

女子の床反力からみた全身急速反復動作の発達

脇田 裕久¹⁾・後藤 洋子¹⁾・八木 規夫¹⁾
高木 英樹¹⁾・細野 信幸²⁾

Development of a Rapidly Repeating Movement of the Whole Body Observed from Ground Reaction Forces for Female

Hirohisa WAKITA¹⁾, Yoko GOTO¹⁾, Norio YAGI¹⁾,
Hideki TAKAGI¹⁾ and Nobuyuki HOSONO²⁾

Abstract

The present study was designed to investigate the development of a rapidly repeating movement of the whole body from ground reaction forces exerted during a side jump. Subjects were 246 healthy females aged 5-17 years, and their physique (body height, body mass, skinfold thickness), muscular power (vertical jump, standing broad jump) and rapidly repeating movement (side jump) were measured.

The procedure of the side jump were hopping 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. Force curves gained by using force plate were calculated using the jumping frequency per 1 second (the frequency calculated from the time required for one jump), the times on the ground and in the air, the maximum vertical and horizontal forces, the vertical and horizontal impulses and the kicking angle calculated from maximum vertical and horizontal forces.

The frequency of the side jump per 1 second increased significantly with age by 9 years and decreased gradually with age by 17 years. The time on the ground and the time in the air shortened significantly with age by 9 years and prolonged gradually with age by 17 years. The maximum vertical force per unit body mass didn't change remarkably with age, but the maximum horizontal force per unit body mass increased significantly with age by 13 years and decreased gradually with age by 17 years. The kicking angle decreased significantly with age by 13 years and increased gradually with age by 17 years. The vertical impulse per unit body mass decreased significantly with age by 9 years, but the horizontal impulse per unit body mass didn't change remarkably with age.

These results suggest that a rapid repeating ability of the whole body develops by increasing the horizontal force in comparison with vertical force and by decreasing the kicking angle and the vertical displacement of the center of gravity with age by 9 years and drops gradually by increase of fat mass with age by 17 years.

¹⁾ 三重大学教育学部

²⁾ 鈴鹿工業高等専門学校

【研究目的】

敏捷性の能力は、与えられた刺激に対して反応動作が起こるまでの時間や一定時間内の反復頻度によって測定されている。後者の反復頻度の測定には、局所動作の tapping・stepping、全身動作の side step・side jump・jump step test・burpee test・shuttle run などがある。

局所動作の tapping は、反復頻度を指標とした加齢的变化・幼児と成人の動作比較・時間経過にともなう疲労などが検討され^{3-5,8,15,17,18}、stepping については反復頻度を用いた加齢的变化・一般人と一流選手の比較・測定中の時間経過にともなう変化などが報告されている^{9,10,17,21,22,26}。

一方、全身動作の jump step test は、大学生男子を村象とした動作分析や生理学的な検討がなされてきたが¹⁴、その方法は一般的なものとして定着していない。体力診断テスト項目として普及している side step は、反復頻度を指標とした加齢的变化・測定時間の検討・測定にともなう心拍数の変化^{19,23}などが報告されている。また、幼児にとっては、side step の動作が複雑であることなどから、幼児用のテスト・マニュアルを作成する必要性が指摘され^{11,12}、体育科学センター調整力専門委員会によって side jump が考案され、その実施要領と基準値が提示されている²⁰。幼児の side jump に関する研究は、様々なテスト間の成績を比較した測定法の検討^{1,2}・調整力を向上させるためのトレーニング効果の検討^{6,13}・side jump の反復頻度と床反力の関係¹⁶などが報告されている。し

かし、side jump の加齢的变化に関して運動学的な視点から検討を加えた報告は数少なく、5歳から17歳の男子に関する報告がなされているのみである²⁶。

そこで本研究は、発育期にある5歳から17歳の女子を対象に、side jump 中に発揮された床反力曲線を指標として、全身的な急速反復動作の発達過程および各年齢における全身的な急速反復動作の素早さの要因を検討することをその目的とした。

【研究方法】

被検者は、5歳から17歳の健常な女子246名を対象とし、形態（身長・体質量・皮下脂肪厚）、瞬発力（垂直跳び・立ち幅跳び：両跳躍とも反動を用いないようにして実施）、敏捷性（side jump）を測定した（Tab. 1）。

side jump の測定は、体育科学センター調整力専門委員会による side jump の実施要領に準拠した²⁰。被検者には、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らせ、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し、再びもとの位置にもどる跳躍動作を交互にできる限り素早く行なわせた。これまでに、反復頻度の最大あるいはそれに近い状態は、動作開始後2から5秒間しか持続しないことが報告されていることから⁹、本実験における side jump の測定時間は5秒間に設定した。また、ライン幅は、5歳から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歳から17歳のライン幅は5歳

Table 1. Physical characteristics of subjects

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Number of subjects	25	15	16	18	16	18	18	20	20	18	22	20	20
Body height (cm)	109.0 3.34	117.2 2.82	120.7 4.22	130.6 4.88	134.3 5.53	141.1 7.25	146.8 4.60	154.4 4.17	156.6 3.79	160.2 3.15	157.0 5.27	157.3 4.83	158.4 5.63
Body mass (kg)	18.2 1.78	23.0 3.40	23.0 3.22	28.9 4.44	29.9 4.33	34.3 5.94	39.0 6.69	45.4 7.06	45.4 4.55	53.3 6.76	51.8 9.34	53.2 9.78	51.4 7.02
Skinfold thickness (mm)	17.0 3.41	23.4 10.31	20.1 9.45	29.2 9.79	25.3 10.23	25.5 9.74	27.8 10.64	29.5 9.78	23.4 6.67	33.2 10.37	35.1 13.43	37.1 13.15	36.0 11.10
Vertical jump (cm)	17.7 3.81	20.4 4.38	20.7 4.79	20.3 3.21	30.1 5.47	31.9 4.26	34.4 4.98	36.7 4.92	41.3 6.05	37.4 5.07	36.9 7.38	36.0 3.91	35.4 5.04
Standing broad jump (cm)	92.9 9.74	112.7 19.40	120.6 14.30	127.9 10.72	143.8 15.23	146.1 13.55	159.9 16.36	162.7 15.14	175.4 17.83	167.2 15.07	148.5 17.42	134.2 23.08	145.2 14.86

Upper value is mean. Lower value is S.D.

Table 2. The values of ground reaction forces exerted during the side jump

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Number of subjects	25	15	16	18	16	18	18	20	20	18	22	20	20
Jumping frequency per 1 sec (times)	2.09 0.25	2.27 0.23	2.56 0.33	2.60 0.27	3.12 0.27	2.79 0.21	3.18 0.22	2.67 0.31	2.95 0.30	2.43 0.26	2.66 0.22	2.64 0.30	2.65 0.22
The time on the ground (msec)	255 53.8	225 32.3	194 34.5	196 23.5	155 16.3	173 14.8	161 14.0	195 33.8	166 15.7	200 26.8	190 24.1	194 32.1	195 23.5
The time in the air (msec)	224 27.4	215 27.7	197 30.3	188 24.0	165 22.5	186 18.3	153 13.0	179 21.7	172 24.4	211 29.3	186 18.5	185 17.9	182 20.1
Vertical force per unit body mass (kgw/kg)	3.47 0.69	3.37 0.46	4.03 0.77	4.01 0.44	4.25 0.57	4.49 0.39	4.19 0.31	3.84 0.52	4.07 0.24	4.16 0.48	3.95 0.63	3.79 0.41	3.83 0.38
Horizontal force per unit body mass (kgw/kg)	0.69 0.20	0.74 0.21	0.96 0.31	1.02 0.24	1.21 0.14	1.13 0.18	1.14 0.19	1.41 0.26	1.77 0.27	1.60 0.30	1.64 0.34	1.31 0.18	1.34 0.22
Kicking angle (degree)	78.9 2.09	77.8 2.60	76.7 3.42	75.8 2.60	74.0 1.74	75.9 2.14	74.8 1.88	69.9 2.12	66.6 3.19	69.0 3.24	67.5 2.67	70.9 2.78	70.8 1.98
Vertical impulse per unit body mass (kgw · sec/kg)	0.499 0.071	0.432 0.044	0.397 0.055	0.391 0.040	0.333 0.028	0.384 0.029	0.329 0.022	0.373 0.043	0.347 0.035	0.414 0.048	0.394 0.042	0.394 0.044	0.397 0.039
Horizontal impulse per unit body mass (kgw · sec/kg)	0.084 0.017	0.090 0.015	0.090 0.010	0.096 0.014	0.093 0.008	0.095 0.010	0.087 0.010	0.126 0.014	0.134 0.013	0.148 0.014	0.159 0.012	0.136 0.012	0.140 0.016

Upper value is mean. Lower value is S.D.

から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²²⁾ (Tab. 2)。

force plate から導出された床反力曲線は、鉛直分力と水平分力が記録できるようにし、反復動作中の比較的安定した素早い4試行を抽出し、その平均値を個人値とした。分析項目は、着床時間（着床から踏切までの時間）、離床時間（踏切から着床までの時間）、鉛直分力（鉛直分力の最大値）、水平分力（水平分力の最大値）、力積の鉛直成分と水平成分を計測した。また、キック角度は、鉛直分力と水平分力を合成し、水平面からの角度を算出した。なお、加齢的变化に関する統計処理は、t 検定を用いて検討した。

【結 果】

side jump 中に発揮された床反力曲線の分析による各年齢毎の平均値を Tab. 2 に示した。

1. 反復頻度

1秒間あたりの反復頻度の平均値は、5歳（2.09回/sec）から9歳（3・12回/sec）まで急激な増加を示し、5歳と6歳の間に5%水準・6歳と7歳の間に1%水準・7歳と9歳の間に0.1%水準の有意な差が認められた。また、9歳から17歳（2.65

回/sec）までは、加齢に伴い緩やかに減少する傾向を示し、9歳と10歳、11歳と12歳の間に0.1%水準、13歳と14歳の間に1%水準の有意な減少、10歳と11歳の間に0.1%、12歳と13歳、14歳と15歳の間に1%水準の有意な増加を示した（Fig. 1）。

2. 着床時間と離床時間

着床時間の平均値は、5歳（255 msec）から9歳（155 msec）まで急激な短縮を示し、5歳と7歳、7歳と9歳の間に0.1%水準の有意な差が認められた。また、9歳から17歳（195 msec）までは、加齢に伴い緩やかに延長する傾向を示し、9歳と10歳の間に1%水準、11歳と12歳、13歳と14歳の間に0.1%水準の有意な延長、10歳と11歳の間に5%水準、12歳と13歳の間に1%水準の有意な短縮を示した（Fig. 2）。

離床時間の平均値は、5歳（224 msec）から9歳（165 msec）まで急激な短縮を示し、5歳と7歳、7歳と9歳の間に1%水準の有意な差が認められた。また、11歳から17歳（182 msec）までは、加齢に伴い緩やかに延長する傾向を示し、9歳と10歳の間に1%水準・11歳と12歳、13歳と14歳の間に0.1%水準の有意な延長、10歳と11歳、14歳と15歳の間に0.1%水準の有意な短縮を示した（Fig. 3）。

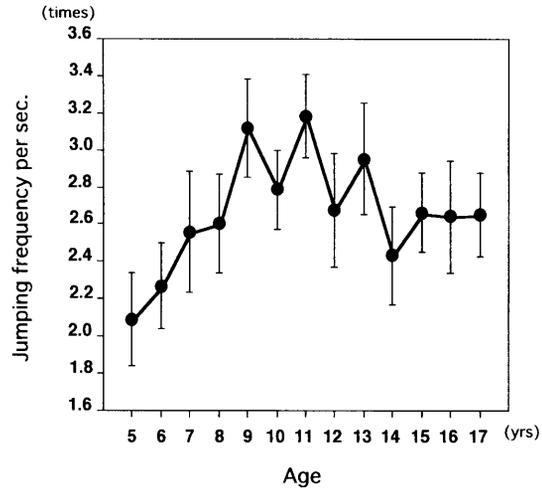


Fig. 1 Developmental change of the jumping frequency per sec.

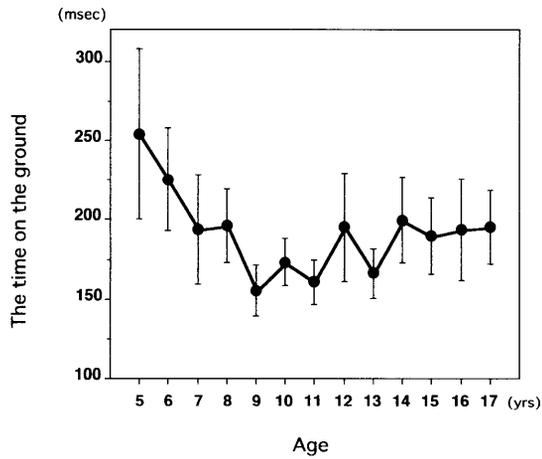


Fig. 2 Developmental change of the time on the ground.

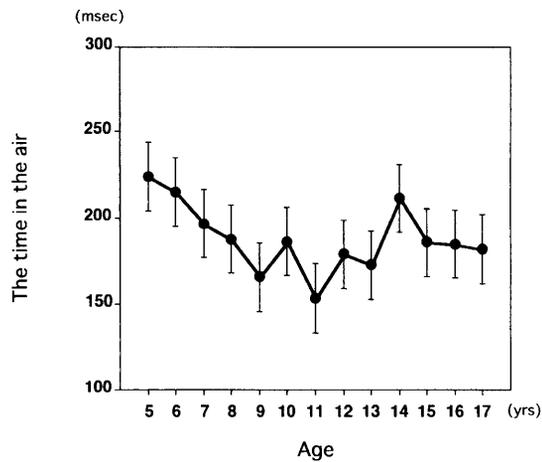


Fig. 3 Developmental change of the time in the air.

3. 鉛直分力と水平分力

鉛直分力と水平分力の加齢的变化については、体質量の影響を消去するために、それぞれの単位体質量あたりの値に換算して検討した。単位体質量あたりの鉛直分力の平均値は、5歳(3.47 kgw/kg)から10歳(4.49 kgw/kg)まで増加傾向を示し、6歳と7歳の間に1%水準、7歳と10歳の間に5%水準の有意な差が認められた。また、10歳から17歳(3.83 kgw/kg)までは、緩やかな減少傾向にあり、10歳と11歳、11歳と12歳の間に5%水準の有意な差が認められた (Fig. 4)。

単位体質量あたりの水平分力の平均値は、5歳(0.69 kgw/kg)から13歳(1.77 kgw/kg)まで急

激な増加傾向を示し、5歳と7歳、7歳と9歳の間に1%水準、10歳と12歳、12歳と13歳の間に0.1%水準の有意な増加が認められた。また、13歳から17歳(1.34 kgw/kg)までは、加齢に伴い緩やかな減少傾向を示し、15歳と16歳の間に1%水準の有意な差が認められた (Fig. 5)。

4. キック角度

キック角度の平均値は、5歳(78.9度)から13歳(66.6度)まで加齢に伴って急激に減少する傾向を示し、5歳と7歳、7歳と9歳の間に5%水準、10歳と12歳、12歳と13歳の間に0.1%水準の有意な減少を示し、9歳と10歳の間には5%水準の

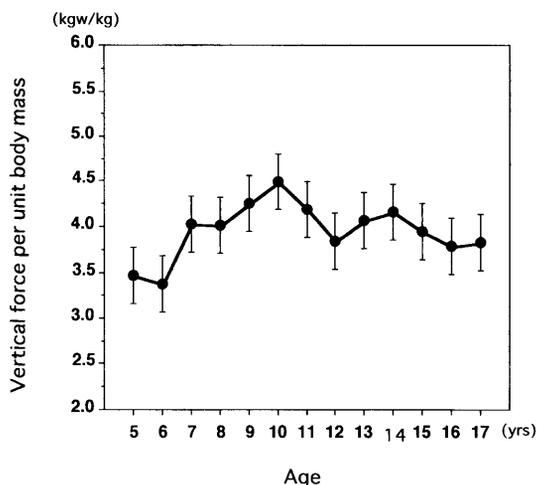


Fig. 4 Developmental change vertical force per unit body mass.

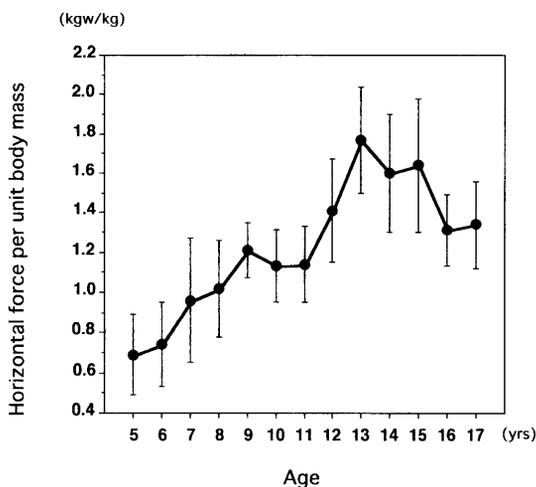


Fig. 5 Developmental change of horizontal force per unit body mass.

有意な増加が認められた。また、13歳から17歳(70.8度)では、加齢とともに緩やかに増加する傾向を示し、13歳と14歳の間に5%水準、15歳と17歳の間に0.1%水準の有意な差が認められた (Fig. 6)。

5. 力積の鉛直成分と水平成分

力積の鉛直成分と水平成分の加齢的变化については、体質量の影響を消去するために、それぞれの単位体質量あたりに換算して検討した。単位体質量あたりの鉛直成分の平均値は、5歳(0.499 kgw・sec/kg)から9歳(0.333 kgw・sec/kg)まで急激に減少する傾向を示し、5歳と6歳の間に1%水準、6歳と8歳の間に5%水準、8歳と9

歳の間に0.1%水準の有意な差が認められた。また、9歳から17歳(0.397 kgw・sec/kg)までは、加齢とともに増加する傾向にあり、9歳と10歳、11歳と12歳、13歳と14歳の間に0.1%水準の有意な増加と10歳と11歳の間に0.1%水準、12歳と13歳の間に5%水準の有意な減少が認められた (Fig. 7)。

単位体質量あたりの水平成分の平均値は、5歳(0.084 kgw・sec/kg)から11歳(0.087 kgw・sec/kg)まではほぼ一定の値を示し、その後15歳(0.159 kgw・sec/kg)までは加齢に伴って急激な増加傾向にあり、11歳と12歳の間に0.1%水準、13歳と14歳の間に1%水準の有意な差が認められた。また、その後の17歳(0.140 kgw・sec/kg)ま

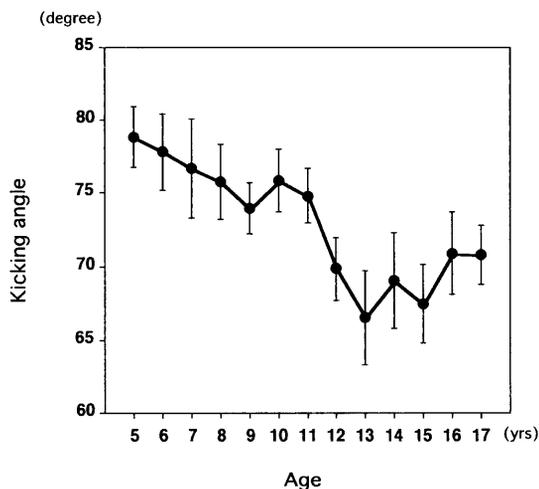


Fig. 6 Developmental change of kicking angle.

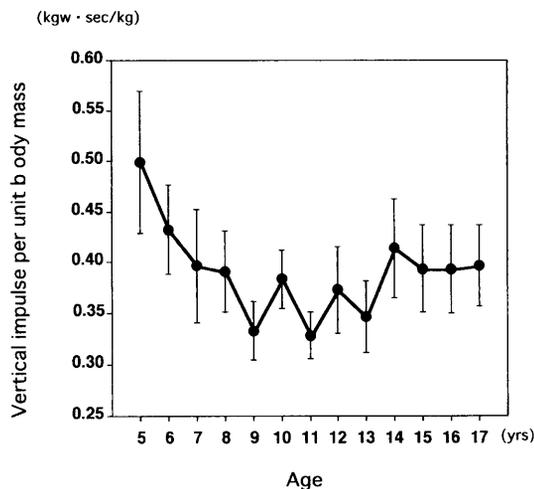


Fig. 7 Developmental change of vertical impulse per unit body mass.

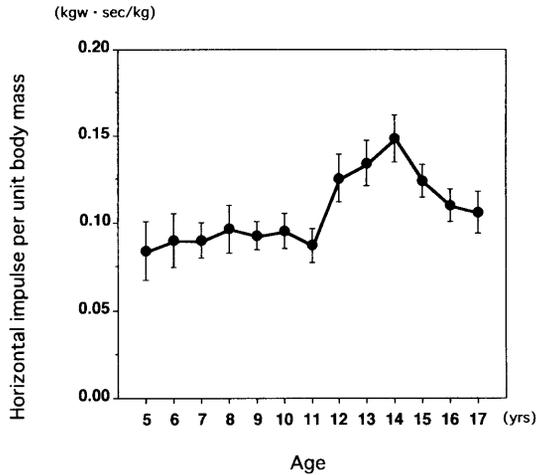


Fig. 8 Developmental change of horizontal impulse per unit body mass.

では減少傾向にあり、14歳と15歳の間に5%水準、15歳と16歳の間に0.1%水準の有意な差が認められた (Fig. 8)。

【論 議】

敏捷な切り扱え動作の発達に関する研究は、反復頻度を指標とした報告が多い。局所動作の tapping 動作では、浅見と洪川¹⁰⁾ が4歳から8歳まで急激な回数の増加を示し、9歳以降ではゆるやかな発達になると報告し、古屋³⁾ は15・16歳で発達が停止すると報告している。stepping 動作では、4歳から11歳まで漸次回数が増加するが、11・12歳以降に発達が停滞することが報告されている^{1, 21)}。全身動作の side step は、3.9歳から4.8歳の男子が20秒間に16.6回、11.4歳から12.3歳の男子が44.4回であり、加齢にともなって増加するが、幼稚園の年少・年中組ではテスト方法に対する理解度が低く標準偏差が極端に大きくなることが指摘されている¹⁾。このように一般的に用いられている side step は、小学校高学年以上を対象として作成された測定法であり、幼児や小学校低学年・中学生を対象とする場合には問題がある。また side step の測定は、小学生高学年のライン幅が200 cm、中学生以上が240 cmの二段階に設定されており、この測定法では身長の影響が大きく関与することが考えられる。従って、本研究では、幼児からの測定が可能であるとともに、年齢毎に跳躍幅が設定されている side jump を測定動作とし、5歳から17歳に亘る幅広い年齢層を対象に、全身の反復動作の発達要因を床反力曲線から検討する

ことにした。

幼児の side jump の反復頻度は、女子の4.6歳から5.0歳が毎秒1.21回、6.1歳から6.5歳が1.91回と報告されている⁷⁾。本研究における1回所要時間から換算した side jump 頻度は、5歳が2.09回、6歳が2.27回と先の報告に比較してやや高い値を示したが、これは本研究の反復頻度の測定が力曲線の最も円滑な切り扱え動作を抽出して分析したことによるものと考えられる。幼児の side jump 中における着床時間は、4歳が257 msec・5歳が234 msec、離床時間はそれぞれ219 msec・229 msecであり、5歳の着床時間が4歳に比較して有意に短縮すると報告されている¹⁶⁾。本研究における side jump の着床時間と離床時間は、5歳から9歳頃まで加齢に伴い顕著な短縮を示し、9歳以降は緩やかに延長する傾向を示した。また、17歳を基準とした5歳の着床時間と離床時間は、それぞれ130.7%・123.1%であった。このことは、女子の加齢にともなう反復頻度の増加には、離床時間に比較して着床時間の短縮がより大きく関与しているものと考えられる。

敏捷な切り換え動作の反復頻度と床反力の関係は、幼児の side jump 動作では反復頻度と水平分力との間に有意な正の相関関係を示すことが報告されている¹⁶⁾。本研究における単位体質量あたりの鉛直分力は、5歳から17歳まではほぼ類似した値を示し、加齢に伴う顕著な変化は認められなかったが、単位体質量あたりの水平分力は5歳から13歳頃まで加齢に伴い有意に増加し、17歳を基準とした5歳の水平分力の比率 (51.5%) は、鉛直分力

(90.6%)に比較して極めて低い値を示した。また、鉛直分力と水平分力を合成して算出したキック角度は、5歳から13歳まで有意に減少しており、これらの結果は幼児期における水平方向へのキック能力が極めて未熟であることを示唆している。

本研究における女子の反復頻度は、5歳から9歳まで加齢に伴って急激な増加を示し、その後緩やかに減少する傾向を示した。この傾向は着床時間と離床時間・単位体質量あたりの力積の鉛直成分と一致した結果であった。しかし、単位体質量あたりの水平分力とキック角度については、5歳から13歳まで加齢に伴って急激な増加を示しており先の指標とは異なる変化を示した。これについては、5歳から9歳までの反復頻度の増加は、単位体質量あたりの力積の鉛直成分の減少による着床時間の短縮と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による離床時間の短縮に起因しているものと考えられる。しかし、9歳から13歳の反復頻度の減少は、単位体質量あたりの水平分力の増加によるキック角度の減少にも関わらず単位体質量あたりの力積の水平成分の増加による離床時間の延長に起因しているものと考えられる。さらに13歳から17歳の反復頻度の減少については、単位体質量あたりの水平分力とキック角度の減少・単位体質量あたりの力積の鉛直成分の増加による着床時間と離床時間の延長によるものである。矢部ら²⁷⁾は、これまでに健常な女子大学生を対象として体脂肪がside jumpの反復頻度に及ぼす影響について検討した。その結果、体脂肪率の増加は単位体質量あたりの鉛直分力の減少による着床時間の延長と単位体質量あたりの水平分力の減少によるキック角度の増大によって全身の急速な切り換え能力を低下させることを指摘してきた。本研究における被検者の皮下脂肪厚は、加齢に伴って漸次増加しており、9歳以降における反復頻度の緩やかな減少は女子の特性である脂肪の沈着との関係が深いものと考えられる。

本研究では、各年齢における切り換え動作の素早さの要因を探るため、着床時間および離床時間と床反力との関係について検討した (Tab. 3・Tab. 4)。この結果、全年齢において着床時間は、単位体質量あたりの水平分力との間に有意な負の相関関係、単位体質量あたりの力積の鉛直成分との間に有意な正の相関関係を示した。また、離床時間は、ほとんどの年齢における単位体質量あたりの力積の鉛直成分との間に有意な正の相関関係

を示した。このことは、各年齢において素早い切り換え動作を行うには、キックカを鉛直方向から水平方向へ変換させ、力積の鉛直成分を減少させたキック角度の小さい跳躍動作が着床と離床の両時間を短縮させる重要な要因になることを示唆している。

本研究では、さらに各年齢における被検者の形態・筋パワーとside jumpの反復頻度との関係を検討した (Tab. 5)。その結果、side jumpの反復頻度は、ほとんどの年齢において形態や筋パワーとの間に有意な相関関係を示さなかった。筆者ら²⁴⁾は、これまでに成人を対象として、side jumpの反復頻度が形態(身長・体質量・下肢長・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を報告しており、本研究もほとんどの年齢で一致した結果を示した。これらの結果は、一般的には敏捷な全身の反復動作の発達が筋出力の大きさよりもこれらを制御する能力の重要性を示唆しているものと考えられる。

【要 約】

本研究は、side jump中に発揮された床反力曲線を指標として、全身的な反復動作の加齢的变化について運動学的な観点から究明することを目的とした。被検者は健常な5歳から17歳までの女子246名であり、形態(身長・体質量・皮下脂肪厚)、瞬発力(垂直跳び・立ち幅跳び)、敏捷性(side jump)を測定した。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の標準値の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。force plateから導出されたside jump中の床反力曲線は、鉛直分力と水平分力が記録できるようにした。力曲線からは、反復頻度、着床時間、離床時間、最大の鉛直分力と水平分力、力積の鉛直成分と水平成分を計測し、最大鉛直分力と最大水平分力を合成してキック角度を算出した。

side jumpの反復頻度は、5歳から9歳頃まで加齢にともなって有意に増加するが、その後加齢とともに緩やかに減少した。着床時間と離床時間は、9歳頃まで加齢に伴い有意に短縮し、それ以降緩やかに延長する傾向であった。単位体質量あたりの鉛直分力は加齢に伴う顕著な変化を示さなかったが、単位体質量あたりの水平分力とキック角度は、13歳頃まで加齢に伴う有意な増加を示した。

Table 3. Correlation coefficients between the time on the ground and ground reaction forces at each age

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Vertical force	-0.9202 ***	-0.7014 **	-0.5744 *	-0.6905 **	-0.4610	-0.4566	-0.4440	-0.6096 **	0.0756	-0.5777 *	-0.6385 **	-0.7197 ***	-0.5368 *
Horizontal force	-0.7662 ***	-0.7589 **	-0.6996 **	-0.9185 ***	-0.6828 **	-0.6401 **	-0.7285 ***	-0.6341 **	-0.5441 *	-0.7610 ***	-0.7816 ***	-0.6475 **	-0.5820 **
Kicking angle	0.2022	0.5828 *	0.5022 *	0.7469 ***	0.1330	0.3638	0.6570 **	0.3098	0.5737 **	0.5078 *	0.4599 *	0.0809	0.4079
Vertical impulse	0.9230 ***	0.8644 ***	0.7573 ***	0.7368 ***	0.5716 *	0.6782 **	0.6810 **	0.9040 ***	0.8006 ***	0.5943 **	0.7744 ***	0.9041 ***	0.6865 ***
Horizontal impulse	0.3228	-0.2533	-0.3062	-0.3582	0.4614	-0.0701	-0.2000	0.5139 *	0.1289	0.0508	0.1514	0.4122	0.2073

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

Table 4. Correlation coefficients between the time in the air and ground reaction forces at each age

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Vertical force	0.3976 *	0.0129	0.5579 *	0.2528	0.4578	0.2778	0.3585	0.3535	0.4775 *	0.3484	0.0779	-0.2304	0.5599 *
Horizontal force	0.2234	-0.2742	-0.2306	-0.4050	0.2090	-0.3579	-0.0104	0.0120	-0.1971	-0.3982	-0.0718	-0.1514	-0.2994
Kicking angle	0.1198	0.3615	0.6481 **	0.6637 **	0.3694	0.5475 *	0.2540	0.3883	0.3628	0.7043 **	0.2478	-0.0310	0.0624
Vertical impulse	0.3481	0.4201	0.7590 ***	0.8686 ***	0.7446 ***	0.7705 ***	0.8587 ***	0.4815 **	0.7966 ***	0.7743 ***	0.3824	0.6283 **	0.5387 *
Horizontal impulse	0.0824	-0.0358	-0.0492	-0.1097	0.2606	-0.0630	0.2496	0.2591	0.2702	-0.1418	-0.0352	0.6085 **	0.5241 *

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

Table 5. Correlation coefficients between the jumping frequency per 1second and physical characteristics

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Body height	0.018	-0.469	0.194	0.079	0.233	0.178	-0.589 *	0.267	-0.461 *	0.085	-0.424 *	-0.286	-0.197
Body mass	0.041	-0.457	-0.040	0.142	-0.352	0.235	-0.511 *	0.085	-0.418	0.113	-0.137	-0.590 **	-0.226
Skinfold thickness	0.148	-0.278	0.158	0.192	-0.536 *	0.195	-0.500 *	0.026	-0.439	0.092	0.105	-0.569 **	-0.197
Vertical jump	-0.183	-0.002	0.140	0.082	0.502 *	0.259	0.583 *	0.478 *	0.684 ***	0.199	0.257	0.219	0.162
Standing broad jump	-0.101	-0.105	0.379	0.397	0.496	0.225	0.393	0.646 **	0.531 *	0.287	0.138	0.281	0.268

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

力積の単位体質量あたりの鉛直成分は、9歳頃まで加齢に伴う有意な減少を示したが、単位体質量あたりの水平成分は顕著な変化を示さなかった。

以上のことから、女子の全身反復動作は、5歳

から9歳頃まで加齢にともなって水平方向への筋力発揮の増加によるキック角度の減少が上方への重心移動の少ない切り換え動作を生じ、急激に発達する。しかし、9歳以降においては、加齢に伴

なう脂肪量の増加が反復動作の制限因子として作用するため、この切り換え能力は徐々に低下していくものと考えられる。

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。

引用・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**: 216.
- 4) 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**: 340-344.
- 5) 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**: 168-173.
- 6) 石河利寛・清水達夫・勝亦絃一 (1976) 幼児を対象とした調整カ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.
- 7) 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―敏捷性および瞬発力の発達と知能の関係―. 体育の科学 **32**: 451-456.
- 8) 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.
- 9) 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所報 **6**: 25-45.
- 10) 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所報 **6**: 46-54.
- 11) 松井秀治・勝部篤美 (1974) 調整カテストの作成に関する研究 (1)―幼児用調整カテストの検討―. 体育科学 **2**: 290-299.
- 12) 松井秀治・勝部篤美 (1975) 調整カテストの作成に関する研究 (2)―幼児・学童用調整カテストの検討―. 体育科学 **3**: 174-184.
- 13) 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.
- 14) 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**: 39-48.
- 15) 森下はるみ・佐々木玲子・鈴木俊朗 (1988) 幼児の打叩動作調節の発達. 体育科学 **16**: 99-110.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 酒巻敏夫 (1974) 敏捷性測定法の検討. 体育の科学 **24**: 250-252.
- 20) 体育科学センター (1976) 調整カテスト実施要領およびその基準値. 体育科学 **4**: 207-217.
- 21) 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.
- 22) 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). 不味堂出版: 東京, pp 216-217.
- 23) 湯浅景元 (1985) 文部省体カテストを解剖する. 体育の科学 **35**: 444-450.
- 24) 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.
- 25) 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**: 459-468.
- 26) 矢部京之助 (1973) 体力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.
- 27) 矢部京之助・池上康男・桜井伸二・後藤洋子・八木規夫・脇田裕久 (1995) 全身の急速反復動作における体脂肪の影響. スポーツ医・科学 **9**: 21-29.