

## 床反力からみた全身急速反復動作の発達と性差

脇田 裕久<sup>1)</sup>・後藤 洋子<sup>1)</sup>・八木 規夫<sup>1)</sup>・細野 信幸<sup>2)</sup>

### Development and Sex Difference of a Rapidly Repeating Movement of the Whole Body Observed from the Ground Reaction Force

Hirohisa WAKITA<sup>1)</sup>, Yoko GOTO<sup>1)</sup>, Norio YAGI<sup>1)</sup> and Nobuyuki HOSONO<sup>2)</sup>

#### Abstract

The present study was designed to investigate the development and the sex difference of a rapidly repeating movement of the whole body observed from ground reaction forces exerted during the side jump. Subjects were 246 healthy females aged 5-17 years, and their physique (body height, body mass, skinfold thickness: upper arm back + scapula lower) and side jump were measured.

The procedure of the side jump was 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. Ground reaction force curve deduced from force plate was measured on the jumping frequency per second, the times on the ground and in the air, the maximum values of vertical and horizontal force, the vertical and horizontal components of impulses and the kicking angle calculated from vertical and horizontal impulses. These ground reaction forces and impulses (half value of the impulse was used for the repeating movement) were calculated the value per body mass, and these values were converted into the unit of acceleration and velocity, respectively.

The frequency of the side jump per second for females similarly increased by around 11 years with males, and it significantly decreased in comparison with males afterwards. Both times on the ground and in the air for females were similarly shortened by around 11 years with males, and these times were significantly extended in comparison with males afterwards. The maximum vertical acceleration for males and females was no the remarkable change, but the value of females was the value which was smaller than males a little. The maximum horizontal acceleration for females similarly increased by around 13 years with males, and it significantly decreased in comparison with males afterwards. The vertical velocity for females similarly decreased by around 9 years with males, and it significantly increased in comparison with males afterwards. The horizontal velocity for males and females was no the remarkable change. The kicking angle of females similarly decreased by around 13 years with males, and it significantly increased in comparison with males afterwards.

These results suggest that the rapid repeating frequency for females decreases by the cause such as 1) the horizontal component remarkably low in comparison with vertical component of force, 2) the time on the ground is extended in order to obtain both vertical and horizontal velocities, 3) the time in the air is extended by the increase in the kicking angle. The increase of the body fat volume of females seems to be concerned in the background of this sex difference.

1) 三重大学教育学部

2) 鈴鹿工業高等専門学校

## 【研究目的】

行動体力における機能の男女比較については、成人女性の皮下脂肪が男性の2から4倍にも達することから（山川、1978；加賀谷、1982）、体脂肪との関連から検討されることが多い。筋系については、女性の最大筋力が男性の約60%から80%であるが、単位断面積あたりに換算した筋力や最大筋力に対する相対負荷を用いた筋持久力には性差のないことが報告されている（加賀谷、1982）。呼吸循環系については、女性の単位体重あたりの最大酸素摂取量が男性のおよそ79%であるが、除脂肪体重あたりに換算すると90.6%、単位筋重量あたりでは94.4%となり、性差が消失する（加賀谷、1982）。これらの報告は、筋系および呼吸循環系における男女間の能力には、本質的な差のないことを示唆している。

また、神経系の関与する反応時間については、局所動作では性差が認められず、体重の移動を要求される全身反応動作では、女子が男子に比較して遅延することが報告されている（山川、1978）。反復速度については、局所動作（tapping, stepping）では性差がなく、全身動作（side step）では女性は男性の約85%であり性差が認められている（山川、1978；加賀谷、1982）。このように神経系の関与する能力についても、筋力をあまり必要としない局所動作には性差が認められず、体重を荷物とする全身動作には性差が出現するようになる。しかしながら、この全身急速反復速度に関する性差について、運動学的な観点から詳細に検討した報告はこれまでになされていない。

一方、全身急速反復動作の side jump は、幼児にとって side step の動作が複雑であることなどから、幼児用のテストテスト・マニュアルを作成する必要性が指摘され（松井・勝部、1974、1975）、体育科学センター調整力委員会によって考案され、その実施要領と基準値が提示されている（体育科学センター、1976）。筆者ら（1994）は、この side jump の測定法を5歳から17歳の男子に応用し、全身反復動作である side jump 中に発揮した床反力の加齢的变化について検討した。その結果、全身急速反復動作の発達は、水平方向への力の発揮が増加するためキック角度が減少し、上方への重心移動の少ない切り換え動作になることを示唆してきた。

そこで本研究は、筆者ら（1994）が先に報告し

た男子の実験方法を用いて、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た加齢的变化について男子の値と比較し、全身急速反復動作における性差の出現要因を明らかに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：上腕背部と肩甲骨下部を皮下脂肪計で測定した合計値）および全身の急速反復動作である side jump を測定した。

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 の実施要領および先に報告した男子の測定要領に準拠した（体育科学センター、1976；筆者ほか、1994）。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閉脚の準備姿勢をとり、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閉脚の跳躍動作を交互にできる限り素早く行なわせた。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、その後のライン幅は5歳から11歳までの基準値が身長約3分の1であったことから、日本人の身長標準値の3分の1に設定した（東京都立大学身体適性学研究室編、1980）。

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）、鉛直分力と水平分力の最大値、力積の鉛直成分と水平成分を計測した。床反力の最大値および力積の加齢的变化については、体質量の影響を消去し、それぞれ加速度と速度（反復動作であるため力積の1/2の値を用いた）の単位に変換して検討した。また、キック角度は、力積の鉛直成分と水平成分から水平面を算出した。なお、男女間の統計処理については、t検定を用いて検討した。

## 【結 果】

### 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1秒あ

たりの反復頻度を算出した。女子の反復頻度は、11歳頃まで男子と同様に急激な増加をするが、その後は加齢に伴ってやや減少する傾向を示した。また、女子の反復頻度は、男子に比較して9歳を除く各年齢において小さな値を示し、8歳と10歳から16歳において0.1%から5%水準の有意な差が認められた (Fig. 1)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳が95.0%、11歳が93.4%、16歳では最小の82.6%を示した。

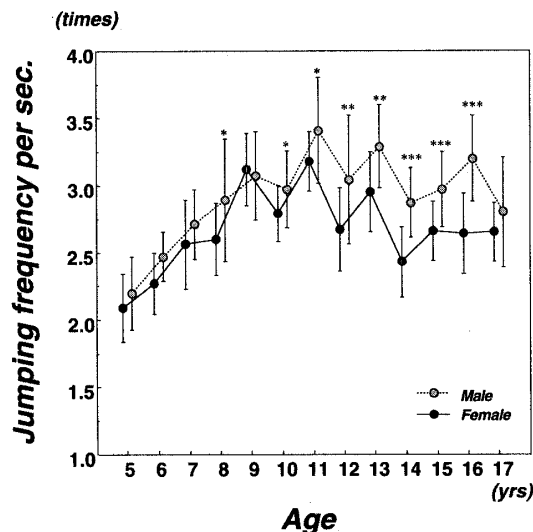


Fig. 1 Developmental changes of jumping frequency per sec.  
\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

## 2. 着床時間と離床時間

女子の着床時間は、11歳頃まで男子と同様に急激に短縮をするが、その後はやや長くなる傾向を示した。また、女子の着床時間は、男子に比較して9歳を除く各年齢において大きな値を示し、8歳、12歳から14歳、16歳において0.1%から5%水準の有意な差が認められた (Fig. 2)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で110.1%、11歳で101.6%、16歳では最大の122.5%を示した。

女子の離床時間は、11歳頃まで男子と同様に急激な短縮を示し、その後はやや長くなる傾向を示した。また、女子の離床時間は、男子に比較して各年齢とも大きな値を示し、6歳、10歳、11歳と13歳から16歳において0.1%から5%水準の有意な差が認められた (Fig. 3)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で100.3%、11歳で113.9%、16歳では最大の119.7%を示した。

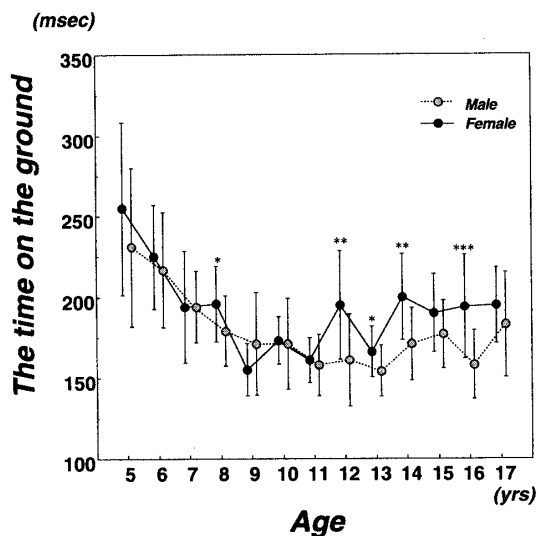


Fig. 2 Developmental changes of time on the ground.  
\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

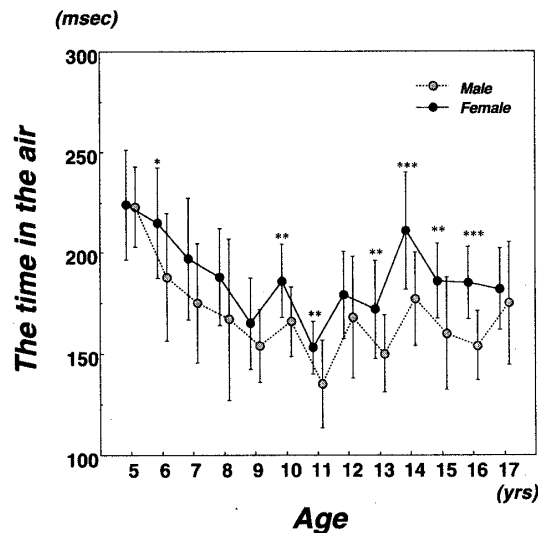


Fig. 3 Developmental changes of time in the air.  
\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

## 3. 重心の最大鉛直加速度と最大水平加速度

女子における重心の最大鉛直加速度は、加齢にともなう顕著な変化が認められず、男子と類似した傾向を示した。また、女子における重心の最大鉛直加速度は、男子に比較して各年齢ともやや低い値を示し、12歳と17歳に5%水準の有意な差が認められた (Fig. 4)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で92.2%、11歳で95.2%、17歳で91.8%を示した。

女子における重心の最大水平加速度は、13歳頃まで男子と同様に急激な増加を示したが、その後

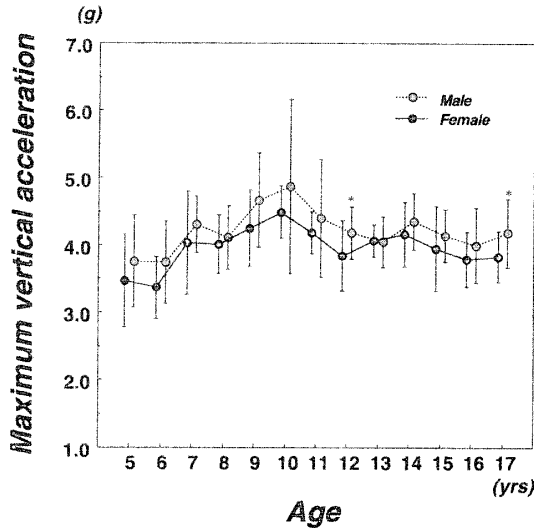


Fig. 4 Developmental changes of maximum vertical acceleration.

\*:  $p < 0.05$

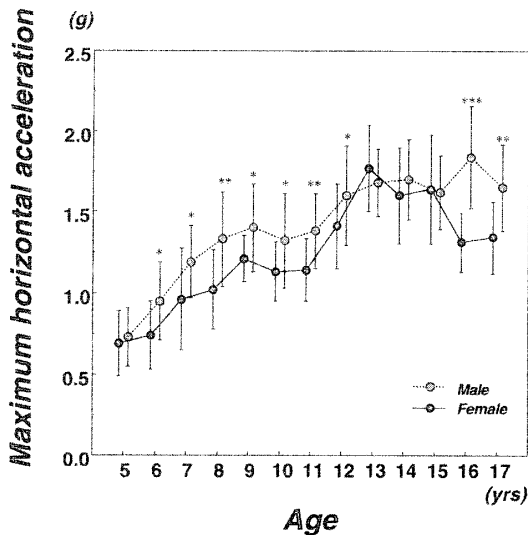


Fig. 5 Developmental changes of maximum horizontal acceleration.

\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

は加齢に伴って低くなる傾向を示した。また、女子におけ重心の最大水平加速度は、男子に比較して13歳と15歳を除く各年齢において低い値を示し、6歳から12歳、16歳と17歳において0.1%から5%水準の有意な差が認められた (Fig. 5)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で94.0%、13歳で105.3%、16歳では最小の71.1%を示した。

#### 4. 重心の鉛直速度と水平速度

女子における重心の鉛直速度は、9歳頃まで男子と同様に急激な減少を示したが、その後は加齢

とともに増加する傾向を示した。また、女子における重心の鉛直速度は、男子に比較して9歳を除く各年齢において大きな値を示し、10歳から17歳において0.1%から5%水準の有意な差が認められた (Fig. 6)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で103.5%、9歳で87.0%、16歳では最大の125.0%を示した。

女子における重心の水平速度は、11歳頃まで男子と同様にほぼ一定の値を示すが、その後15歳まで加齢とともに増加し、16歳と17歳では減少する傾向を示した。また、女子における重心の水

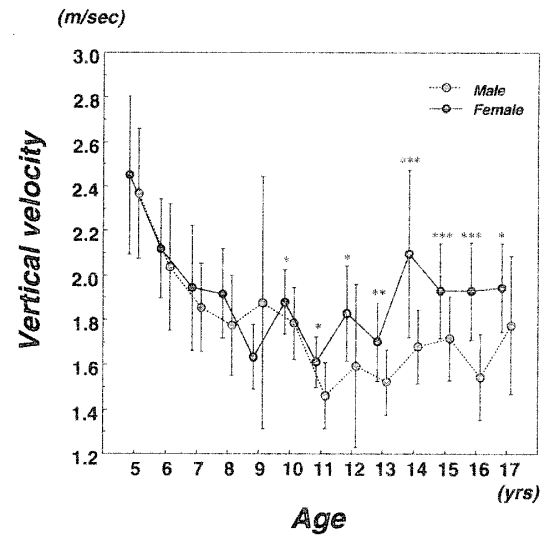


Fig. 6 Developmental changes of vertical velocity.

\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

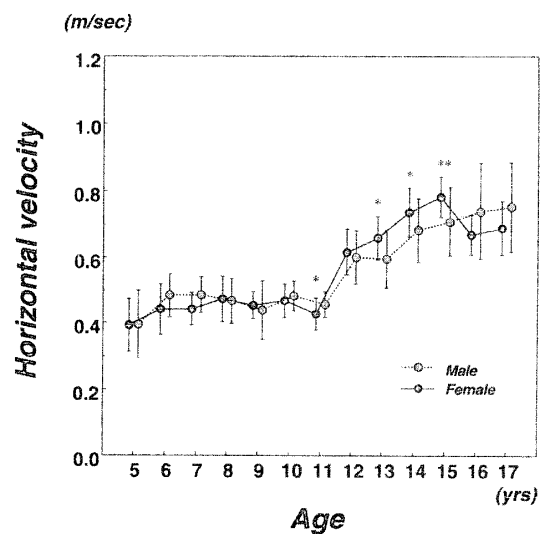


Fig. 7 Developmental changes of horizontal velocity.

\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$

平速度は、男子に比較して11歳において5%水準の有意な減少と13歳から15歳に1%から5%水準の有意な増加が認められた (Fig. 7)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で99.2%、11歳で93.6%、13歳では最大の110.6%を示した。

### 5. キック角度

女子のキック角度は、9歳頃まで男子と同様に急激な減少を示したが、その後は加齢にともなって増加する傾向を示した。また、女子のキック角度は、男子に比較して9歳を除く各年齢において大きな値を示し、10歳から17歳において0.1%から5%水準の有意な差が認められた (Fig. 8)。男子を基準とした女子の相対値は、5歳で100.4%、9歳で98.0%で、16歳では最大の104.9%を示した。

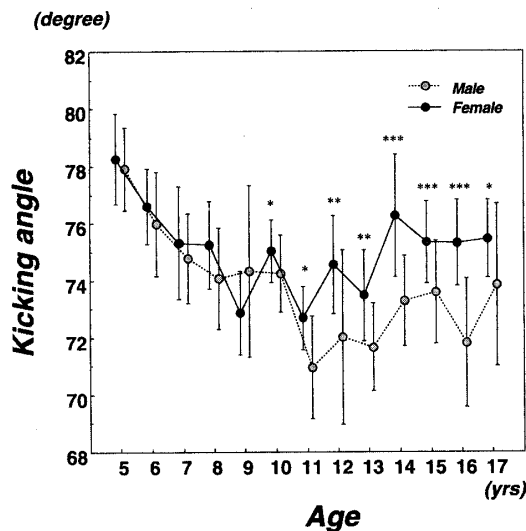


Fig. 8 Developmental changes of kicking angle.

\*:  $p < 0.05$  \*\*:  $p < 0.01$  \*\*\*:  $p < 0.001$

### 【論 議】

局所動作 (tapping, stepping) の反復速度については、これまでに反復頻度を指標とした加齢的变化 (浅見・渋川, 1975; 古屋, 1960; 徳山ほか, 1969, 河崎, 1944)、一般人と一流選手の比較 (矢部, 1973)、時間経過にともなう変化 (猪飼・山川, 1951, 1953)、トレーニング (金原ほか, 1968a, 1968b)、研究法 (西沢・浅見, 1978) および幼児と成人の動作比較 (大道ほか, 1983; 森下ほか, 1988) などが検討され、全身動作 (jump step test

と side step) については反復頻度を指標とした加齢的变化 (浅見・渋川, 1975)、測定時間の検討 (酒巻, 1974; 湯浅, 1985) および大学生の動作比較や心拍数の変化 (飯塚ほか, 1968) などが報告されている。また、幼児の全身急速反復動作の測定法である side jump については、様々なテスト間の成績を比較した測定法の検討、(浅見・渋川, 1975; 浅見ほか, 1976)、調整力を向上させるためのトレーニング効果の検討 (石河ほか, 1976; 松井ほか, 1976)、反復頻度と床反力の関係 (並木ほか, 1991) などが報告されている。筆者ら (1994) は、この side jump を5歳から17歳の男子に応用し、床反力曲線から全身急速反復動作の加齢的变化を検討した。その結果、全身急速反復動作は、加齢にともなって水平方向への力の発揮が増加し、このことがキック角度を減少させて上方への重心移動の少ない切り換え動作が可能となり、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を示唆してきた。

これまでに女子における反復横とびの回数は、18歳では男子の約86%になることが報告されている (山川, 1978)。しかしながら、全身反復速度における性差の出現要因に関する運動学的な検討は、これまでに見られない。そこで本研究は、先に報告 (筆者ほか, 1994) した男子の実験方法を用いて、女子の side jump 中に発揮される床反力を指標とした加齢的变化に注目し、全身急速反復動作における性差の出現要因について明らかにすることを試みた。

side jump における反復頻度については、幼児では男女間に有意差がないことが報告されている (川上ほか, 1982; 並木ほか, 1991)。本研究では、幼児に加えて7歳まで両者の間に有意な差が認められなかったことから、この頃は男女とも類似した発達過程を示すものと考えられる。しかしながら、11歳以降では男子の値がほぼ一定の値を維持するのに対し、本研究における女子の反復頻度は加齢とともに減少し、男女間には8歳と10歳から16歳に有意な差 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。これまでに、女子の side step の反復頻度が男子の約86%であることが報告されており (山川, 1978)、本研究における14歳以降における女子の相対値はこれと類似した値であり、side jump においても同様の結果を得た。

side jump における着床時間は、男子では11歳頃まで加齢とともに短縮し、その後変化しないこと

が報告されている（筆者ほか、1994）。本研究における女子の着床時間は、11歳頃までは男子とほぼ同じような値を示したが、その後の女子の着床時間は男子に比較して長くなり、男女間には8歳・12歳から14歳、16歳に有意な差（ $p < 0.001$ から $p < 0.05$ ）が認められた。また、離床時間については、男子が11歳頃まで加齢にともなって顕著に短縮し、それ以降はほぼ変化しないことが報告されている（筆者ほか、1994）。本研究における女子の離床時間の加齢的变化は、11歳頃まで男子と同様に急激に短縮し、その後は長くなる傾向にあった。また、女子の離床時間は、男子に比較して全年齢で大きな値を示し、男女間には6歳、10歳、11歳、13歳から16歳に有意な差（ $p < 0.001$ から $p < 0.05$ ）が認められた。これまでの肥満者と非肥満者における全身反応時間の検討では、反応開始時間には両者間に有意な差は認められないが、肥満者の動作時間は非肥満者に比較して過剰な脂肪が負荷となり、有意に長くなることが報告されている（北川、1984）。また、筆者ら（1988）は、16歳から18歳の男女136名の被検者を対象とした動作時間が皮下脂肪厚との間に5%水準（ $r = 0.2202$ ）、体脂肪率との間に1%水準（ $r = 0.2495$ ）有意な正の相関関係が認められたことを報告してきた。本研究における女子の皮下脂肪厚は、男子と比較して5歳を除いた各年齢において大きい値を示し、男子を基準とすると最大では16歳の218.4%の値を示した。従って、本研究結果における女子の着床時間と離床時間が長くなる要因については、体脂肪量の影響が大きいことが考えられ、この点についてさらに床反力からの検討を加えた。

side jump における最大鉛直加速度は、男子では加齢にともなう顕著な変化は認められないことが報告されており（筆者ほか、1994）、本研究における女子の最大鉛直加速度についても男子と同様に加齢に伴う顕著な変化は認められなかった。しかし、女子の最大鉛直加速度は、男子に比較して各年齢で低い値であり、12歳と17歳の男女間に有意な差（ $p < 0.05$ ）が認められ、女子の side jump 中に発揮される最大鉛直加速度は、男子に比較してやや小さくなる傾向を示した。一方、最大水平加速度については、男子では12歳頃まで加齢にともなう顕著に増加することが報告されている（筆者ほか、1994）。本研究における女子の最大水平加速度の加齢的变化は、13歳頃まで男子の結果と同様の傾向を示したが、その後は急激に減少した

値であった。また、女子の最大水平加速度は男子に比較して13歳を除いた各年齢で低い値を示し、6歳から12歳と16歳と17歳の男女間に有意な差（ $p < 0.001$ から $p < 0.05$ ）が認められ、女子の side jump 中に発揮される最大水平加速度は、男子に比較して著しく小さくなる傾向を示した。なお、各加速度の男子に対する女子の相対値は、最大鉛直加速度（全年齢の平均値：94.0%）に比較して最大水平加速度（86.5%）が小さく、女子では水平方向への力の発揮能力が特に低いことが示唆された。

本研究における鉛直速度は、男子では11歳頃、女子では9歳頃まで加齢にともなう顕著に減少したが、女子の10歳以降は男子に比較して有意に大きな値（ $p < 0.001$ から $p < 0.05$ ）を示した。また、水平速度については、男女とも加齢にともなう顕著な変化が認められなかった。この10歳以降に女子の鉛直速度が大きくなる原因については、最大鉛直加速度が小さい値を示したことから、着床時間の延長が関与している。これまでに矢部ら（1995）は、健康な女子大学生を対象として、被検者の腰部に体質量の0%、10%、20%の負荷を装着させた side jump を実施し、この負荷の増大に伴う床反力曲線の変化から、全身急速反復動作における負荷の影響について検討した。その結果、負荷の増加は、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、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明らかにした。従って、本研究における女子の急速反復動作では、体脂肪量の増加に伴う最大鉛直加速度や最大水平加速度の低下を補うために着床時間を長くすることによって、鉛直速度や水平速度を増加しているものと考えられる。

本研究では、さらに鉛直速度と水平速度を合成して求められたキック角度について検討を加えた。女子のキック角度は、10歳頃まで男子の結果と同様の傾向を示すが、その後は徐々に大きな値を示す傾向にあり、女子のキック角度は、男子に比較して9歳を除いた各年齢で大きい値を示し、10歳から17歳の男女間に有意な差（ $p < 0.001$ から $p < 0.05$ ）が認められた。このキック角度の増大は、男子を基準とした女子の水平速度の相対値（全年齢の平均値：99.3%）に比較して鉛直速度の相対値（109.3%）がより大きいことに起因している。このことから、女子の反復動作は、男子に比較し

て鉛直方向への重心移動が大きくなることによってキック角度が増大し、これが先に述べた離床時間を延長させる要因になっているものと考えられる。

なお、筆者ら (1998) は、5歳から17歳の健常な男子を対象に各年齢の反復速度の速い者と遅い者を抽出し、素早い切り換え動作における要因を身体重心から検討した。その結果、反復速度の遅い者は、着床時における身体重心の最低位置が低く、離床時の最高位置が高く、重心回りの下肢角速度が減少することによって、反復速度が低下することを明らかにしてきた。従って、女子の反復動作では、体脂肪量の増加に伴って全身急速反復速度の遅い者と同様の動作に変容していくことが推察される。

以上の結果は、女子の全身急速反復動作が1) 鉛直方向に比較して水平方向への力の発揮能力が著しく低下していること、2) 鉛直速度と水平速度を増加させるために着床時間が長くなること、3) キック角度の増加によって離床時間が長くなることなどの要因によって、低下することを示唆し、この性差の背景には女子の体脂肪量の増加が関与しているものと考えられる。

## 【要 約】

本研究は、女子の side jump 中に発揮された床反力曲線を指標とした加齢的变化について男子の値と比較し、全身急速反復動作における性差の出現要因を明らかに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)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、鉛直分力と水平分力の最大値、力積の鉛直成分と水平成分を計測し、力積の鉛直成分と水平成分を合成してキック角度を算出した。床反力の最大値および力積の加齢的变化については、体質量の影響を消去し、それぞれ加速度と速度(反復動作であるため力積の1/2の値を用いた)の単位に変換して検討した。

女子の反復頻度は、11歳頃まで男子と同様に増加するが、その後はやや減少し、男女間には8歳

と10歳から16歳に有意な差 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。女子の着床時間は、11歳頃まで男子と同様に短縮するが、その後は長くなり、男女間には8歳・12歳から14歳、16歳に有意な差 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。女子の離床時間は、11歳頃まで男子と同様に短縮するが、その後は長くなり、男女間には6歳、10歳、11歳、13歳から16歳に有意な差 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。女子の最大鉛直加速度は、加齢にともなう顕著な変化は認められず、12歳と17歳の男女間に有意な減少 ( $p < 0.05$ ) が認められた。女子の最大水平加速度は、13歳頃まで男子と同様に増加するが、その後は減少し、男女間には6歳から12歳、16歳と17歳に有意な減少 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。女子の鉛直速度は、9歳頃まで男子と同様に減少し、その後は増加し、男女間には10歳から17歳に有意な差 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。女子の水平速度は、11歳頃まで男子と同様にはほぼ一定の値であるが、その後は増加し男女間には11歳に有意な減少 ( $p < 0.05$ ) と13歳から15歳に有意な増大 ( $p < 0.01$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。女子のキック角度は、9歳頃まで男子と同様に減少するが、その後は増加し、男女間には10歳から17歳に有意な差 ( $p < 0.001$  から  $p < 0.05$ ) が認められた。

以上の結果は、女子の全身急速反復動作が1) 鉛直方向に比較して水平方向への力の発揮能力が著しく低下していること、2) 鉛直速度と水平速度を増加させるために着床時間が長くなること、3) キック角度の増加によって離床時間が長くなることなどの要因によって低下することを示唆し、この性差の背景には女子の体脂肪量の増加が関与しているものと考えられる。

## 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協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

- 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.  
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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 加賀谷淳子 (1982) 身体運動と女性. 宮下充正・石井喜八 (編) 新訂運動生理学概論. 大修館書店: 東京, pp. 263-268.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 北川薫: 肥満者の体力. 杏林書店, 肥満者の脂肪量と体力: 73-102, 1984.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 酒巻敏夫 (1974) 敏捷性測定法の検討. 体育の科学 24: 250-252.
- 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.
- 徳山 廣・荒木 勉・藤坂 弘・三野 耕・辻野昭 (1969) 急速反復動作 (ステップング) の年齢別並びに性別変化について. 体育学研究 13(5): 124.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 (1998) 身体重心からみた全身の急速反復動作の発達. 東海保健体育科学 20: 57-66.
- 脇田裕久・八木規夫・長井健二・矢部京之助 (1988) 動作前 silent period の現率について―第7報身体特性の影響―. 三重大学教育学部研究紀要 (自然科学) 39: 35-45.
- 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. 84-107.
- 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.
- 山川純 (1978) 女性とスポーツ. 石河利寛・松井秀治 (編) スポーツ医学. 杏林書院: 東京, pp. 163-175.