

# 中学生女子および高校生女子における室内50mスプリント走の特徴：加速区間，中間疾走区間に着目して

宮崎 俊彦<sup>1</sup>，田中 昭憲<sup>1</sup>，竹田 安宏<sup>2</sup>

## Characteristics of sprint parameters in indoor 50m sprint in female athletes at junior high and high school: A focus on the acceleration and middle-run sections

Toshihiko Miyazaki<sup>1</sup>, Akinori Tanaka<sup>1</sup>, Yasuhiro Takeda<sup>2</sup>

### Abstract

This study investigated the difference between the characteristics of female junior high school and high school athletes in the indoor 50 m sprint. The subjects of this study were 31 and 20 female junior high school and high school students, respectively, associated with their schools' respective track and field clubs. They were divided into three groups on the basis of their 50 m sprint record (20 students in the high school group [HSG], 13 junior high school students in the higher group [JHG], and 18 junior high school students in the lower group [JLG]).

We evaluated their contact time, flight time, step length, step frequency in 0-10 m and 35-45 m sections, and running power (RSSMP). The correlation coefficient ( $r$ ) between 50 m sprinting record and maximum running speed was 0.977 ( $p < 0.01$ ). The HSG had higher speed increments than the lower group in the 0-10 m section, and their RSSMP was highest among the three groups. The correlation coefficient ( $r$ ) between maximum running speed and RSSMP was 0.685. The HSG achieved higher step frequency and shorter contact time than JLG; this group also had a higher running speed in the 35-45 m section. Stride length in the 35-45 m section was longer in the HSG than in the JLG.

From these results, it is considered that the HSG not only moved horizontally with shorter contact time compared to the lower group but also increased their running speed.

**key words:** step length, step frequency, flight time, contact time

### 緒言

一般女子において中学生以降，疾走速度の増加は起こらないといわれている（宮丸，2001）。その理由として，中学生になると女子は男子に比べてローレル指数が高くなる影響で疾走能力の停滞がおこることが報告されている（加藤，2001a）。また，女子の疾走動作の特徴として，

男子に比べて重心の鉛直方向の変位が大きく，接地時間が長いことが報告されている（加藤ほか，1994）。さらに，伊藤（1999）は女子選手の支持期の特徴として，支持脚の膝の屈曲，伸展が起こり，重心が鉛直方向へ大きく移動し，結果として滞空時間が長くなることを指摘している。また，田村ほか（2019）は，女子選手はかかと着地が多く，支持脚の膝を伸展させて疾走速度を高めている

1. 北海学園大学  
〒062-8605 札幌市豊平区旭町4丁目1番40号
2. 北海道札幌南高等学校  
〒064-8611 札幌市中央区南18条西6丁目1-1

著者連絡先 宮崎 俊彦  
jhqq231@yahoo.co.jp

1. Hokkai Gakuen University  
1-40, Asahi-machi-4-chome, Toyohira-ku, Sapporo 062-8605
2. Hokkaido Sapporo Minami High School  
1-1, Minami 18-jyo Nishi 6-chome, Chuo-ku, Sapporo 064-8611

のに対し、男子は支持脚の膝関節角度を変えずに疾走速度を高めている傾向があることを報告している。これはかかと着地がおこると下腿三頭筋が引き伸ばされないため、下腿三頭筋の伸張—短縮サイクルを使えず、その代償として膝伸展を行っていると考えられている。一方で、伊藤（1999）は女子選手に対し、支持期の膝と足首が曲がらないようにトレーニングした結果、疾走速度が向上したことを報告している。このように女子の疾走の特徴をつかみ、トレーニングを実施することは疾走速度を改善するために必要である。

ところで、積雪地の中学生や高校生の短距離選手にとって、冬期に屋外で疾走トレーニングを実施することは、積雪寒冷の影響のために困難である。そのため、室内での体力トレーニングや疾走トレーニングについて、様々な工夫が行われてきている（竹田, 1988; 竹田ほか, 1980）。その工夫の一つとして、宮崎ほか（2011）は学校の廊下を使用して、負荷牽引走による簡便な疾走パワーの測定法を開発した。それにともない、最大疾走速度、ピッチやストライドの測定に基づいた練習方法の提言をしている。また、疾走動作特徴を把握するための従来のビデオ撮影では10m程度の区間の疾走動作を撮影するために46m側方から撮影する必要があるが（豊嶋ほか, 2018）、廊下は狭いためその方法をとることができない。そのため、積雪地方において疾走動作の特徴を知るには、独自の方法を考える必要があった。宮崎ほか（2016）は、室内50mスプリント時の最大疾走速度、ピッチ、ストライドを測定する方法を考案し、最大疾走パワーとの関連性も含め、男子中学生と高校生の陸上競技選手の特徴を報告している。それによると、高校生は中学生よりも最大疾走パワーが高く、0-20m区間の疾走速度変化量が大きく、0-10m区間の滞空時間と接地時間が共に短く、ストライドには有意差がみられなかった。また、高校生が中学生よりも滞空時間が短く、加えて短時間の接地時間で中学生と同じ長さのストライドを得ていたことから、両者のスタート直後の疾走動作には技術的な違いがあり、高校生は身体重心をより水平方向へ移動させていることが示唆された。冬期に廊下でトレーニングを行う女子に、宮崎ほか（2016）の方法を使えば、女子選手に対してもその資料を参考にトレーニング中の課題を把握することができ、さらにパワーとの関連を検討することはトレーニングを改善していく有効な手段選択の参考になると考えられる。

以上の点から本研究は、中学校と高校で陸上競技部に所属する女子短距離選手を対象に、廊下での50m走を実施し、その時の加速区間と中間疾走区間のストライド、ピッチ、接地時間および滞空時間を走能力の異なる中学生および高校生の間で横断的に比較検討することを目的とした。加えて、牽引による最大疾走パワーの測定も実施し、50m走の測定項目との関連性を確認した。得られた結果から冬期トレーニングへの基礎資料の提供ができ

るよう検討した。

## 方 法

### 1. 被験者

被験者は陸上競技部に所属する中学生女子31名、高校生女子20名（以下、高校女子群）であった。被験者には、1週間以内に測定結果についての説明会を開催することと、測定で得られたデータについては匿名化して公開することの同意を得た。

中学生、高校生の女子の走能力の発達を検討する場合、縦断的研究が適切であるが、進学先の高校が異なるため、中学生から高校生の追跡調査が困難である。そのため、今回は横断的な研究を行った。また、本研究の中学生の被験者は、50m疾走記録のばらつきが大きかったため、中学生女子は50m走記録の平均値を基準に、中学上位と中学下位の2群に分けた。その結果、各群の人数は、高校女子群20名、中学上位群13名、および中学下位群18名であった。

### 2. 測定期間

測定期間は2012年12月から2018年の12月までの冬期間（12月から3月）であった。測定年と学年ごとの人数を表1に示した。

### 3. 測定環境

測定に対する学校施設の使用に関しては、当該学校の管理職の承諾を得た。

測定はA校、B校の2つの学校の廊下で行った。測定に使用した廊下の長さは73mと100mであった。50mの走路は、選手のゴール後の安全を確保するために、ゴールラインから壁までの距離を最低でも12m以上とり、走高跳用のマットを壁に立てかけた。また、スタートラインは、レーザー速度測定器を設置するために、壁から10m以上離れた位置に設定した。

### 4. 測定項目

#### 1) 50m走の最大疾走速度の測定

被験者にはトレーニングシューズを着用させた。パネル木材に固定したスターティングブロックを設置し、50mの全力疾走を行わせた。ピストル音により光電管

表1 測定年ごとの被験者の学年別人数

| 測定年  | 中学1年生 | 中学2年生 | 高校1年生 | 高校2年生 | 計  |
|------|-------|-------|-------|-------|----|
| 2012 | 4     | 5     |       | 2     | 11 |
| 2013 | 4     | 1     | 2     | 4     | 11 |
| 2014 |       | 1     | 3     | 2     | 6  |
| 2016 | 2     | 1     | 3     |       | 6  |
| 2017 | 3     |       | 2     | 2     | 7  |
| 2018 | 8     | 2     |       |       | 10 |
| 計    | 21    | 10    | 10    | 10    | 51 |

(Speed Trap II, Brower Timing Systems社製) を作動させ、10m, 20m, 30m, 40m および 50m の地点タイムを測定した。レーザー式速度測定器 (LDM300C SPORT, JENOPTIK 社製) を用いて疾走速度曲線を描き、そこから最大疾走速度、最大疾走速度に到達した距離 (最大疾走速度到達距離) を特定した。本研究では 50m 走中の疾走速度変化量が 0 以下になることにより、最大疾走速度に達していると判断した。

また、50m 走においては 5 m 毎に分析地点を特定し、次の 5 m 地点の速度との差をもとめ 5 m 毎の疾走速度変化量を求めた。

## 2) 加速区間と中間疾走区間の測定

1) の測定と同時に、0–10m 区間と 35–45m 区間のピッチおよびストライドを測定した。被験者には、50m 走を 2 回走らせた。1 回目は加速局面である 0–10m 区間、2 回目は中間疾走局面として 35–45m 区間に光センサー (Microgate 社) を設置し、1 歩毎の接地時間、滞空時間、ストライドを測定し、疾走速度およびピッチを算出した。本研究における「1 歩目」とは、光センサー内に接地した 1 歩目のことである。

## 3) 牽引による最大疾走パワーの測定

疾走パワーの算出は宮崎ほか (2011) の方法を用いた。負荷となる重りの動摩擦力は、予め握力計 (グリッピー A スメドレー式、竹井機器社、検定済み) を用い計測した。木枠の中にバーベルプレートを入れたものを速度 0.5m/秒で牽引し、4 か所 (2.5m, 7.5m, 12.5m, 17.5m 地点) において握力計にかかる力を測定した。このような測定を、5 種類の負荷 (10kg, 20kg, 30kg, 60kg, 80kg) で行った。

中学生女子には 50m 走 (0%) と、牽引負荷が体重の 15% および 35% (高校生女子の被験者には 20% および 40%) となる 30m の牽引走を、それぞれ 1 本ずつ行った。そして、各試技の最大疾走速度と牽引負荷との積を疾走パワーとした。力-速度関係は多関節の場合には曲線ではなく直線になることが分かっている (石井, 1999)。そのため、体重の 0%, 15%, 35% の (高校生女子の場合には 0%, 20%, 40%) 負荷に対する疾走速度 3 点から回帰直線を求め、外挿して負荷に対するパワーを求めた。求めた疾走パワーと負荷との関係から「力-パワー曲線」を作成し、最大パワー値、最大負荷量 (疾走速度 0m/秒の負荷量 ( $N$ )) を求めた。

## 4) 0–10m 区間と 35–45m 区間のかかと着地の観察

選手の参考ビデオとして、50m 走の 0–10m 区間、35

–45m 区間の選手を撮影した。ビデオはデジタルカメラ (casio, exZR1100) によって 240fps で撮影した。ビデオの設置は撮影区間の侵入側約 50cm 側方に、進行方向に向けてビデオカメラを設置した。そして、0–10m 区間、35–45m 区間の被験者の接地場面を撮影できるように設定した。かかと着地の判断基準は、ビデオのコマ送り画像を観察し、足裏が接地した瞬間の画像で、かかとが着地しており、かつ、つま先が上がっている場合にかかと着地とした。さらに、ビデオ撮影した 10m 区間内で、連続して 2 歩以上のかかと着地があった場合をかかと着地の選手と特定した。なお、中学下位群の 2 名についてはビデオ撮影ができなかったため、この分析からは除外した。

## 5. 統計処理

統計処理はエクセル統計 (BellCurve 社) を用いた。身体特性、50m 走記録、最大疾走速度および最大疾走パワーに関係する指標については、高校女子群、中学上位群、および中学下位群の比較では一元配置分散分析を行い、有意差がみられた場合は、多重比較 (Scheffe 法) を用いて検討を行った。5 m 毎の疾走速度変化量については二元配置分散分析 (学群、区間) を用い 1% 水準で有意差を判定した。交互作用が認められた場合には、それぞれの要因の単純主効果の検定を行った。

0–10m 区間と 35–45m 区間のストライド、滞空時間、接地時間、ピッチ [ $1 / (\text{滞空時間} + \text{接地時間})$ ]、および走速度 (ストライド  $\times$  ピッチ) の各指標については二元配置分散分析 (群  $\times$  歩数) を行い、交互作用がみられなかった場合、主効果の検定を行い、多重比較 (Scheffe 法) を行った。相関係数についてはピアソンの積率相関係数を用いた。有意水準はいずれも 5% 未満とした。

0–10m 区間、35–45m 区間のかかと着地の有無について独立性の検定 ( $\chi^2$  検定) を用いて検討した。

また、男子の最大疾走パワーと最大疾走速度 (宮崎ほか, 2016) と、本研究の女子の最大疾走パワーと最大疾走速度との回帰式が同一かどうかを検討するために男子と女子の共分散分析を行った。

## 結 果

### 1. 体格、50m 走記録、および最大疾走パワーについて

表 2 に被験者の身体特性と、50m 走記録、および最大疾走速度到達距離、表 3 に最大疾走速度、最大疾走パ

表 2 身体特性と 50m 走記録

|      | 人数 | 身長 (cm)     | 体重 (kg)    |   | B M I        |    | 50m 走記録 (秒) |    | 最大疾走速度到達距離 (m) |   |
|------|----|-------------|------------|---|--------------|----|-------------|----|----------------|---|
| 高校   | 20 | 160.1 ± 4.7 | 51.6 ± 2.4 | a | 19.94 ± 0.87 | cd | 7.87 ± 0.32 | ab | 33.5 ± 4.84    | d |
| 中学上位 | 13 | 156.3 ± 5.5 | 46.0 ± 4.2 |   | 18.78 ± 0.69 |    | 8.15 ± 0.31 |    | 30.3 ± 7.57    |   |
| 中学下位 | 18 | 156.3 ± 3.8 | 45.8 ± 4.1 |   | 18.72 ± 1.35 |    | 9.10 ± 0.36 |    | 25.3 ± 4.88    |   |

平均値  $\pm$  標準偏差 a: 高校 v.s. 中学上位・中学下位, b: 中学上位 v.s. 中学下位, ( $p < 0.01$ )  
c: 高校 v.s. 中学上位 ( $p < 0.05$ ) d: 高校 v.s. 中学下位 ( $p < 0.01$ )



表3 最大疾走速度および最大疾走パワーに関する指標

|      | 人数 | 最大疾走速度(m/秒)    | 最大疾走パワー (w)    | 最大疾走パワー / 体重 (w/kg) | 最大負荷量 (N)      |
|------|----|----------------|----------------|---------------------|----------------|
| 高校   | 20 | 7.54 ± 0.30 ab | 626.2 ± 66.7 a | 12.1 ± 1.3 a        | 337.3 ± 30.7 a |
| 中学上位 | 13 | 7.21 ± 0.32    | 487.0 ± 62.2   | 10.6 ± 0.9          | 273.5 ± 29.2   |
| 中学下位 | 18 | 6.44 ± 0.21    | 462.7 ± 77.0   | 10.1 ± 1.5          | 283.8 ± 39.2   |

平均値±標準偏差 a: 高校 v.s. 中学上位・中学下位, b: 中学上位 v.s. 中学下位, ( $p < 0.01$ )

ワンの絶対値と体重当たりの相対値, および最大負荷量について被験者の特徴を示した。身長には群間に有意差 [ $F(2, 48) = 4.058, p < 0.01$ ] がみられたが, 多重比較では有意差はみられなかった。体重には群間差 [ $F(2, 48) = 16.474, p < 0.001$ ] がみられた。多重比較の結果, 高校女子群は中学上位群・中学下位群より大きな値を示した ( $p < 0.01$ )。BMIには群間差 [ $F(2, 48) = 8.358, p < 0.001$ ] がみられた。多重比較では高校女子群は中学上位群より高い値を示し ( $p < 0.05$ ), 高校女子群は中学下位群より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。

50m走記録には群間差 [ $F(2, 48) = 68.515, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果, 中学上位群は中学下位群に比較して低い値を示し ( $p < 0.01$ ), 高校女子群は中学上位群に比較して低い値を示した ( $p < 0.01$ )。また, 最大疾走速度到達距離について3群の値を比較すると, 高校女子群  $33.48 \pm 4.84\text{m}$ , 中学上位群  $30.33 \pm 7.57\text{m}$ , 中学下位群  $25.29 \pm 4.88\text{m}$  となり, 分散分析の結果, 群間差 [ $F(2, 48) = 9.940, p < 0.01$ ] が認められた。多重比較を実施した結果, 高校女子群の値は中学下位群よりも有意に長かった ( $p < 0.01$ )。なお, 被験者全体の最大疾走速度到達距離の平均値は,  $29.79 \pm 6.62\text{m}$  であった。

最大疾走速度には群間差 [ $F(2, 48) = 75.378, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果, 高校女子群は中学上位群・中学下位群より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。中学上位群は中学下位群より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。

最大疾走パワーには群間差 [ $F(2, 48) = 30.043, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果, 高校女子群は中学上位群・中学下位群より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。体重あたりの最大疾走パワーには群間差 [ $F(2, 48) = 12.434, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果, 高校女子群は中学上位群および, 中学下位群より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。最大負荷量には群間差 [ $F(2, 48) = 18.414, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果, 高校女子群は中学上位群および中学下位群より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。

被験者全員を対象に, 最大疾走速度と50m走記録 (図1), 最大疾走パワー (図2) および最大疾走速度到達距離 (図3) の相関関係を示した。いずれも高い相関係数が得られた。

最大疾走速度と最大疾走パワーの関係について男女の回帰式の検定を行った。宮崎ほか (2016) の男子と本研究の女子を合わせた男女の共分散分析の結果, 交互作用はなく [ $F(1, 81) = 0.129, \text{n.s.}$ ], 性別について有意差はみられなかった [ $F(1, 82) = 0.018, \text{n.s.}$ ]。そこで,

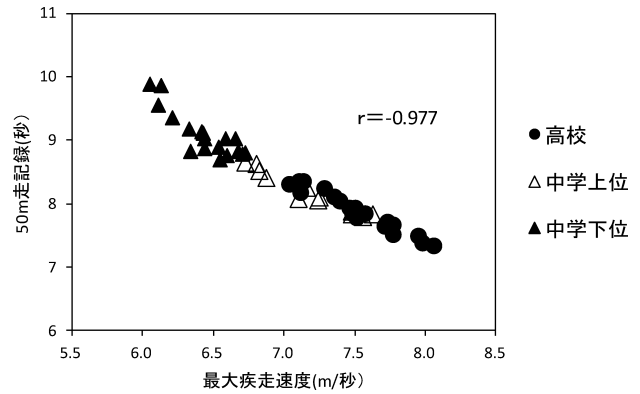


図1 最大疾走速度と50m走記録との相関関係

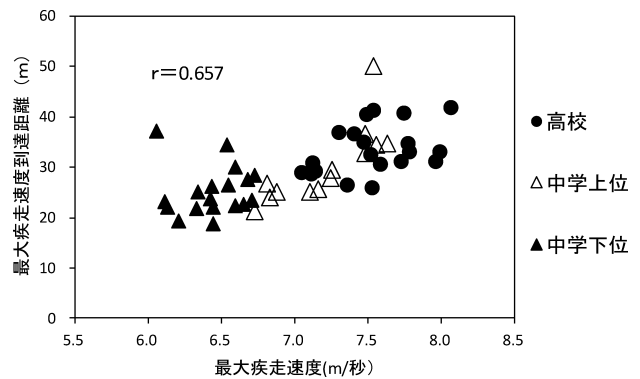


図2 最大疾走速度と最大疾走到達距離との相関関係

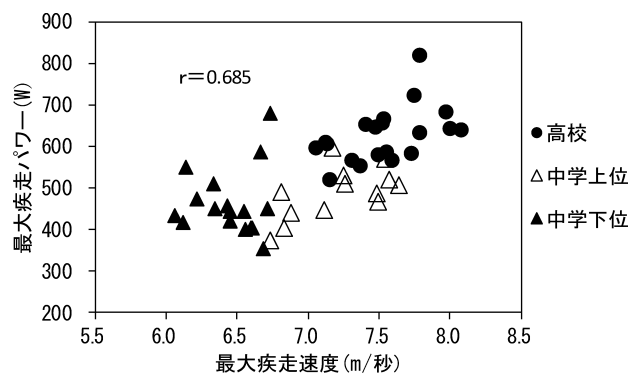


図3 最大疾走速度と最大疾走パワーとの相関関係

男女を合わせたデータに回帰性の検定を行ったところ有意な結果 [ $F(1, 82) = 148.25, P < 0.01$ ] であった。

## 2. 区間疾走速度変化量および, 視察によるかかと着地の人数について

図4に5m毎に疾走速度変化量の結果を示した。高校女子群, 中学上位群, および中学下位群の学群と区間において分散分析を行ったところ交互作用が認められた。

[ $F(18, 480) = 12.951, p < 0.01$ ]. 交互作用の解釈のため、それぞれの要因の単純主効果の検定を行った。0–25m 区間までは前の区間と有意差がみられた ( $p < 0.01$ )。多重比較の結果、0–5m 区間の疾走速度変化量では高校女子群は中学上位群よりも多く、中学上位群は中学下位群よりも多かった ( $p < 0.01$ )。5–10m 区間の疾走速度変化量は高校女子群と中学上位群は中学下位よりも多かった ( $p < 0.01$ )。10–15m 区間と15–20m 区間および20–25m 区間の疾走速度増加量について高校女子群は中学下位群よりも多かった。

図5に各区間疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数、および各区間疾走速度変化量と最大疾走速度との相関係数を示した。各区間疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数0–5m 区間では中学下位群のみ負の相関係数が得られた。5–10m 区間では有意な相関係数が得られなく、中学下位群のみ相関係数が  $r = 0.411$  ( $p = 0.1$ ) であった。10–15m 区間は高校女子群と有意ではなかったが中学上位群に高い相関係数がみられた。それ以降は有意な相関係数はどの群にもみられなかった。各区間疾走速度変化量と最大疾走速度との相関係数では0–5m 区間ではどの群も相関係数は  $r = 0.7$  以上あったが、次の5–10m 区間では中学上位・中学下位群は有意水準に達せず、10–15m 区間で有意水準に戻る変化を示

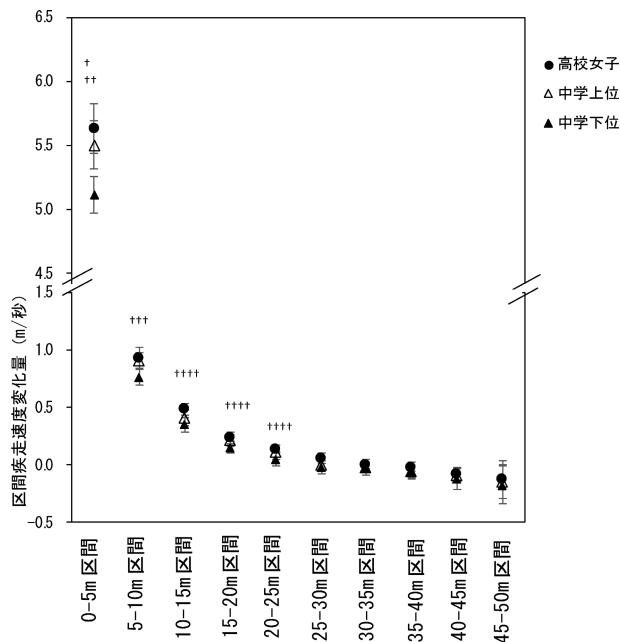


図4 5m区間毎の疾走速度変化量  
†: 高校女子 v.s. 中学上位・中学下位, ††: 中学上位 v.s. 中学下位,  
†††: 高校女子・中学上位 v.s. 中学下位, ††††: 高校上位 v.s. 中学下位 それぞれ  $p < 0.01$

表4 かかと着地の選手数

| 0–10m 区間 | 高校 | 中学上位 | 中学下位 | 合計 |
|----------|----|------|------|----|
| あり       | 2  | 2    | 9    | 13 |
| なし       | 18 | 11   | 7    | 36 |
| 合計       | 20 | 13   | 16   | 49 |

中学下位群の2名はビデオ撮影ができなかったため、中学下位群の合計は16名になっている。

した。

表4に0–10m 区間、35–45m 区間のかかと着地の選手の人数を示した。両区間とも独立性の検定を行ったところ有意差がみられた ( $p < 0.01$ )。両区間ともかかと着地の人数が中学下位群において一番多く、中学上位群、高校女子群の順に少なかった。学群とかかと着地の人数とは関連していた。

### 3. 0–10m区間について

光センサーの0–10m 区間の疾走速度とストライド、およびピッチに関わる測定値の変化を図6に示した。

疾走速度について交互作用はなく、群間については有意差 [ $F(2, 288) = 13.952, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果、高校女子群および中学上位群は中学下位群に対して高い値を示した ( $p < 0.01$ )。歩数については歩数間に有意差 [ $F(5, 288) = 126.048, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果、1歩目から4歩目までの歩数毎の疾走速度は、その1歩前の疾走速度より高い値を示した ( $p < 0.01$ )。

ストライドについて交互作用はみられず、学群間については有意差 [ $F(2, 288) = 4.466, p < 0.05$ ] がみられた。多重比較の結果、高校女子群は、中学下位群よりも短い値を示した ( $p < 0.05$ )。歩数間については有意差 [ $F(5, 288) = 78.311, p < 0.01$ ] がみられた。多重比較の結果、

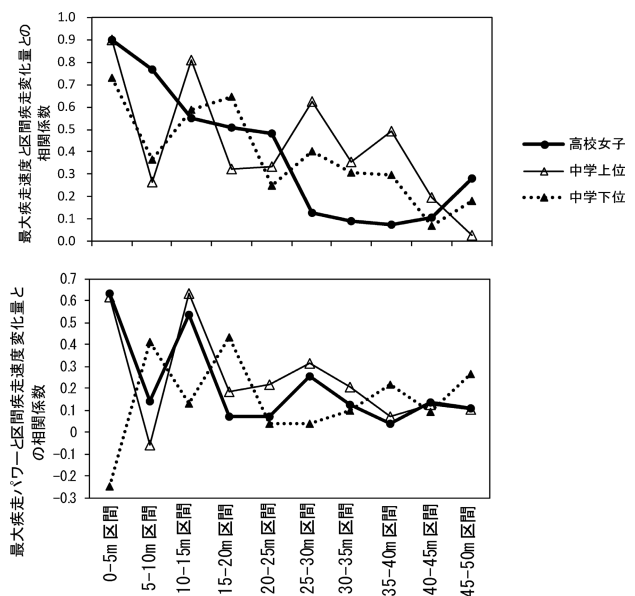


図5 最大疾走パワーと区間疾走速度変化量との相関係数 (上図)  
最大疾走速度と区間疾走速度変化量との相関係数 (下図)  
高校群、中学上位群、中学下位群の相関係数の有意点 ( $p < 0.05$ )  
は  $r = 0.361, r = 0.553, r = 0.468$

| 35–45m 区間 | 高校 | 中学上位 | 中学下位 | 合計 |
|-----------|----|------|------|----|
| あり        | 2  | 2    | 13   | 17 |
| なし        | 18 | 11   | 5    | 34 |
| 合計        | 20 | 13   | 18   | 51 |

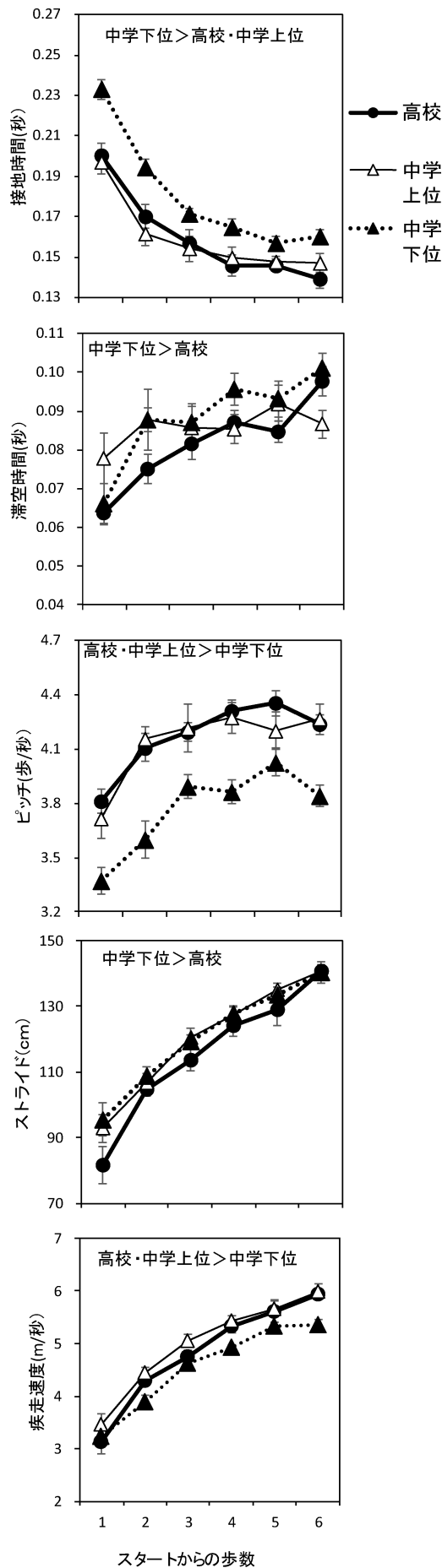


図6 0-10m 区間の測定結果

1歩目より2歩目, 2歩目より3歩目のストライドが長い値を示した ( $p<0.01$ ). それ以降は次の歩数のストライドより有意に大きくなることはなかった. また, 3歩目と5歩目, 4歩目と6歩目との間には, ストライドに有意差がみられた ( $p<0.01$ ).

ピッチについて交互作用はなく, 群間については有意差 [ $F(2, 288) = 54.421, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 高校女子群と中学上位群は中学下位群に対して高い値を示した ( $p<0.01$ ). 歩数については, 歩数間に有意差 [ $F(5, 288) = 21.468, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 1歩目とすべての歩数に有意差がみられた ( $p<0.01$ ). また, 2歩目と5歩目に有意差がみられた ( $p<0.01$ ).

滞空時間について交互作用はなく, 群間については有意差 [ $F(2, 288) = 4.193, p<0.05$ ] がみられた. 多重比較の結果, 高校女子群は中学下位群より短い値を示した ( $p<0.05$ ). 歩数間については有意差 [ $F(2, 288) = 12.348, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 1歩目は他の歩数と比べて有意に短い値を示し ( $p<0.01$ ), 2歩目は6歩目と比べ有意に短い値を示した ( $p<0.01$ ).

接地時間について交互作用はみられなかった. 群間については有意差 [ $F(2, 288) = 37.879, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 高校女子群と中学上位群は中学下位群より短い値を示した ( $p<0.01$ ). 歩数間については有意差 [ $F(5, 288) = 70.397, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 1歩目は他の歩数と比べて有意に長い値を示した ( $p<0.01$ ). 2歩目は3・4・5・6歩目と比べ長い値を示した ( $p<0.01$ ).

#### 4. 35-45m 区間について

図7に35-45m区間の疾走速度とストライド, およびピッチに関わる測定値の結果を示した. 35-45m区間の疾走速度については群間と歩数の間に交互作用はみられなかった. 群間には有意差 [ $F(2, 192) = 112.189, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 高校女子群と中学上位群は中学下位群に比べ高い値を示した ( $p<0.01$ ). 歩数については [ $F(3, 192) = 0.5381, p=0.656$ ] で有意差はみられなかった.

ストライドは群間と歩数の間に交互作用はみられなかった. 群間について有意差 [ $F(2, 192) = 6.509, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 高校女子群は中学校下位群と比べて大きい値を示した ( $p<0.01$ ). 歩数間については [ $F(3, 192) = 0.245, p=0.864$ ] で有意差がみられなかった.

ピッチは群間と歩数の間に交互作用はみられなかった. 群間について有意差 [ $F(2, 192) = 69.888, p<0.01$ ] がみられた. 多重比較の結果, 高校女子群と中学上位群は中学下位群より高い値を示した ( $p<0.01$ ). 歩数については [ $F(3, 192) = 1.681, p=0.173$ ] で有意差はみられなかった.

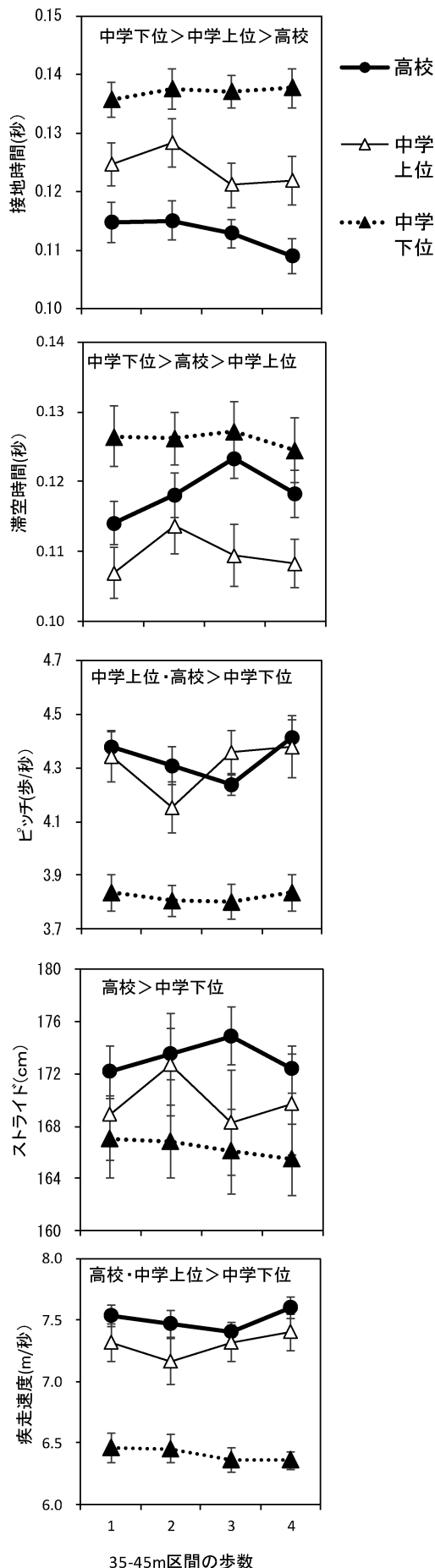


図7 35-45m 区間の測定結果

滞空時間は群間、歩数間の交互作用はみられなかった。群間について有意差 [F (2, 192) =16.367,  $p<0.01$ ] がみられた。多重比較の結果、高校女子群と中学上位群は中学下位群より低い値を示した ( $p<0.01$ )。高校女子群は中学上位群より長い値を示した ( $p<0.01$ )。歩数については [F (3, 192) =0.733,  $p=0.533$ ] で有意差はなかった。

接地時間は群間、歩数間の交互作用はみられなかった。群間について有意差 [F (2, 192) =56.654,  $p<0.01$ ] がみられた。多重比較の結果、高校女子群と中学上位群は中学下位群に対して短い値を示した ( $p<0.01$ )。また、高校女子群は中学上位群よりも短い値を示した ( $p<0.01$ )。歩数については [F (3, 192) =0.868,  $p=0.474$ ] で有意差はみられなかった。

## 考 察

### 1. 最大疾走速度と50m走記録、最大疾走速度到達距離および最大疾走パワーの関係

学校の廊下で測定した50m走記録と最大疾走速度は、高い相関係数が得られた (図1)。廊下であっても最大疾走速度を高めることによって走記録が向上することが推察される。最大疾走速度が出現する最大疾走速度到達距離は被験者全体で平均  $29.79 \pm 6.62$  m 地点であった。最大疾走速度に至るまでの加速区間の練習を、冬期に廊下で実施するためには、安全のための減速区間も考慮して、最低でも40m以上の距離が必要であると考え。また、今回の測定では35-45m区間に光センサーを設置したが、すべての群の最大疾走速度到達距離の平均値が光センサーを設置した距離よりも低値であったため (表2) 減速区間に入っていた可能性が高い。今後、光センサーの設置位置について検討する必要があると考える。

本研究の女子は男子 (宮崎ほか, 2016) に比べて最大疾走速度到達距離が短かった。最大疾走速度と最大疾走速度到達距離との関係については相関係数  $r=0.657$  が得られ、0-5m区間の疾走速度変化量と最大疾走速度到達距離との関係は  $r=0.593$  であった。0-5m区間の疾走速度変化量が大きい選手は、次の区間の疾走速度変化量も大きくなるため、結果として最大疾走速度到達距離が長くなると考えられる。中学男子では0-5m区間疾走速度変化量が6.0m/秒であった (宮崎ほか, 2016) のに対して本研究の中学下位群の0-5m区間疾走速度変化量は5.1m/秒であった。したがって、女子の方が男子よりも最大疾走速度が低くなり、最大疾走速度到達距離もスタートから近くなると推測する。

最大疾走パワーと最大疾走速度の相関係数は、被験者全体で  $r=0.685$  と高値が得られた。また、これらの関係について、宮崎ほか (2016) の男子と本研究の女子を合わせた男女の共分散分析の結果、交互作用はなく、男女の回帰直線は同一とみなされた。このことから、男子と



同様に女子にとっても、最大疾走パワーと最大疾走速度との関連は高いことが示された。以上のことから、負荷をかけた牽引走でのパワー系トレーニングは最大疾走速度を高めるための有効なトレーニング方法の一つとなると思われる。

## 2. 速度変化量および最大疾走パワーとの関係について

女子に対して50m走の記録を向上させるために、疾走速度変化量から二つの課題が考えられる。一つは0-5m区間の疾走速度変化量を増大させる対策である。最大疾走速度は疾走速度変化量の加算によって求められるため、最大疾走速度を向上させるためには0-5m区間の疾走速度変化量を大きくすることが重要である(図5上)。松尾ほか(2016)はGatlin選手が10.02秒の記録で最大疾走速度11.55m/秒を出した時の区間疾走速度は0-10m区間で5.43m/秒であり、そこから10-20m区間の9.46m/秒まで疾走速度を伸ばし、最大疾走速度到達距離は50-60m区間であったことを報告している。本研究の結果でも、疾走速度変化量と各区間について二元配置分散分析の結果、交互作用が認められた。このことは、0-5m区間から45-50m区間までの疾走速度変化の様相が、高校女子群、中学上位群、中学下位群で、それぞれ違っていることを意味している。このことから最大疾走速度を高めるためには0-5m区間の疾走速度変化量を増大させることが、最大疾走速度を高くし、結果、最大疾走速度到達距離も長くなると推察する。

二つ目は5m毎の疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関関数を高め変動を小さくすることである。宮崎ほか(2013)は中学生と高校生の男子について疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数を調べた結果、相関係数は0-30m区間で相関係数が0.7から0.9と高い相関係数を得たことを報告している。本研究の女子の場合、どの群も0-30m区間において疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数が-0.3から0.6まで大きく変動していた(図5)。本研究の女子についても0-30m区間で疾走速度変化量と最大疾走パワーとの間に高い相関関係が得られるようにトレーニングを進めれば、区間疾走速度変化量も増大し、最大疾走速度も高まるのではないかと推測する。本研究の疾走速度変化量と最大疾走パワーが0-15m区間で相関係数が3群それぞれ違った変動をするのは、個々の選手の疾走速度変化量が歩数によって変わっているのではないかと考えられ、疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関関数が低くなる区間が生じているのではないかと考える。このため、疾走速度変化量の要因である個々の選手のストライド、ピッチの歩数毎の差や左右差について検討を進めていく必要があると考える。

## 3. 0-10m区間の疾走特性

疾走速度は0-10m区間において高校女子群の方が中学下位群よりも高かった。疾走速度の一要素であるピッ

チは高校女子群が中学下位群よりも高く、ピッチの要素である滞空時間と接地時間は両者とも高校女子群が中学下位群よりも短かった。そして、ストライドは高校女子群の方が中学下位群より短かった。

福田ほか(2004)は、疾走速度が高まると接地時間が短くなる傾向があることを報告している。本研究においても、高校女子群は中学女子群よりも疾走速度が高かったため、接地時間も短かったと推察する。中学下位群の接地時間が一番長かった。また、この区間の中学下位群のかかと着地が他の群より割合が多かった。谷川ほか(2008)はかかとから着地していると膝関節・股関節を一時的に屈曲させ、その後、伸展させるため時間をかけて力発揮している可能性を報告している。田村ほか(2019)は、かかとからの接地は接地時間が長くなるため、下腿三頭筋の伸張-短縮サイクルを反射的に起こすことができなく、その代償として膝関節の屈曲、伸展が行われていると考察している。そして、本研究における中学下位群にかかとからの接地が多かったことは膝関節の屈曲、伸展を伴い、結果、重心が上方に移動することも引き起こしたと考えられる(伊藤, 1999; 伊藤ほか, 2000)。一方、高校女子群の滞空時間が短かったことに対しては次のように考えられる。高いスタート技術はブロッククリアランス時の体幹の前方への回転(篠原, 2014)と、1歩目における支持脚の下腿の固定(貴嶋ほか, 2010)が特徴であり、上方へ跳び上がるような動作とは異なる。本研究の高校女子群は、中学上位・下位群よりもスタート技術が高く、その結果、滞空時間が短かったと推察する。対して、中学下位群の接地時間が長かったこと、特に、1歩目の接地時間が長かったことは、膝の屈曲、伸展が起きており(伊藤, 1999)、その結果、重心が上方に移動するため、高校女子群より滞空時間が長くなっていたと推察する。しかしながら、本研究ではスタート動作の分析を行っておらず、この解明は今後の課題であると考えられる。

一方、ストライドにおいて中学下位群より高校女子群の方が短かった。比留間ほか(2015)は、女子高校生のスタート動作についてスタンディングスタートとエロンゲートッドスタートのストライドはパンチスタートやミディアムスタートのストライドと比べて、ストライド一歩目が長く、スタンディングスタートとエロンゲートッドスタートのストライド一歩目は変わらないことを報告している。このことから高校女子群よりも中学下位群のストライドが長くなったのは次のように推測できる。中学下位群がスタート直後に膝伸展が行われ、スタンディングスタートと同じような立位姿勢になったため、前傾姿勢になっている高校女子群よりもストライドが長くなったと推察される。それに対して高校女子群は、接地時間および滞空時間も短く、ストライドも短かったが、疾走速度は高いという結果であった。前述したように高校女子群のスタート技術が高く、スタート直後に体幹が



前方に回転しているという仮定を当てはめるなら、高校女子は中学下位群より前傾姿勢が深いためにストライドが抑えられ、膝の屈曲伸展動作が少ないことにより高く上方へ跳ぶことなく滞空時間が抑えられ、足関節・膝関節の固定により接地時間が短くなったと推測する。

#### 4. 35-45m区間の疾走特性

高校女子群は中学下位群よりもストライドが長いにも関わらず、滞空時間が短かった。滞空時間とストライドとの間には正の相関関係があることが報告されている(福田ほか, 2013; 土江, 2004)。おそらく高校女子群はほとんどが、かかと着地をしていなかったため、下腿三頭筋の伸張-短縮サイクルが使えたと推察する。高校女子群はそのため中学下位群より膝関節の屈曲、伸展が少ない離地が行われ、滞空時間が中学下位群よりも短かったと考えられる。中学下位群の接地時間は高校女子群、中学上位群より長かった。この区間も0-10m区間と同様に中学下位群のかかと着地割合は他の群と比べて多かった。そのため、かかと着地により接地時間が長くなったと考えられる。加えて、中学下位群はかかと着地のほかに、後ろに強く蹴ろうとして接地時間が長くなり(加藤ほか, 2006)、回復脚のスウィングが遅れることがピッチの低下を誘発した可能性がある。

ストライドについて考察すると、小学男子の優秀なスプリンターはピッチが速く、回復脚の前方スウィングの膝角度が大きいこと、スウィング速度が速いことが報告されている(加藤ほか, 2001b)。さらに、豊嶋ほか(2015)はストライドが長い選手は回復脚の膝がより前方に位置していることを報告している。加えて、豊嶋ほか(2018)は回復脚の股関節屈曲の開始に大きな力を発揮することでストライドが伸びることを報告している。おそらく高校女子群は回復脚の大腿部の前方への移動のタイミングが早く、ストライドも伸び、支持脚を後方に残すことなく、接地時間も短くなり、疾走速度が高まった。そして、短い接地時間で水平方向の移動も大きくなった結果、ピッチが高まり、ストライドも中学下位群より長かったのではないかと考える。

また、0-10m区間でのストライドは中学下位群が高校女子群より長かったにもかかわらず(図6)、35-45m区間でのストライドは高校女子群の方が中学下位群よりも長かった(図7)。35-45m区間において高校女子群の疾走速度が高かったことから、高校女子群の姿勢が中間疾走に移り、立位姿勢に変わったため、0-10m区間で高校女子群の前傾姿勢のため抑えられストライドが伸びたと思われる。加えて高校女子群の35-45m区間の滞空時間が短いことは、ピッチが高いことを示し、中学下位群より疾走速度の高い要因になっている。その結果、ストライド、ピッチともに高くなり、疾走速度は高校女子群が高くなったと考えられる。

#### 5. 女子と男子との疾走特徴の違い

女子の中でも特に、中学下位群の特徴は接地時間が長いことである。中学下位群のスタートの一步目の接地時間が長く、他の女子群や男子と比較しても非常に長くなっている。そのことに加えて滞空時間が長く、結果、ピッチが低いことが特徴である。加えて定性的なデータであるが、0-10m区間、35-45m区間ともにかかと着地が多いことも特徴である。成人男子では0-10m区間は水平方向に加速するために、体幹を前方に回転をさせ、股関節・膝関節・足関節を前方に強く伸展させるが(貴嶋ほか, 2010)、そのためにはパワー及び筋力が必要である。本研究のシステムによって測定した最大疾走パワーは、高校男子(宮崎ほか, 2016)  $1002.7 \pm 144.8$  w, 高校女子  $626.2 \pm 66.7$  w, 中学男子  $645.6 \pm 144.6$  w, 中学下位群  $462.7 \pm 77.0$  wと男女で違い、最大負荷も同様に女子の方が小さかった。したがって、女子の特に中学下位群の接地時間の長いことはパワーが低いことが背景にあると考えられる。中学下位群はパワーが低いため、着地の衝撃に対抗できる膝の屈伸・伸展を使わざるを得ないと推定する。そのため、かかと着地が多くなると推測する。また、パワーと接地時間の関係については荻山ほか(2015)がバウンディングとstiffnessについて検討している。Stiffnessは  $\text{stiffness} = F \cdot \Delta L^{-1}$  で表せ、 $\Delta L$ は重心の短縮量で、stiffnessの値が高いほど硬いばねを示し、バウンディングの水平ジャンプ距離が大きい者はstiffnessが高く、接地時間が短く、接地の時の足関節における背屈角度が小さいことを報告している。また、stiffnessが高い者は接地時の地面反力のベクトルが足関節の中心より中足骨寄りに位置しており、より背屈の角度が少なくなり、足関節底屈筋群の動員をかけやすい位置になっていることを指摘している。本研究の中学下位群のかかと着地が多いことは足関節の背屈角度が大きくなり、足がフラットになるまでに時間がかかり、そのことは膝関節・股関節の屈曲、伸展を伴うため(田村ほか, 2019)  $\Delta L$ が大きくなり、中学下位群の一步目以降の接地時間が延長を引き起こしたと推測する。対して男子はスタート1歩目から短い接地時間、短い滞空時間であるため、0-10m区間中のピッチの変化はほとんど見られない。次の35-45m区間も中学下位群ではかかと着地が多く、接地時間、滞空時間が長い原因になっていると推測される。

男子と他の違いはストライドにも表れており、本研究の女子は宮崎ほか(2016)の男子より滞空時間が長いにもかかわらず、ストライドが短かった。ストライドを比較すると、中学男子が1歩目  $101.9 \pm 12.1$  cmから6歩目  $155.9 \pm 9.2$  cmに増大したのに対して中学下位群は1歩目  $95.6 \pm 22.6$  cmから6歩目  $140.6 \pm 13.6$  cmに増大した。高校男子は1歩目  $89.7 \pm 22.3$  cmから6歩目  $157.9 \pm 8.8$  cmと増大し、高校女子は1歩目  $81.7 \pm 25.7$  cmから  $140.6 \pm 12.6$  cmへと増大した。スタートから6歩目迄の間に

10cmから20cm程度の差がみられる。ストライドは疾走速度とともに加速区間で伸びていく。福田ほか(2013)によると、ストライドは重心の滞空距離に依存し、滞空距離を伸ばすには離地時の初速度を高める必要があることを報告している。この離地時の初速度を高めるにはパワーが必要であり、本研究の女子は宮崎ほか(2016)の男子より接地時間が長く、ストライドが短いことから、本研究の女子は男子のよりもパワーが低いと推測できる。事実、先述したように本研究の女子のパワーが男子より小さかった。また、stiffnessが高い者は、接地中の重心の移動距離が少なく、振込脚の角度変位が少なく、足(背屈)及び股関節の屈曲範囲が少なく、接地時間を短くすることで高い水平速度に対応していることを報告している(荏山ほか, 2016)。このことは女子の方が男子よりstiffnessが低いと考えられる。本研究の女子は宮崎ほか(2016)の男子よりもパワーが低いと推定されるため離地後の初速度が遅く、stiffnessが低いと推定されるため接地時間が長く、ストライドが短いと推定する。

## 6. 女子のトレーニングについて

短い接地時間でストライドを増大させていくためにはパワーが必要である。そのための方法の一つとして布の上に人を載せた牽引トレーニングはパワーを高め、最大疾走速度を高める上で有効な手段であると考え(図3)。疾走速度の変化から考えてみると、スタート直後の比較的遅い速度でのパワー発揮は、股関節・膝関節・足関節の屈曲、伸展動作を大きくし、かつ大きな筋力発揮が必要である(貴嶋ほか, 2010)。このためスタートダッシュには股関節・膝関節・足関節に大きな力と大きな屈曲、伸展を行うトレーニングが必要となると考える。このことは、動作と筋力発揮の大きさを意識しやすい牽引トレーニングを、スタート直後のパワートレーニングとして利用することの有効性を示唆していると考え。また、パワートレーニングは単種のトレーニングよりも多種のトレーニングを行った方がパワーの向上が大きいという報告がある(田路ほか, 1995)。多種の練習手段が考えられるが、選手の能力に応じた負荷の設定を考え、実施することは選手の故障を避けるために必要である。

中間疾走局面では徐々に疾走速度が増加し中間疾走に移行すると速度増加量は少なくなるため、脚の3関節を固定することにより短い接地時間で大きな力を発揮するように、stiffnessを高めるジャンプトレーニング(荏山ほか, 2015)が有効であると考え。具体的な方法としては股関節・膝関節・足関節を固定してジャンプの練習を行い、さらに進んだ段階として水平方向にジャンプを取り入れていくことが有効だと思われる。

また、ピッチを高めることについて、豊嶋ほか(2018)は股関節屈曲筋群の筋力トレーニングの必要性を述べ、渡邊ほか(2003)は股関節屈曲トルクおよび伸展トルクの大きさはそれぞれ、ハムストリングスおよび内転筋群

の強化の必要性を述べている。加えて、女子は支持期に膝を伸展する傾向があり、その後、遊脚の足先を臀部に近づけるように膝屈曲する(加藤ほか, 1994)。これを改善するために、木越ほか(2012)は回復脚の膝を曲げる補助具によって50m走記録、ストライド、およびピッチが向上した例を示している。これは回復脚の動作の修正はしやすいことに起因していると考えられる(阿江ほか, 2003)。この遊脚の動きに関して豊嶋ら(2018)は回復脚の屈曲は早いタイミングで股関節の屈曲、つまり大腿を前方に移動させることが接地時間を短くし、ストライドを伸ばすこと示唆している。これらを参考にした回復脚の膝屈曲および大腿部の前方スウィングに関したドリルも取り入れると効果があると思われる。

## まとめ

本研究は、陸上競技部に所属する中学生女子(31名)と高校生女子(20名)を被験者に、学校の廊下を使用した50m走を実施し、得られた最大疾走速度と50m走記録、最大疾走速度到達距離および最大疾走パワーの関係を検討した。また、50m走の0-10m区間と35-45m区間の疾走速度、接地時間、滞空時間、ストライドおよびピッチを測定し、高校女子群(20名)、中学上位群(13名)および中学下位群(18名)の比較を行った。主な結果は以下に示す通りである。

1) 最大疾走速度と50m走記録において高校女子群は中学上位群、中学下位群よりも良い成績であり、中学上位群は中学下位群よりも良い成績であった。最大疾走パワーと、その相対値は高校女子群が中学上位群と中学下位群よりも高かった。最大疾走速度到達距離において高校女子群は中学下位群よりも距離が長かった。

2) スタートから1-6歩目までの疾走速度は、高校女子群と中学上位群が中学下位群を上回った。中学下位群において、ピッチは他の群よりも低く、接地時間が他の群よりも長かった。また、0-10m区間のストライドは中学下位群が高校女子群よりも長かった。

3) 35-45m区間の4歩の疾走速度の平均値は高校女子群と中学上位群が中学下位群よりも高い値を示し、ストライドの平均値は高校女子群の方が中学下位群より長かった。接地時間と滞空時間の平均値は高校女子群の方が中学下位群より短い結果となり、ピッチの平均値も高校女子群の方が中学下位群よりも高い値を示した。

以上の結果から女子、特に中学生女子はスタートの一步目の接地時間を短くなるような接地の技術が課題となる。また最大パワーを高めるために筋力トレーニングや負荷をかけた牽引走がトレーニング手段の一つとして必要になると思われる。中間疾走ではstiffnessを高め、回復脚を前方に早く移動させることが接地時間と滞空時間を短くし、ピッチを高め、ストライドを広げ、疾走速度の向上につながると考えられよう。



## 参考文献

- 阿江通良・中田和寿・宮下 憲・齊藤真一・尾縣 貢・白木 仁・向井直樹・藤井範久 (2003) エリートアスリートの科学的サポートに関する研究：陸上競技の短距離走について. 筑波大学体育科学系紀要, 26 : 139-143.
- 福田厚治・伊藤 章 (2004) 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか. 体育学研究, 49 : 29-39.
- 福田厚治・貴嶋孝太・浦田達也・中村 力・山本 篤・八木一平・伊藤 章 (2013) 一流短距離選手の接地期および滞空期における身体移動に関する分析. 陸上競技研究紀要, 9 : 56-60.
- 石井直方 (1999) レジスタンス・トレーニング—その生理学と機能解剖学からトレーニング処方まで. スポーツ医科学基礎講座 (2) ブックハウス・エイチデイ, pp.35-41.
- 伊藤 章 (1999) 岩本敏恵選手の100mの記録向上にともなう疾走動作の変化とトレーニングの考え方. トレーニング科学, 10 (7) : 145-154.
- 伊藤 章・石川昌紀 (2000) 短距離走におけるスナップの意味. バイオメカニクス研究, 4 : 159-163.
- 比留間浩介・渡邊信晃・森 健一・尾縣 貢 (2015) 一般生徒におけるスターティングブロックの設置方法の違いが疾走パフォーマンスに及ぼす影響：男女差に着目して. 体育学研究, 60 : 651-665.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良 (1994), 女子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達. 体育学研究, 39 : 13-27.
- 加藤謙一 (2001a) 思春期以降の疾走能力の発達. 宮丸凱史編, 疾走能力の発達. 杏林書院:東京, pp87-92.
- 加藤謙一・宮丸凱史・松本 剛 (2001b) 優れた小学生スプリンターにおける疾走動作の特徴. 体育学研究, 46 : 179-194.
- 加藤謙一・宮丸凱史 (2006) 一般高校生の疾走動作の特徴. 体育学研究, 51 : 165-175.
- 荻山 靖・図子浩二 (2015) バウンディングにおけるStiffness 特性へ影響する踏切脚の力およびパワー発揮：リバウンドジャンプとの比較から. 体育学研究, 60 : 137-150.
- 荻山 靖・図子浩二 (2016) 下肢Stiffness特性がバウンディングの踏切動作に及ぼす影響. 体育学研究, 61 : 449-460.
- 木越清信・加藤彰浩・筒井清次郎 (2012) 小学生における合理的な疾走動作習得のための補助具の開発. 体育学研究, 57 : 215-224.
- 貴嶋孝太・福田厚治・伊藤 章・堀 尚・末松大喜・大宮真一・川端浩一・山田 彩・村木有也・淵本隆文・田邊 智 (2010) 男女短距離選手のスタートダッシュ動作. 日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班編, 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. pp24-38.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・松林武生・高橋恭平・小林 海・杉田正明 (2016) 2016シーズンおよび全シーズンでみた男女100mの速度分析とピッチ・ストライド分析について. 陸上競技研究紀要, 12 : 74-83.
- 宮崎俊彦・田中昭憲・工藤修央 (2011) 簡便な疾走パワー測定法の開発. 北海道体育学研究, 46 : 95-101.
- 宮崎俊彦・田中昭憲・竹田安宏・工藤修央 (2013) 短距離走の区間疾走速度増加量とパワーとの関連—中学生と高校生の比較から—. 北海道体育学研究, 48 : 49-54.
- 宮崎俊彦・田中昭憲・竹田安宏・工藤修央 (2016) 短距離走の加速区間における疾走パワーの影響と, ピッチ・ストライドの検討—中学生男子と高校生男子の比較—. 体育の科学, 66 : 69-77.
- 宮丸凱史 (2001) 疾走能力の発達. 宮丸凱史編, 杏林書院 : 東京, pp61-69.
- 篠原康男・前田正登 (2014) クラウチングスタートのブロッククリアランスにおける力発揮と動作の関係. 体育学研究, 59 : 887-904.
- 竹田憲司・渡邊正徳・細川 実・小西修次・吉沢信治 (1980) 北海道ジュニア陸上競技者のための冬のトレーニング方法. 滝波武監 : 羽賀印刷 : pp.17-135.
- 竹田憲司 (1988) 雪走路上走の運動学的研究—雪走路上と土走路上の疾走における下肢の動きの相違について. 北海学園大学学園論集, 59 : 11-20.
- 田村雄志・布目寛幸・伊賀崇人・當眞裕樹・福嶋 洋・杉 秋成 (2019) 大学生サッカー選手における短距離疾走中の下肢関節動作の男女差に関する一考察. 福岡大学スポーツ科学研究, 49 : 1-10.
- 谷川 聡・島田一志・岩井浩一・尾縣 貢 (2008) 競技者と一般人の走および歩動作の特徴. 体育学研究, 53 : 75-85.
- 田路秀樹・末井健作・金子公宥 (1995) 複合トレーニングが人体筋の力・速度・パワー関係に及ぼす影響. 体力科学, 44 : 439-446.
- 土江寛裕 (2004) アテネオリンピックに向けての「走りの改革」の取り組み. スポーツ科学研究, 1 : 10-17.
- 豊嶋陵司・田内健二・遠藤俊典・磯 繁雄・桜井伸二 (2015) スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクスの要因. 体育学研究, 60 : 197-208.
- 豊嶋陵司・桜井伸二 (2018) 短距離走の最大速度局面における遊脚キネティクスとピッチおよびストライド



との関係. 体育学研究, 63: 479-493.

渡邊信晃・榎本好孝・大山下圭悟・宮下 憲・尾縣 貢・  
勝田 茂 (2003) スプリント走時の疾走動作および  
関節トルクと等速性最大筋力との関係. 体育学研究,  
48: 405-421.

〔平成31年 3 月29日 受付〕  
〔令和 2 年10月 2 日 受理〕