

## 【要 約】

本研究は、全身の急速反復動作であるside jumpの加齢的变化および各年齢における素早さの要因について動作学的に検討することを目的とした。被検者は、5歳～17歳の健常な女子であり、各年齢において反復動作の速い者5名（F群）と遅い者5名（S群）・合計130名を抽出し、形態・瞬発力およびside jumpの測定を実施した。side jumpの測定は、force plate上の2本の平行線（各年齢における身長標準値の3分の1に設定）をできる限り素早く左右に交互に跳躍させた。side jump中の動作は、被検者の合成重心の算定が可能のように各関節にマークを貼布し、被検者の正面から毎秒60コマのビデオカメラで録画した。なお、本実験における重心の比較は、加齢に伴う影響を除去するために着床時の重心最低位置と離床時の重心最高位置については単位身長あたりの値に、重心の移動距離・鉛直変位・水平変位についてはライン幅あたりの値に換算して処理した。

本研究における重心移動距離は、9歳頃まで加齢に伴い有意に減少した。着床時における重心の最低位置は、9歳頃まで加齢に伴い有意に増加し、離床時における重心の最高位置は、9歳頃まで加齢に伴い有意に減少した。鉛直変位と水平変位は、ともに9歳頃まで加齢に伴い有意に減少する傾向を示した。重心まわりの脚角速度は、加齢に伴い有意に増加した。

また、本研究における形態・瞬発力は、各年齢においてF群とS群との間にほとんど有意な差は

認められなかった。しかし、各年齢におけるF群の重心は、S群に比較して、移動距離が減少し、着床時の最低位置が高く、離床時の最高位置が低く、鉛直変位と水平変位が小さく、脚角速度が大きい値を示した。

これらのことから、全身急速反復動作の発達は、着床時における重心を高く、離床時に低くすることによる鉛直変位の減少と、重心まわりの脚角速度の増大に伴う水平変位の減少によって向上し、このような動作を制御する脳幹小脳系の働きが全身急速反復動作の発達に深く関与していることを示唆している。

### 【謝 辞】

本研究は、三重大学教育学部附属幼稚園・附属小学校・附属中学校・三重県立津高等学校のご助力のもとに遂行され、資料の整理については保健体育専攻生の谷川奈々子君にお手伝いを頂いたものである。ここに記して深謝の意を表する。

### 【参 考 文 献】

- 1) 浅見高明・渋川侃二 (1975) 調整力に関する研究(2)―その発達傾向について。体育科学 3: 188-199.
- 2) 浅見高明・渋川侃二・浅野勝己・藤田厚・朝比奈一男 (1976) フィールド・テストとラボラトリー・テストからみた調整力の検討。体育科学 4: 123-141.
- 3) 古屋 正 (1960) 成長期における Tapping 検査の成績について。体育学研究 5(1): 216.
- 4) 猪飼道夫 (1951) 動作の巧さの研究。体育の科学 1: 151-156.
- 5) 猪飼道夫・山川純子 (1953) 反復的動作に於ける動作の乱れの筋電図学的研究。体育学研究 1(5): 340-344.
- 6) 猪飼道夫・山川純子 (1951) 急速反復動作における疲労の現われ方。体育学研究 1(2): 168-173.
- 7) 石河利寛・清水達夫・勝亦絃一 (1976) 幼児を対象とした調整力トレーニングの実験的研究(1)―体操種目を中心とした運動プログラムの効果について。体育科学 4: 189-194.
- 8) 川上雅之・松原 考・太田正和 (1982) 幼児(4~7歳)の体力の総合的分析―敏捷性および隣発力の発達と知能の関係―。体育の科学 32: 451-456.
- 9) 河崎英武 (1944) 成長期に於ける急速反復運動能力に関する調査研究。民族衛生 12: 290.
- 10) 金原 勇・高松 薫・小松邦江・三浦望慶

- (1968) 敏しょう性トレーニングに関する基礎的研究(その1)―最大敏しょう性の得られる諸条件について―。東京教育大学スポーツ研究報 6: 25-45.
- 11) 金原 勇・高松 薫・袖山 絃・広橋義一 (1968) 敏しょう性トレーニングに関する基礎的研究(その2)―敏しょう性の発育段階差・性差と敏しょう性トレーニング―。東京教育大学スポーツ研究報 6: 46-54.
- 12) 松井秀治 (1967) 身体運動学入門(基礎編)。体育の科学社: 東京, pp 103-117.
- 13) 松井秀治・勝部篤美 (1974) 調整力テストの作成に関する研究(1)―幼児用調整力テストの検討―。体育科学 2: 290-299.
- 14) 松井秀治・勝部篤美 (1975) 調整力テストの作成に関する研究(2)―幼児・学童用調整力テストの検討―。体育科学 3: 176-187.
- 15) 松井秀治・勝部篤美・水谷四郎・脇田裕久 (1976) 調整力向上のための身体運動の練習効果について。体育科学 4: 158-169.
- 16) 飯塚鉄夫・日丸哲也・岩崎義正・永田 晟・唐津邦利 (1968) 全身敏捷性テストとしての J.S.T. の研究。体育学研究 13(1): 39-48.
- 17) 宮丸凱史 (1976) 幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達過程。身体運動の科学Ⅱ。杏林書院: 東京, pp 96-114.
- 18) 宮丸凱史 (1976) 走る。浅見俊雄・石井喜八・宮下充正・浅見高明・小林寛道編。身体運動学概論。大修館書店: 東京, pp 186-188
- 19) 森下はるみ・佐々木玲子・鈴木敏朗 (1988) 幼児の打叩動作調整の発達。体育科学 16: 99-110.
- 20) 並木洋子・奥田隆行・脇田裕久 (1991) 幼児のサイドジャンプに関する研究。東海保健体育科学 13: 15-22.
- 21) 西沢 昭・浅見高明 (1978) 敏捷性の研究法について。体育の科学 28: 262-268.
- 22) 大道 等・八木尚江・森下はるみ (1983) 幼児タッピング動作の観察。体育の科学 33: 240-247.
- 23) 酒巻敏夫 (1974) 敏捷性測定法の検討。体育の科学 24: 250-252.
- 24) 桜井伸二 (1992) 投げる科学。宮下充正監修。大修館書店: 東京, pp 188-189.
- 25) 体育科学センター (1976) 調整力テスト実施要領およびその基準値。体育科学 4: 207-217.
- 26) 徳山 廣・荒木 勉・藤坂 弘・三野 耕・辻野 昭 (1969) 急速反復動作(ステッピング)の年齢別並びに性別変化について。体育学研究 13(5): 124.
- 27) 東京都立大学身体適性学研究室編 (1980) 日本人の体力標準値(第3版)。不昧堂出版: 東京, pp 216-217.

女子の身体重心からみた全身急速反復動作の発達

- 28) 湯浅景元 (1985) 文部省体力テストを解剖する. 体育の科学 35: 444-450.
- 29) 脇田裕久・奥田隆行・後藤洋子・八木規夫・高木英樹・矢部京之助 (1994) 床反力からみた全身の急速反復動作の発達. 体育学研究 38(6): 459-468.
- 30) 脇田裕久・杉田正明・矢部京之助 (1990) 下肢における急速反復動作の検討. 総合保健 体育科学 13: 79-89.
- 31) 矢部京之助 (1973) 体力の要素としての敏捷性. 猪飼道夫編著 身体運動の生理学. 杏林書院: 東京, pp 84-94.
- 32) 横井孝志・渋川侃二・阿江通良 (1986) 日本人幼少年の身体部分係数. 体育学研究. 31(1): 53-66.