体育学研究, 38 : 459-468, 1994.

床反力からみた全身の急速反復動作の発達

脇田 裕久¹⁾ 奥田 隆行²⁾ 後藤 洋子¹⁾
八木 規夫¹⁾ 高木 英樹¹⁾ 矢部 京之助³⁾

Development of a rapidly repeating movement of the whole body.

Hirohisa Wakita¹ Takayuki Okuda² Yoko Goto¹ Norio Yagi¹
Hideki Takagi¹ and Kyonosuke Yabe³

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 males aged 5-17 years, and their physique (body height, body mass, skinfold thickness), muscular power (vertical jump, standing broad jump) and rapidly repeating movement (stepping, 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 11 years. The time on the ground shortened significantly with age by 10 years. The time in the air shortened significantly with age by 7 years. The maximum vertical force per unit body mass did not change remarkably with age, but the maximum horizontal force per unit body mass increased significantly with age by 12 years. The kicking angle decreased significantly with age by 12 years. The vertical impulse per unit body mass decreased significantly with age by 11 years, but the horizontal impulse per unit body mass did not 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 about 12 years.

Key words : agility, repeating movement, ground reaction force, development

(Japan J. Phys. Educ., 38 : 459-468, March, 1994.)

1) 三重大学教育学部
〒514 三重県津市上浜町1515
2) 三重県立津高等学校
〒514 三重県津市新町3丁目
3) 名古屋大学総合保険体育科学センター
〒464 名古屋市千種区不老町

1. Mie University. Faculty of Education. Kamihama-cho. Tsu. Mie (514)
2. Tsu Senior High School Shinmachi Tsu, Mie (514)
3. Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University, Furou-cho, Chikusa-ku, Nagoya (464)

キーワード：敏捷性，反復動作，床反力，発達

【目 的】

体力要素のひとつである敏捷性の能力は，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^{3,5,6,9,16,18,19)}，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^{10,11,18,22,23,26)}．

一方，全身動作の jump step test は，大学生男子を対象とした動作分析や生理学的な検討がなされてきたが¹⁵⁾，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^{20,24)}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^{12,13)}，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，その実施要領と基準値が提示されている²¹⁾．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^{7,14)}・side jump の反復頻度と床反力の関係¹⁷⁾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これまでに見受けられない．

本研究は，発育期にある 5－17歳の男子を対象に，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，5－17歳の健常な男子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（stepping・side jump）を測定した（Table 1）．

stepping の測定は，被検者に椅座位姿勢をとらせ，検者の「始め」の合図の後10秒間，両足をできる限り素早く force plate 上で踏み換える動作

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Number of subjects	21	18	16	19	17	18	16	20	20	21	20	20	20
Body height (cm)	110.4 4.95	118.3 5.88	123.9 6.50	127.7 4.72	136.9 3.91	139.1 3.50	143.4 5.73	150.7 8.17	160.2 6.96	163.5 6.74	170.7 4.98	169.7 4.68	170.2 4.19
Body mass (kg)	19.1 2.12	22.3 2.61	24.7 4.48	26.4 3.71	30.4 4.00	34.6 5.77	36.8 5.85	41.4 7.20	49.7 8.68	50.7 6.47	59.4 10.55	56.2 7.43	58.1 8.22
Skinfold thickness (mm)	17.2 4.41	17.2 3.39	18.2 7.74	19.6 4.67	19.6 8.74	24.9 12.68	26.2 12.44	22.2 6.31	18.7 9.64	17.4 7.36	22.6 14.11	17.0 7.12	20.9 11.58
Vertical jump (cm)	21.1 3.86	23.0 3.91	22.6 4.02	27.7 5.26	31.3 5.59	36.1 5.91	37.9 8.75	39.9 6.58	48.4 8.61	48.2 4.16	53.7 8.06	53.6 3.96	53.3 9.03
Standing broad jump (cm)	105 9.3	121 15.7	125 23.4	140 10.6	152 8.8	153 9.5	173 16.6	190 22.6	193 18.0	194 16.6	200 21.8	209 16.4	197 19.6
Stepping (times/sec)	3.02 0.55	3.50 0.43	3.56 0.49	4.22 0.86	5.05 0.65	5.07 0.58	4.73 0.49	5.12 0.78	5.68 0.62	5.44 0.63	6.07 0.64	5.42 0.58	6.08 0.59

Upper value is mean.

Lower value is S.D.

を行わせた。反復頻度は、force plate から導出された床反力曲線（鉛直分力）から 1 秒間における一側肢の反復頻度を求めた。

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 の実施要領に準拠した²¹⁾。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り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 - 5 秒間しか持続しないことが報告されている¹⁰⁾ことから、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 - 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²³⁾ (Table 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 (Fig.1)。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 Table 2 に示した。

1. 反復頻度

反復頻度は、着床時間と離床時間を加えて side jump 1 回に要する時間を求め、この値から

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	21	18	16	19	17	18	16	20	20	21	20	20	20
Width between jumping lines (cm)	35	37	39	41	43	45	47	50	52	54	56	56	56
Jumping frequency per sec (times)	2.20 0.27	2.47 0.18	2.71 0.26	2.89 0.46	3.07 0.33	2.97 0.29	3.41 0.39	3.04 0.48	3.29 0.31	2.87 0.26	2.97 0.28	3.20 0.32	2.80 0.41
The time on the ground (msec)	231 49.3	217 35.7	194 22.2	179 21.7	171 31.6	171 28.1	158 19.0	161 28.4	154 15.8	171 22.5	177 20.9	158 21.1	183 32.4
The time in the air (msec)	223 20.1	188 31.7	175 29.5	167 39.9	154 17.9	166 17.1	135 21.6	168 30.1	150 18.9	177 23.1	160 27.8	154 16.9	175 30.2
Vertical force per unit body mass (kgw/kg)	3.76 0.69	3.74 0.61	4.31 0.42	4.11 0.47	4.67 0.70	4.87 1.29	4.40 0.87	4.18 0.39	4.05 0.38	4.35 0.42	4.14 0.39	4.00 0.56	4.18 0.51
Horizontal force per unit body mass (kgw/kg)	0.73 0.18	0.95 0.24	1.19 0.22	1.33 0.29	1.40 0.27	1.32 0.29	1.38 0.23	1.60 0.31	1.68 0.21	1.70 0.25	1.62 0.23	1.84 0.32	1.65 0.27
Kicking angle (degree)	79.1 1.94	75.8 2.91	74.4 3.21	72.1 2.85	73.2 2.76	74.6 2.40	72.3 2.53	69.1 3.53	67.5 1.89	68.7 3.08	68.7 2.12	65.3 2.44	68.4 3.08
Vertical impulse per unit body mass (kgw·sec/kg)	0.482 0.057	0.420 0.057	0.380 0.038	0.369 0.052	0.365 0.058	0.360 0.036	0.304 0.037	0.328 0.071	0.312 0.030	0.346 0.035	0.349 0.037	0.312 0.039	0.361 0.060
Horizontal impulse per unit body mass (kgw·sec/kg)	0.080 0.020	0.097 0.014	0.097 0.012	0.096 0.014	0.091 0.026	0.099 0.009	0.094 0.009	0.121 0.017	0.122 0.017	0.138 0.019	0.113 0.014	0.121 0.023	0.115 0.019

Upper value is mean.

Lower value is S.D.

Fig. 1. Analysis of ground reaction forces.

1秒あたりの反復頻度を算出した。この反復頻度の平均値は、5歳(2.20回/sec)から11歳(3.41回/sec)まで加齢に伴い急激に増加し、5歳と7歳、7歳と10歳、10歳と11歳の間にそれぞれ1% - 5%水準の有意な差が認められた。その後17歳

(2.80回/sec)までは、ほぼ類似した値を示し、12歳と17歳の間には有意な差が認められなかった。17歳の反復頻度を基準とすると、5歳の値は78.6%であった(Fig.2)。

Fig. 2. Developmental change of the jumping frequency per sec.

(white circle : mean, vertical line : s. d.)

2. 着床時間と離床時間

着床時間の平均値は、5歳(231 msec)から11歳(158 msec)まで加齢に伴い急激に短縮し、5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。その後17歳(183 msec)までは、ほぼ類似した値を示し、10歳と17歳の間には有意な差が認められなかった。17歳の着床時間を基準とすると、5歳の値は約126.2%であった(Fig.3)。

離床時間の平均値は、5歳(223 msec)から11歳(135 msec)まで加齢に伴い急激に短縮し、5歳と7歳の間に1%水準の有意な差が認められた。その後17歳(175 msec)までは、ほぼ類似した値を示し、12歳と17歳の間には有意な差が認められなかった。17歳の離床時間を基準とすると、5歳の値は127.4%であった(Fig.4)。

Fig. 3. Developmental change of time on the ground.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

Fig. 5. Developmental change of vertical force per unit body mass.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

Fig. 4. Developmental change of time in the air.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

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 (3.76 kgw/kg) から17歳 (4.18 kgw/kg) にかけて顕著な変化が認められず、6歳と7歳、8歳と9歳の間に1%水準の有意な増加、10歳と12歳の間に5%水準の有意な減少が認められた。17歳の単位体質量あたりの鉛直分力を基準とすると、5歳の値は90.0%であった (Fig.5)。

単位体質量あたりの水平分力の平均値は、5歳 (0.73 kgw/kg) から12歳 (1.60 kgw/kg) にかけて増加し、5歳と6歳、6歳と7歳、10歳と11歳、11歳と12歳の間にそれぞれ1%水準、7歳と9歳の間に5%水準の有意な差が認められた。その後17歳 (1.65 kgw/kg) までは、緩慢な増加であり、12歳と17歳の間には有意な差が認められなかった。17歳の単位体質量あたりの水平分力を基準とすると、5歳の値は44.2%であった (Fig.6)。

Fig. 6. Developmental change of horizontal force per unit body mass.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

4. キック角度

キック角度の平均値は、5歳(79.1°)から12歳(69.1°)にかけて減少し、5歳と6歳、11歳と12歳の間に1%水準、7歳と8歳、10歳と11歳の間に5%水準の有意な差が認められた。その後17歳(68.4°)までは、緩慢な減少を示し、12歳と17歳の間には有意な差が認められなかった。17歳のキック角度を基準とすると、5歳の値は115.6%であった (Fig.7)。

5. 力積

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(0.482 kgw・sec/kg)から11歳(0.304 kgw・sec/kg)まで急激な減少を示し、5歳と7歳、7歳と11歳の間に1%水準の有意な差が認められた。その後17歳(0.361 kgw・sec/kg)までは、ほぼ類似した値を示し、12歳と17歳の間には有意な差が認められなかった。17歳の単位体質量あたりの鉛直力積を基準とすると、5歳の値は133.5%であった (Fig.8)。

単位体質量あたりの水平成分の平均値は、5歳(0.080 kgw・sec/kg)から17歳(0.115 kgw・sec/kg)まではほぼ類似した値を示し、5歳と12歳

Fig. 7. Developmental change of kicking angle.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

Fig. 8. Developmental change of vertical impulse per unit body mass.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

の間に1%水準の有意な増加、12歳と17歳の間に1%水準の有意な減少が認められた。17歳の単位体質量あたりの水平力積を基準とすると、5歳の値は69.6%であった (Fig.9)。

【論 議】

敏捷な切り換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¹⁾が4歳から8歳まで

Fig. 9. Developmental change of horizontal impulse per unit body mass.
(white circle : mean, vertical line : s. d.)

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^{1,22)}。全身動作の side step は、3.9歳-4.8歳の男子が20秒間に16.6回、11.4歳-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・中学年を対象とする場合には問題がある。また side step の測定は、小学校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、男子の4.6歳-5.0歳が毎秒1.15回、6.1歳-6.5歳が1.86回と報告されている⁸⁾。本研究における1回所要時間から換算した side jump の頻度は、5歳が2.20回、6歳が2.47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換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269 msec・5歳が251 msec、離床時間はそれぞれ212 msec・216 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¹⁷⁾。本研究における side jump の着床時間と離床時間は、5歳から11歳頃まで加齢に伴い顕著な短縮を示し、12歳以降は停滞する傾向を示した。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126.6%・127.6%とほぼ等しい値であった。従って、加齢にともなう反復頻度の増加は、着床と離

床の両時間が同様の短縮過程をたどりながら発達するものと考えられる。また、これらの時間の加齢的变化は、これまでに報告されている tapping, stepping, side step の反復頻度を用いた発達過程と類似した結果である^{1,3,9,23)}。

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¹⁷⁾。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12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(44.2%)は、鉛直分力(90.0%)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12歳まで有意に減少し、12歳以降は顕著な変化を示さなかった。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、5歳から12歳頃までの反復頻度の急激な増加は、水平分力の増加によるものと考えられる。このことは水平分力の増加にともなう切り換え動作の身体制御能力が12歳頃まで著しく発達し、このことが反復頻度を増加させる重要な要因になることを示唆している。また、この身体制御能力の発達の要因には、上体の安定と下肢の角速度の増大が考えられる。

また、力積について観察すると、単位体質量あたりの鉛直成分は、5歳から11歳頃まで加齢に伴い有意に減少し、11歳以降は停滞する傾向を示した。この鉛直成分の減少は、加齢にともなう単位体質量あたりの鉛直分力が変化しないにも関わらず着床時間が短縮することに起因している。一方、単位体質量あたりの水平成分は、加齢に伴う顕著な変化を示さなかったが、これは加齢にともなう着床時間の短縮と単位体質量あたりの水平分力の増加とによるものである。さらに、17歳の力積を基準とした5歳の鉛直成分と水平成分はそれぞれ133.5%と69.6%であり、この相対値は11歳頃までに接近する傾向を示した。このことは、加齢にともなう鉛直方向への筋力発揮を水平方向への

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	-0.876 ***	-0.564 *	-0.429	-0.351	-0.399	-0.420	-0.078	-0.304	-0.349	-0.189	-0.435	-0.292	-0.336
Horizontal force	-0.677 ***	-0.818 ***	-0.401	-0.325	-0.770 ***	-0.690 **	-0.547 *	-0.816 ***	-0.128	-0.611 **	-0.432	-0.338	-0.401
Kicking angle	0.003	0.552 *	0.172	0.225	0.502 *	0.333	0.544 *	0.750 ***	-0.222	0.472 *	0.258	0.214	0.220
Vertical impulse	-0.096	0.424	-0.258	0.569 *	0.193	0.052	0.261	0.668 ***	0.028	0.217	-0.065	0.229	0.589 **
Horizontal impulse	0.107	-0.132	0.080	0.382	0.029	-0.022	0.041	0.212	0.625	0.225	-0.011	0.507	0.632

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

筋力発揮に切り換える能力が発達し, side jump 中に鉛直方向への重心移動の少ない切り換え動作が可能になることを示唆している. 以上の結果は, 急速な反復動作が加齢にともなって短時間に水平方向への筋力発揮が増加し, このことがキック角度を減少させ, 上方への重心移動の少ない切り換え動作となり, このような身体制御を含む切り換え能力はおよそ12歳頃まで発達すると考えられる.

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の検討した (Table 3・Table 4). この結果, 着床時間はほとんどの年齢における単位体質量あたりの水平分力と有意な負の相関関係を示し, 離床時間はほとんどの年齢におけるキック角度と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, キック力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・局所の反復動作と side jump の反復頻度との関係を検討した (Table 5). その結果, side jump の反復頻度は, 7歳・10歳・17歳の形態と筋パワーとの間に一部有意な相関関係が認められた. しかしながら, 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していないことから, これらの有意性については, 被検者のサンプリングによる特異的なものと考えられる. 筆者ら²⁵⁾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

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	0.387	0.043	0.693 **	0.041	0.635 ***	0.395	0.382	0.305	0.484 *	0.767 ***	0.141	0.370	0.458 *
Horizontal force	0.114	-0.720 ***	-0.699 **	-0.436	0.137	-0.120	-0.126	-0.540 *	0.238	0.142	0.076	0.306	0.000
Kicking angle	0.224	0.897 ***	0.842 ***	0.569 *	0.380	0.703 **	0.673 **	0.767 ***	0.182	0.336	-0.009	-0.012	0.366
Vertical impulse	0.075	0.849 ***	0.920 ***	0.932 ***	0.089	0.697 **	0.883 ***	0.836 ***	0.675 **	0.759 ***	0.889 ***	0.690 **	0.899 ***
Horizontal impulse	-0.274	-0.478	-0.058	0.283	0.528 *	-0.031	0.454	0.070	0.447 *	0.284	0.343	0.229	0.476 *

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

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

Age (yr)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Body height	-0.232	-0.389	0.364	0.124	-0.017	-0.576 *	-0.003	0.079	-0.326	0.157	0.146	0.075	0.576 **
Body mass	-0.131	-0.262	0.355	0.200	0.127	-0.571 *	-0.057	0.013	-0.142	0.091	-0.127	0.296	0.392
Skinfold thickness	-0.140	-0.111	0.114	0.145	0.191	-0.562 *	-0.167	-0.060	-0.196	-0.013	-0.207	0.109	0.106
Vertical jump	-0.424	0.108	0.658 **	0.391	-0.288	0.087	0.333	0.406	0.007	0.241	0.332	-0.442	0.306
Standing broad jump	0.052	0.050	0.427	0.438	-0.218	0.233	0.177	0.240	0.015	-0.171	-0.165	0.178	0.472 *
Stepping	0.110	0.513 *	0.652 **	-0.163	-0.399	0.385	0.143	0.286	-0.211	-0.137	0.266	0.234	0.238

* p<0.05 ** p<0.01

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が形態・筋出力に依存する要因ではなく、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。また、反復動作における局所動作と全身動作の関係については、これまでに両者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²⁵⁾。本研究における side jump と stepping のとの間にもほとんどの年齢において有意な相関関係を示さず、先の報告と同様の結果を得た。これについて猪飼⁴⁾は、身体全体の取扱い（control over the body in general）と精細な取扱い（finer motor-skill）とは区別されることを指摘している。従って、全身の反復動作は、局所の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。

【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。被検者は健康な5歳から17歳までの男子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（stepping・side jump）が測定された。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・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11歳頃まで加齢にともなって有意に増加した。着床時間は、10歳頃まで加齢に伴い有意に短縮し、11歳以降はほぼ停滞する傾向であった。離床時間は、7歳頃まで加齢に伴い有意に短縮し、11歳以降はほぼ停滞する傾向であった。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は、12歳頃まで加齢に伴う有意な増加を示した。キック角度は、12歳頃まで加齢に伴う有意な減少を示した。力積の単位体質量あたりの鉛直成分は、11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。

以上の結果から、急速な反復動作は、加齢にともなって短時間に水平方向への筋力発揮が増加し、このことがキック角度を減少させ、上方への重心移動の少ない切り換え動作となり、このような身体制御を含む切り換え能力はおおよそ12歳頃まで発達することが示唆された。

【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たものである。ここに記して深謝の意を表する。

文献 (References)

- 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(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.
- 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: 168-173.
- 7) 石河利寛・清水達夫・勝亦紘一(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—敏捷性および瞬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所報 6: 25-45.
- 11) 金原 勇・高松 薫・袖山 紘・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.
- 12) 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.
- 13) 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: 174-184.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 森下はるみ・佐々木玲子・鈴木俊朗(1988)幼児の叩動作調節の発達, 体育科学 16: 99-110.
- 17) 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.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 酒巻敏夫(1974)敏捷性測定法の検討, 体育の科学 24: 250-252.
- 21) 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.
- 22) 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: 124.
- 23) 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.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 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.

(平成5年2月5日受付)
(平成5年11月27日受理)