

学校の廊下で測定を行った50m走の疾走速度,  
疾走速度変化量と最大疾走パワーの関係  
—高校生と中学生の男子短距離選手の比較—

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

**Relationship between sprinting speed, sprinting speed change, and maximum  
sprinting power measured in the school corridor  
—Comparison of high school and junior high school boys' sprinters—**

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

**Abstract**

The purpose of this study is to examine how the maximum sprinting power affects the sprinting speed and the amount of change in sprinting speed in the 50m run in the corridor between high school boys and junior high school boys. In addition, stride frequency and stride were also examined. The subjects were 32 high school boys and 29 junior high school boys who belong to the track and field athletic club. The subjects performed a 50m full-power sprint wearing training shoes and a 30m resisted sprint to measure the maximum sprinting power. In the 50m sprint, stride length, stride frequency, and sprint speed were measured for each step from the start to the 6th step. The sprinting speed reached 40% of the maximum sprinting speed in the first step after the start, and reached 80% in the 6th step. The stride in the acceleration section was longer in high school students than in junior high school students. Index of stride frequency for six steps in the acceleration section was higher for high school boys than for junior high school boys. There was a high correlation between maximum sprinting power and sprinting speed in the 0-4m section. No significant correlation coefficient was obtained for the relationship between the amount of change in sprinting speed and the sprinting speed with respect to the maximum sprinting power. From the above, it was considered that the variation in sprinting speed in the 0-10m section accounted for most of the maximum sprinting speed, and that the maximum sprinting power was exhibited in this section. In addition, the sprinting speed of the acceleration section of high school boys is higher than that of junior high school boys, and It was thought that the development of the stride frequency, which was inferred from the Index of stride frequency, was a factor in the magnitude of the sprinting speed.

**key words:** winter training, sprinting, acceleration section

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. 北海道札幌西高等学校  
〒064-0954 北海道札幌市中央区宮の森4条8丁目1

著者連絡先 宮崎 俊彦  
jhgqq231@yahoo.co.jp

1. Hokkai Gakuen University  
1-40, Asahi-machi-4-chome, Toyohira-ku, Sapporo  
062-8605
2. Hokkaido Sapporo Nishi High School  
1, Miyanomori-4-jo-8-chome, Chuo-ku, Sapporo  
064-0954

## 緒 言

積雪地方の中学校や高等学校における陸上競技部の冬期トレーニングは、中学校や高等学校の廊下で行われることが多い。廊下でのトレーニングは一教室分の距離しか確保できない例もある<sup>注1)</sup>。金高ほか(2001, p.36)はスタート1-4mでの大きな加速パワーが100m走記録や最大疾走速度の獲得に極めて重要であると報告している。また、金高ほか(2005, p.96)は最大疾走速度までの区間を三分割し、約11m(8歩)までを加速局面Iとしている。金高ほか(2001, p.36; 2005, p.96)の報告を考慮すると、10m程度の距離が確保できれば、廊下において加速局面のトレーニングを実施できる可能性があると考えられる。

その可能性を検証するためには、廊下での疾走能力の測定や疾走特性の一つである疾走フォームを分析する必要がある。しかし、疾走フォームを撮影し、ピッチやストライドを分析するにしても廊下は幅が狭いため、側方からビデオ撮影(伊藤ほか, 2010, p.231)することが困難である。実際に学校の廊下を利用した疾走能力の測定をした報告として、宮崎ほか(2013, p.51-52)は中学男子(6名)と高校生男子(6名)を対象として、重量物を牽引する方法で測定した最大疾走パワーと疾走能力との関係について報告している。この研究によれば、最大疾走パワーは、無負荷での全速疾走における5-15m区間の疾走速度変化量との間に有意な相関関係が認められたことが報告されている。

冬期トレーニングでは廊下において約10mの走路を確保することすら難しいケースもある。しかし、トレーニングの目的を加速区間の疾走能力向上とすることにより、約10mの短い走路でも最大疾走速度に貢献するパワーを高め、クラウチングスタートの技術を習得するなど、目的を明確にしたトレーニングを実施することが可能であると考えられる。そこで本研究では、金高ほか(2005, p.96)のいう加速区間I(約11m程度の距離)に着目し、スタートから約10mで最大疾走速度の何%に到達できるのかを検討することを目的の一つとする。加えて、金高ほか(2001, p.36)は、100m走記録が10秒台の選手を対象に、レーザー速度測定器によって求めた最大疾走パワーが、スタートから0.5-1.2秒後、歩数では1-3歩前後で発揮されていることを報告している。このことは中学生、高校生も加速区間Iで最大疾走パワーが発揮されている可能性があり、最大疾走パワーがどのように最大疾走速度に貢献しているのかを検討する必要がある。

最大疾走パワーが、1-3歩前後で発揮されているならば、最大疾走パワーの改善が、スタート直後の疾走能力の改善に貢献することを示唆している。しかし、成人の最大疾走パワーの発現が0.5から1.2秒後であることに對して、高校生、中学生の最大疾走パワーの発現に関する報告はみあたらない。廊下でのスプリントにおいて、高

校生、中学生の最大疾走パワーの発現が何歩目で起きるのか、高校生、中学生の最大疾走パワーの向上はどの地点の疾走速度向上に貢献するのかを明らかにすることは、冬期にパワートレーニングを実施する意義を理解するための重要課題だと考えられる。

ところで、疾走能力の発達については中間疾走中のピッチとストライドの計測によって詳しく報告されている(宮丸, 2002, p.608)が、疾走能力の違いについて加速区間から検討された報告は見当たらない。加速区間の疾走はピッチ、ストライド、滞空時間、接地時間が1歩1歩変化しており、選手自身はそれを自覚しながら、トレーニングを進める必要がある。最近ではスマートフォンによって簡単に動画撮影ができ、選手が「足のどの部分で接地しているか」、「重心を前方にスムーズに運んでいるか、上方に跳びすぎているか」など、フォームについての映像によるフィードバック情報を得られやすくなっているが、中学生や高校生を対象にした定量的な分析は行われていない。廊下でのフィードバックが容易に行われるようになれば、加速区間のピッチ、ストライド、滞空時間、接地時間について中学生、高校生の違いを把握した上で、選手の加速区間の課題を修正することが容易になると思われる。その上で、冬期におけるトレーニング計画を立案する上で、廊下でのトレーニング手段を考案する資料を提供できるのではないかと考えられる。

以上のことを踏まえ、廊下で実施する疾走の測定から、本研究は以下の4つの目的、①加速区間(0-10m)における各歩数の疾走速度の最大疾走速度に対する到達率、②加速区間と中間疾走区間(35-45m)におけるストライド、ピッチ、接地時間および滞空時間の比較、③最大疾走パワーと加速区間の各歩数や50m走の1m毎の疾走速度や疾走速度変化量との関連、④高校生と中学生の加速区間および中間疾走区間の疾走特性、について検討した。また、検討結果を踏まえ、高校生と中学生の冬期トレーニングについて提言を行った。

## 方 法

高等学校と中学校の陸上競技部に所属し短距離を専門に行っている男子61名を対象にした。その内、高校生は32名、中学生は29名であった。測定は2013年から2019年の冬期に2つの中学校の廊下で実施した。対象者には、測定で得られたデータを匿名化して公開することを説明の上、研究への参加の同意を口頭で得た。また、測定終了後1週間以内に測定結果の説明会を開催した。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。

### 1. 測定環境

測定に使用した2つの学校の廊下の長さはそれぞれ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、レーザー式速度測定器 (LDM300C-Sport, Jenoptik社製) を設置するために、壁から10m以上離れた位置に設定した。測定は冬期に行ったが、廊下に暖房設備がないため、教室に暖房を入れ教室の戸は開放して廊下の寒さを和らげる配慮をした。測定における服装とシューズは規定せず、本人の意志にまかせた。測定ではトレーニングウェアや短パンで走る選手、シューズはトレーニングシューズや学校指定のシューズを履く選手もいた。

## 2. 50m走記録と疾走速度測定

本研究の50m走記録と疾走速度の測定方法は宮崎ほか (2011, p.96-97) を参考にした。パネル木材に固定したスターティングブロックを使用し、50mの全力疾走を行わせた。ピストル音により光電管 (Speed Trap II, Brower Timing Systems社製) を作動させ、50m走記録を測定した。レーザー速度測定器から100Hzで得られた距離データを遮断周波数0.1Hzの移動平均フィルターで平滑化し、その差分から疾走速度を算出した。そこから最大疾走速度およびその到達距離 (以下、最大疾走速度到達距離) を特定した。また、上記の方法でスタートラインからゴールラインまでの1m毎の疾走速度を算出した。なおストライド、滞空時間、接地時間を測定するためにOptojump system (Microgate社) を使用した。Optojump systemの測定範囲が10mのため、対象者は0-10m区間のピッチ、ストライドを測定する50m走試技と、35-45m区間のピッチ、ストライドを測定する50m走試技を各1回実施した。対象者の50m走タイムおよび速度曲線は、2回の試技のうち、良い方の試技を分析の対象とした。

## 3. 加速区間および中間疾走区間のストライド、ピッチの測定

1回目の50m走では0-10m区間にOptojump systemを設置した。そして1歩毎の滞空時間、接地時間、ストライド、ピッチを測定し、それらの値から1歩毎の疾走速度を算出した。各歩数の疾走速度変化量は、当該歩数の疾走速度と、その1歩前の疾走速度との差によって求めた。そして、中学生、高校生とも6歩までの疾走速度および、疾走速度変化量を比較した。対象者は、1回目の50m走から30分以上の休息をとり、中間疾走区間の測定を行うための2回目の50m走を行った。休息中は暖房が入っている教室で自由に休息させた。昼食時間は取らずに測定を続けたため、試技順番を考慮して飲食も各自の判断で行った。中間疾走区間として35-45m区間にOptojump systemを設置し、4歩の滞空時間、接地時間、ストライド、ピッチを測定し、中間疾走区間の滞空時間、接地時間、ストライド、ピッチについては、4歩の平均値を代表値とした。

加速区間、中間疾走区間のピッチとストライドについ

ては、齋藤ほか (1995, p.105) の方法を使い、歩幅指数、歩数指数を算出した。

歩幅指数 = 歩幅 / 下肢長,

歩数指数 = 歩数 × (下肢長 / g)<sup>1/2</sup> (gは重力加速度)

下肢長は測定した身長に「日本人の体力標準値第四版」(東京都立大学体育学研究室編, 1970, p.306) から求めた各年齢の平均的の下肢長比を乗じて求めた。

## 4. 牽引による最大疾走パワーの測定

最大疾走パワーの測定は宮崎ほか (2011, p.96-97) の方法に準じた。測定に先立って、牽引装置 (木製の杵) の動摩擦係数を測定した。5種類の負荷 (10kg, 20kg, 30kg, 60kg, 80kg) を牽引装置に入れ、それぞれを牽引する際にロープにかかる力を握力計 (グリップ-Aスメドレー式, 竹井機器社, 検定済み) で計測した。対象者には50m走 (牽引負荷無し, 以下0%とする) と、中学生の場合には牽引負荷が体重の15%および35%の負荷、高校生の場合には体重の20%および40%となる負荷で、30mの牽引走をそれぞれ1本ずつ行った。なお、牽引負荷は個人の体重に応じて、プレートの重さで調整した。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。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、最大疾走パワー、最大負荷量 (疾走速度0m/秒の負荷量 (N)) を求めた。そして最大疾走パワーと0-10m区間の疾走速度および疾走速度変化量との相関係数を求めた。本研究における「1歩目」とは、Optojump system内に接地した1歩目のことである。

## 5. 統計処理

統計処理はエクセル統計 (BellCurve社) を用いた。測定したデータはすべて平均値 ± 標準偏差で示した。身体特性と50m走成績、および最大疾走パワーについては分散に差がみられなかったため、一元配置分散分析を行った。各地点の疾走速度、疾走速度変化量の分散については、地点毎に有意差がみられ、さらに高校生と中学生の間にも分散に有意差がみられた。したがって、各地点の疾走速度、疾走速度変化量についてはノンパラメトリック検定のクラスカル=ウォリス検定を行い、 $\chi^2$ 乗検定により有意確率を求めた。その後、多重比較にはSteel-Dwass法を用いた。歩数における相関係数の算出にはピアソンの積率相関係数を用いた。疾走速度と最大疾走パワー、疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数を比較する際には、加速区間6歩について1歩毎に、疾走速度と最大疾走パワー、疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数を算出した。相関係数の差の検定は以下の式を使い、正規分布表よりzの値について有意差を判定した (市原, 1990, p.233)。

$$z = \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}} \quad z_1, z_2 \text{は} Z \text{変換した} r \text{の値, } n_1, n_2 \text{はデータ数}$$

統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

表1 身体特性と50m走成績, および最大疾走パワー

	高校生	中学生	F値	群間
人数	32	29		
身長 (cm)	174.2 ± 5.5	166.2 ± 7.2	26.4	p<0.01
体重 (kg)	61.7 ± 5.8	52.9 ± 6.7	29.3	p<0.01
BMI	20.3 ± 1.9	19.1 ± 1.5	8.2	p<0.01
50m走記録 (秒)	6.95 ± 0.29	7.68 ± 0.56	27.0	p<0.01
最大疾走速度 (m/秒)	8.75 ± 0.39	7.92 ± 0.67	34.6	p<0.01
最大疾走パワー (w)	897.6 ± 153.3	691.0 ± 125.0	31.6	p<0.01
最大疾走速度到達距離 (m)	38.08 ± 6.14	31.43 ± 5.48	5.8	p<0.05
最大負荷量 (N)	417.8 ± 60.8	350.9 ± 45.4	22.6	p<0.01
体重当たりの最大疾走パワー (N/kg)	14.50 ± 1.59	13.04 ± 1.24	15.3	p<0.01

平均値±標準偏差

## 結 果

### 1. 対象者の身体特性, 50m走成績, 最大疾走パワー, および最大疾走速度到達距離

表1に対象者の身体特性と50m走成績, 最大疾走パワーを示した. 身長, 体重, BMI, 50m走記録, 最大疾走速度, 最大疾走パワー, 最大負荷量, 体重当たりの最大疾走パワーは高校生の方が良い成績を示した (p<0.01). 最大疾走速度到達距離は高校生の方が有意に長かった (p<0.05).

### 2. 50m疾走速度曲線と疾走速度変化量

図1に1m毎の疾走速度と1m毎の疾走速度変化量の変化を示した. 疾走速度は0mから1mまで中学生と高校生との間に有意差はみられなかった. 2-50m区間で中学生と高校生との間には有意差がみられた (p<0.01). 疾走速度変化量について1-14m区間, 19-24m区間, 29-30m区間, 32-33m区間に中学生と高校生との間に有意差がみられた (p<0.01). 0-1m区間の疾走速度変化量は高校生1.7±0.2m/秒, 中学生1.6±0.1m/秒であり, 半減期に相当するのは2-3m区間で高校生, 中学生ともに0.6±0.0m/秒であった.

図2A・Bに0-10m区間の歩数毎の疾走速度と疾走速度変化量の変化を示した. 疾走速度は加速区間の3歩目 (p<0.05), 2, 4, 5, 6歩目 (p<0.01)と中間疾走区間の地点で高校生は中学生より高かった. 疾走速度変化量では1歩目から6歩目まで高校生と中学生に有意差がみられなかった. 疾走速度変化量において高校生は1歩目より2歩目, 2歩目より3歩目, 4歩目より5歩目と歩数に伴い有意に低下した (p<0.01). 中学生は2歩目が1歩目よりも有意に低下したが (p<0.01), 3歩目以降は歩数に伴う有意な低下が認められなかった. 図2Cに歩数毎の最大疾走速度に対する疾走速度の割合を示した. 1歩目で最大疾走速度に対する疾走速度は約45%から6歩目には約80%まで上昇した. 最大疾走速度到達率の3歩目について高校生と中学生に有意差がみられた (p<0.01). 最大疾走速度に対する疾走速度変化量の割

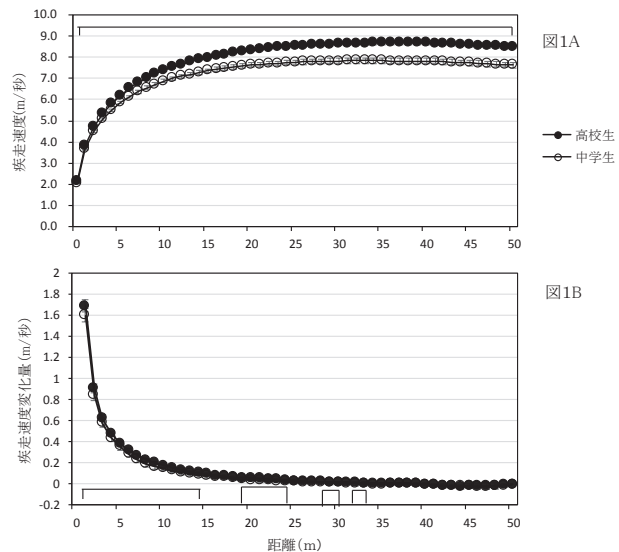


図1 50m走における1m毎の疾走速度(A)と疾走速度変化量(B)の変化

□: 高校男子>中学男子 (p<0.01)

合を図2Dに示した. 高校生, 中学生ともに歩数毎の疾走速度変化量における最大疾走速度到達率は1歩目で約45%, 2歩目で約10%, 6歩目で約5%まで減少した.

### 3. ストライド, ピッチ, 滞空時間, 接地時間の変化

図3に加速区間の6歩 (0-10m区間)と中間疾走区間のピッチ, ストライドと滞空時間と接地時間を示した. ピッチ (図3A)は1歩目と中間疾走区間に中学生と高校生との間に有意差がみられた (p<0.05). ストライド (図3B)は加速区間の6歩目と中間疾走区間で中学生と高校生との間に有意差がみられ (p<0.01), 加速区間の3・4・5歩目に有意差がみられた (p<0.05). また, 中間疾走区間のストライドに対して6歩目のストライドは高校生, 中学生ともに80%まで到達していた. 滞空時間 (図3C)は1から6歩目および中間疾走区間まで高校生と中学生との間に有意差はなかった. 接地時間 (図3D)は1から6歩目まで中学生と高校生に有意差はみられなかったが, 中間疾走区間には有意差がみられた (p<0.01). 3歩目で到達する距離は平均値で示すと, 高校生で

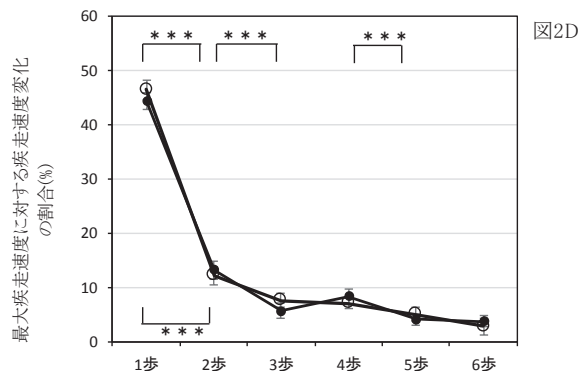
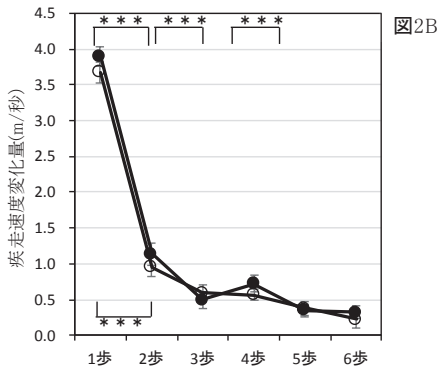
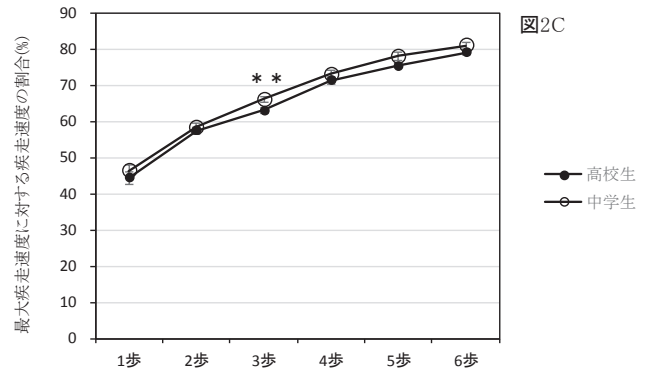
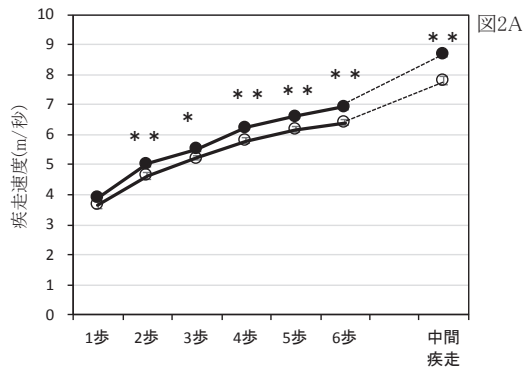


図2 区間(0-10m)における歩数毎の疾走速度(A), 疾走速度変化量(B) およびそれらの最大疾走速度に対する割合(C, D) の変化  
 \*\*: 高校男子>中学男子 (p<0.01), \*: 高校男子>中学男子 (p<0.05)  
 \*\*\*: 高校生で歩数間に有意差あり (p<0.01), \*\*\*: 中学生で歩数間に有意差あり (p<0.01)

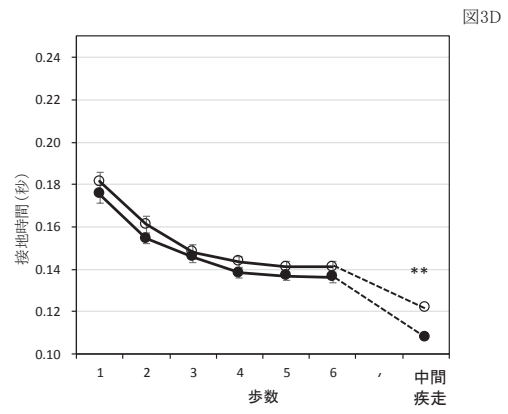
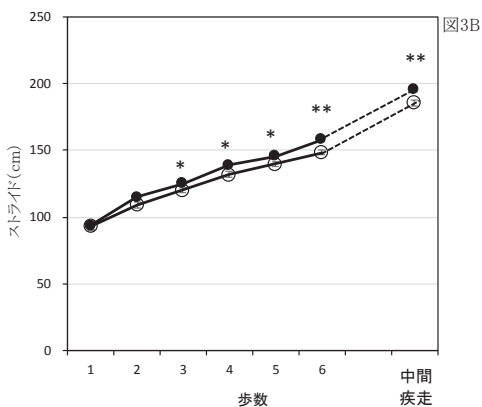
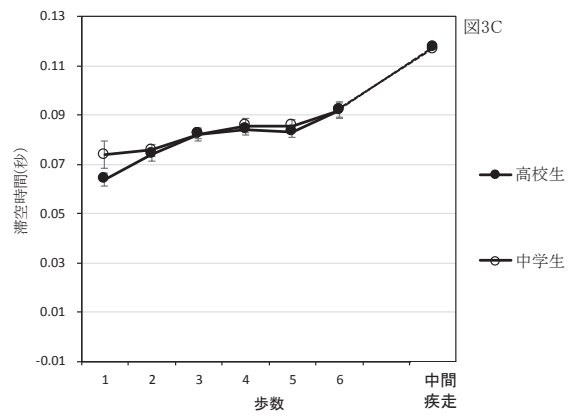
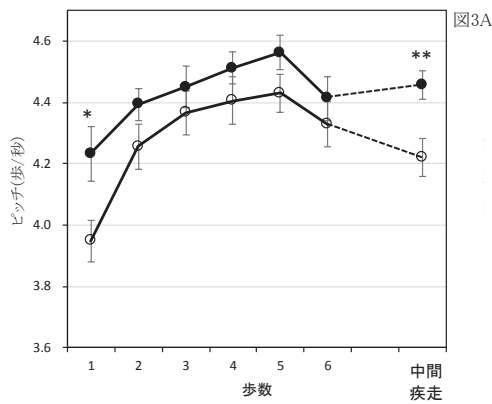


図3 加速区間(0-10m)と中間疾走区間におけるピッチ数(A), ストライド(B), 滞空時間(C) および接地時間(D) の変化  
 \*\*: 高校男子>中学男子 (p<0.01) \*: 高校男子>中学男子 (p<0.05)  
 †加速区間のストライド(y)と歩数(x)の高校生の回帰式は  $y = 12.182x + 86.654$ ,  $r = 0.987$ ,  
 中学生の回帰式は  $y = 10.809x + 85.853$ ,  $r = 0.992$

3.33±0.29m, 中学生で3.22±0.38m, 4歩目で到達する距離は高校生で4.72±0.36m, 中学生で4.54±0.48m, 5歩目で到達する距離は高校生で6.17±0.42m, 中学生は5.93±0.57mであった。

図4に歩数指数, 歩幅指数を示した。歩幅指数(図4A)はすべての歩数で高校生は中学生との間に有意差はみられなかった。歩数指数(図4B)について高校生は中学生に比べて1, 2, 4, 5歩目と中間疾走区間は高かった(p<0.05)。

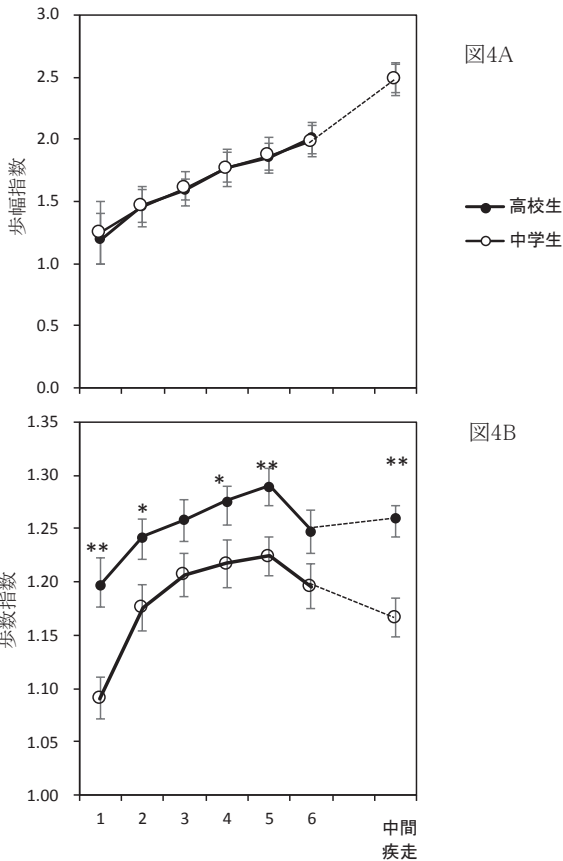


図4 加速区間(0-10m)と中間疾走区間における歩幅指数(A)と歩数指数(B)の変化  
 \*\*: 高校生 v.s. 中学男子 (p<0.01)  
 \*: 高校生 v.s. 中学男子 (p<0.05)

#### 4. 最大疾走パワーと最大疾走速度, 疾走速度変化量の関連

本研究の対象者全体における最大疾走パワーと最大疾走速度の関係を図5に示した。高校生と中学生を合わせた全体の相関係数は $r = 0.804$ であった ( $p < 0.01$ )。また, 高校生のみでは $r = 0.699$ , 中学生のみでは $r = 0.777$ であり, 中学生と高校生の相関係数に有意差はみられなかった。最大疾走パワーと1m毎の疾走速度との相関係数を図6Aに示した。中学生は2m地点で相関係数が $r = 0.802$ に達し, 高校生は4m地点で相関係数は $r = 0.640$ に達し, その後, 高校生は4mから50mまで相関係数 $r = 0.641$ から $r = 0.731$ , 中学生は2mから50mまで相関係数 $r = 0.801$ から $r = 0.768$ を示した(図6A)。

疾走速度はスタート直後急激に高くなる。そのため, 1m毎の疾走速度と最大疾走パワーとの相関係数を調べた。さらに, 1m毎の疾走速度変化量を求めることにより, 50m走の疾走速度変化と疾走速度変化量の変化を検討した。図6Bに1m毎の区間疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数の変化を示した。これらの相関係数を高校生と中学生で比較したところ, 全ての区間において有意差は認められなかった。高校生は2m地点で相関係数 $r = 0.649$ から11m地点で相関係数

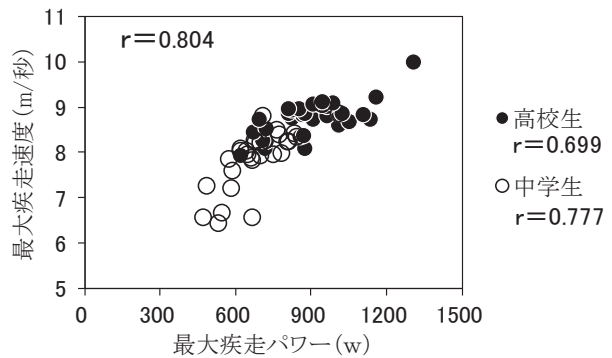


図5 最大疾走パワーと最大疾走速度の相関係数  
 相関係数の5%水準で有意になる相関係数は, 高校男子: 0.349, 中学男子: 0.291.

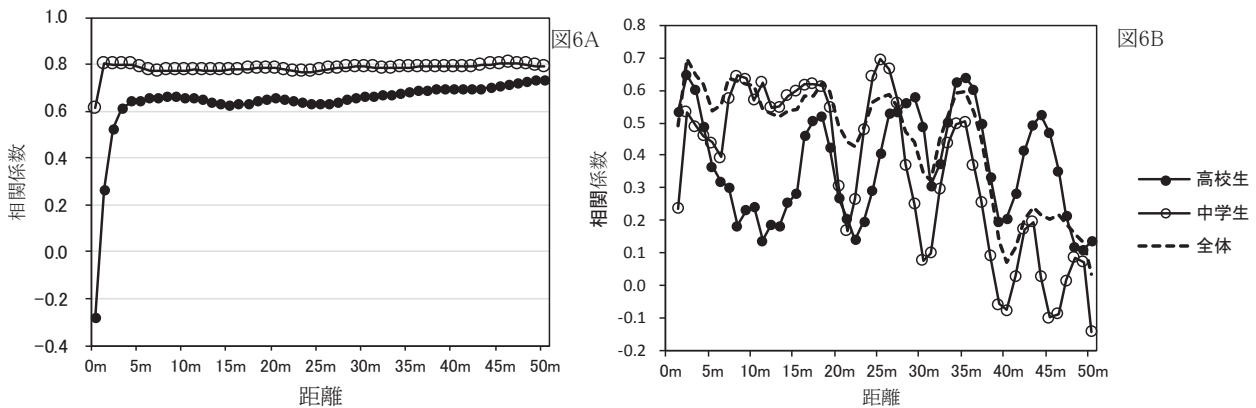


図6 50m走における1m毎の最大疾走パワーと疾走速度(A), 疾走速度変化量(B)相関係数の5%水準で有意になる相関係数は, 高校男子: 0.349, 中学男子: 0.291.

$r = 0.138$ まで谷となり、18m地点の $r = 0.520$ 、29m地点の $r = 0.579$ 、35m地点の $r = 0.640$ 、44m地点の $r = 0.523$ のように山がみられた。中学生は8m地点の相関係数 $r = 0.644$ から19m地点の $r = 0.597$ まで山を作り、その後、再び25m地点の $r = 0.695$ 、35m地点の $r = 0.640$ 、44m地点の $r = 0.523$ のように山を示した。高校生の11m地点の $r = 0.138$ と35m地点の $r = 0.640$ の間には有意差がみられた ( $p < 0.05$ )。また、中学生の25mの $r = 0.695$ と50m地点の $r = -0.142$ の間には有意差がみられた ( $p < 0.01$ )。

### 5. 歩数別の疾走速度と最大疾走パワーおよび疾走速度変化量と最大疾走パワー

図7に群別、歩数別に疾走速度と最大疾走パワー、疾走速度変化量と最大疾走パワーとの相関係数を示した。最大疾走パワーと疾走速度 (図7A) の相関係数については、全ての歩数において、高校生と中学生との間に有意差は認められなかった。また、最大疾走パワーと疾走速度変化量 (図7B) との相関係数についても、全ての歩数において、群間に有意差は認められなかった。中学生は最大疾走パワーと疾走速度との相関係数に2歩目以降、相関係数 $r = 0.500$ 以上の値を示した。

## 考 察

### 1. 加速区間における各歩数の疾走速度の最大疾走速度に対する到達率

疾走速度変化量はスタート直後に大きく、高校生、中学生ともに1歩目の疾走速度変化量は最大疾走速度の約45%に達していた。加えて、加速区間の6歩目の疾走速度は最大疾走速度の約80%に達していた。このことは0-10m区間の疾走速度が最大疾走速度の大部分の占めていることを示している。特に、1歩目の最大疾走速度に対する疾走速度の割合が45% (約半分) になっていたこ

とから、ブロッククリアランスから1歩目が大きな役割を占めていると考えられる。

次に加速区間の疾走速度変化量から高校生と中学生の最大疾走速度の違いの原因について検討する。1-14m区間において、疾走速度変化量は高校生の方が中学生よりも高い値を示した (図1B)。結果として、この区間において高校生は中学生よりも高い疾走速度を示した (図1A)。14m地点では疾走速度について高校生は最大疾走速度の90%、中学生は92%に達していた。また、疾走速度変化量が19-24m区間、29-30m区間、32-33m区間において高校生の方が中学生よりも高い値を示し (図1B)、さらに高校生において最大疾走速度到達距離が長いこと、結果として高校生は中学生よりも最大疾走速度が高くなったと推測される。

### 2. 加速区間の6歩と中間疾走区間のピッチ、ストライド、滞空時間、接地時間

0-10m区間において2歩目以降、疾走速度は高校生の方が中学生よりも高かった (図2A)。この高校生の疾走速度が高くなった原因を疾走速度変化量から検討してみると、疾走速度変化量が高い値を示したのは1m地点であった。この地点ではおそらく1歩目が着地していると推測されるが、1歩の疾走速度変化量 (1歩目の疾走速度) にはブロッククリアランスの水平速度成分と着地1歩目の水平速度成分を含んでいる。1歩目の疾走速度に高校生と中学生の有意差はなく (図2A)、ストライド、滞空時間、接地時間 (図3B・C・D) にも有意差はなかったが、ピッチについては1歩目において高校生が中学生より有意に高い値を示した (図3A)。これは中学生の1歩目の滞空時間と接地時間が、高校生よりも若干長かったためと推察される。接地時間が長いのは関節が屈曲、あるいは踵着地 (信岡ほか, 2020, p.37)、滞空時間が長いのは上体が上方へ起きているため (後藤

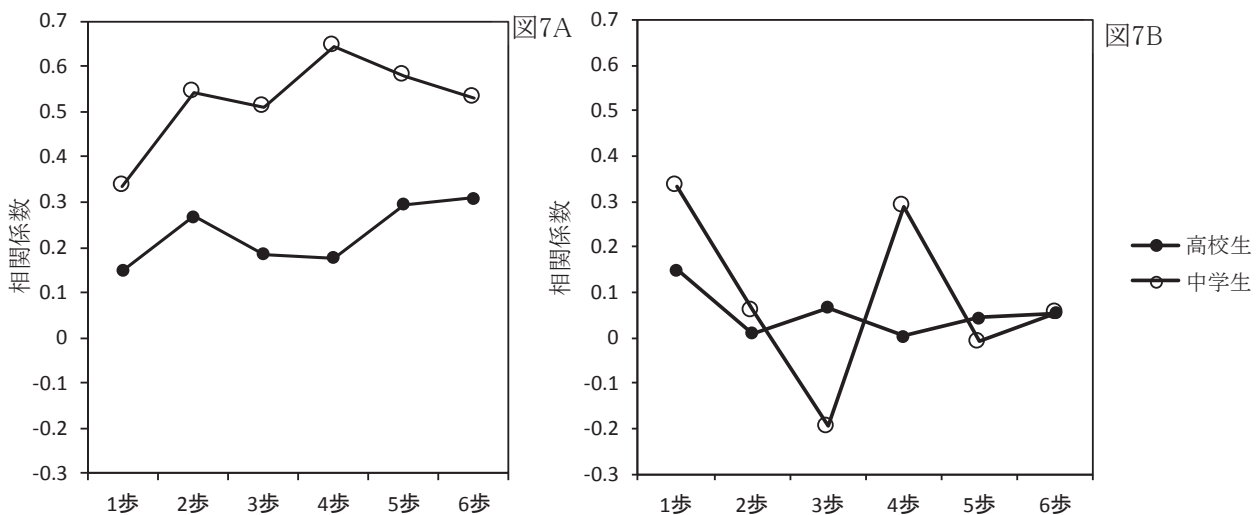


図7 加速区間 (0-10m) における歩数毎の最大疾走パワーと疾走速度 (A)、最大疾走パワーと疾走速度変化量 (B) の相関係数の変化  
相関係数の5%水準で有意になる相関係数は、高校男子: 0.349, 中学男子: 0.291.

ほか, 1988, p.9) と推定される。その後, 高校生の疾走速度は加速区間の2歩目から6歩目において中学生よりも高く, ストライドについては3歩目以降, 高校生の方が中学生よりストライドが長くなり, この傾向は6歩目まで続いた(図3B)。以上のことから, 加速区間の疾走速度における中学生と高校生の差は, 高校生の3歩目以降のストライドが中学生より長くなったことが影響していると推察される。

中間疾走のOptojump systemは35-45m地点に設置された。高校生の最大疾走速度到達距離は $38.08 \pm 6.16\text{m}$ であったため, 中間疾走のストライドとピッチは最大疾走速度に到達していたものと推定される。一方, 中学生の最大疾走速度到達距離は $31.43 \pm 5.48\text{m}$ であった。これは中学生の場合Optojump systemを設置した区間(35-45m)では最大疾走速度に達していないことを示す。しかし, 35m地点の中学生の疾走速度は, 最大疾走速度の98%に達していた(図1A)。このことから本研究の被験者の中学生は, 35-45m地点では概ね最大疾走速度に達していたと推察される。中間疾走については高校生が中学生よりもピッチが高く(図3A), ストライドも長く(図3B), 接地時間が短かった(図3D)。まず, ピッチであるが, これについて伊藤(2003, p.364)は高い疾走速度を得るために接地中に膝関節が屈曲そして伸展しないこと, 足関節を固定することを指摘している。おそらく高校生は中学生に比べて接地中の膝関節と足関節が固定されていると推察される。中間疾走のデータから高校生の最大疾走速度が高かった原因は高校生の接地時間が短かったため, 結果的に高校生のピッチが高くなり(図3A), 高校生のストライドも中学生よりも長かったためと推察される(図2A, 図3B)。

### 3. 最大疾走パワーと疾走速度, 疾走速度変化量の関連

最大疾走パワーと疾走速度との相関関係は, 高校生において0mから4mで相関係数 $r = 0.641$ まで急激に上昇し, 中学生においては0mから2mで相関係数 $r = 0.801$ まで急激に上昇した(図6A)。おそらく, 高校生は0から4m, 中学生は0から2mの区間で最大疾走パワーが発揮されたと推察される。その後, 高校生は4mから50mまで相関係数 $r = 0.641$ から $r = 0.731$ , 中学生は2mから50mまで相関係数 $r = 0.801$ から $r = 0.768$ を示し, ほぼ一定の値であった(図6A)。

宮崎(2009, p.74)は100m走記録と各地点の相関係数を検討し, 1.5m前後の疾走速度から100m走記録を予測することは可能であることを報告している。100m走記録と最大疾走速度は密接な関係にあり(松尾ほか, 2008, p.80), 1.5m前後の疾走速度から最大疾走速度は予測可能と思われる。また, パワーと走記録との関係があることが報告されている(生田ほか, 1972, p.65; 加百ほか, 1989, p.227)。おそらく, 1.5m前後以降の各疾走速度と最大疾走パワーとの間には強い相関関係があっ

たためと推察される。そのため最大疾走パワーは最大疾走速度を高める因子の一つであると推察される。

図6Bの高校生の疾走速度変化量と最大疾走パワーの相関係数は2mで $r=0.646$ を示した後, 10mの $r=0.138$ まで急激に下がった。この原因については本研究では明らかにすることができなかった。

最大疾走パワーと疾走速度, 最大疾走パワーと疾走速度変化量における歩数毎の相関係数の比較について, 高校生, 中学生との有意差が認められなかった。また, 高校生は最大疾走パワーと疾走速度, 最大疾走パワーと疾走速度変化量との間に低い相関係数が得られた(図7)。加速の仕方に個人差があると考えられており(永原, 2018, p.153-154), いずれの歩数で最大疾走パワーが発揮できたのかについては本研究では明らかにすることができなかった。

### 4. 高校生と中学生の加速区間および中間疾走の疾走特性

疾走速度変化量において高校生は中学生よりも1-14m区間で高かった(図1B)。ストライドが3歩目から6歩目まで高校生の方が中学生よりも大きく, 滞空時間, 接地時間に差はみられなかった。高校生の1歩目のピッチは中学生よりも高かったが, 2歩目以降, 有意差は認められなかった。

ストライドは跳躍高と初速度により決定される(福田ほか, 2013, p.60)。跳躍高は滞空時間によって求めることができ, 滞空時間において高校生と中学生の間に差はみられなかった。これらのことから, 高校生の疾走速度変化量が高かったのは各歩数の初速度が高校生の方が高かったと推測される。しかも, 高校生の跳躍高は中学生の跳躍高と同じであり, 3歩目以降ストライドが大きくなるため高校生の方が低く遠くに跳躍していると推測される。本研究ではフォームを分析していないため, 推測の域を脱しないが, 高校生の方が低く遠くに跳躍していると仮定すれば, 身体重心と接地足のつま先を結ぶ線と, 水平面がつくる角度(篠原ほか, 2014, p.893)が中学生よりも小さいと考えられ, いわゆる前傾姿勢がとれていると思われる。高校生は中学生と比較して接地時間に有意差はみられなかった。短い接地時間で水平方向に跳ぶには, 高いパワー発揮が高い必要がある(福田ほか2004, p.34-35)。これは本研究でも高校生が中学生よりも疾走パワーが高いことから理解できる(表1)。

最大疾走速度は高校生が $8.75 \pm 0.39\text{m/秒}$ , 中学生は $7.92 \pm 0.67\text{m/秒}$ であった。阿江(1992, p.40-41)は疾走速度が $8\text{m/秒}$ 以上はピッチの増大が影響することを述べている。高校生の場合, 中間疾走ではストライドも大きく, 接地時間も短く, 結果, 特にピッチが高かった。おそらく, 高校生の中間疾走は接地時間の長さによるピッチの高さと, ストライドの大きさが特徴的であった。中間疾走でも, 中学生より短い接地時間でよりストライドが長く, 滞空時間が中学生と同じだということは, 中



学生に比べてより低く遠くに跳んでいると考えられる。

小林ほか(2009, p.129)は一流選手が加速区間前半に对照群よりも大きな力積の水平成分を獲得する能力を有しており、加えて、10歩目以降に、より短い接地時間で对照群と同等の力積を獲得する能力を有していることを報告している。おそらく本研究の高校生は中学生に比べ、パワー発揮能力が高い加速区間で水平方向に力を発揮しやすい前傾姿勢をとることができていたと推察される。

歩幅指数は高校生と中学生との間に有意差はみられなかったため、高校生のストライドが大きいのは下肢長が長いためだと考えられる(図4A)。一方、歩数指数は3歩目と6歩目以外は高校生の方が高かった(図4B)。ピッチの要素である滞空時間、接地時間のうち滞空時間には中学生と高校生との間に有意差が認められなかった。また、接地時間は速度が高まれば短くなることわかっている(福田ほか, 2004, p.37)。下肢長(L)が長いことは周期(T)を長くする( $T=2\pi\sqrt{L/g}$ : g重力加速度)。下肢長が長いことは周期が長くなるため、ピッチを高めることが難しくなると考えられる。本研究において、高校生は中学生よりも身長が平均値で8cmほど高いため、高校生の方がピッチを高めることが難しいと推察される。しかし、本研の究結果では、歩数指数は高校生が中学生よりも高く、その傾向は5歩までみられ、中間疾走区間でも同様の傾向がみられた(図4B)。この歩数指数の分析により、身長が伸びることはピッチの低下を予想させるが、高校生はおそらくトレーニングによってピッチを高くする能力を身に付けたと推察される。以上のことから中学生から高校生の男子選手において、ピッチを高めるために接地時間を短縮するトレーニングの意義は大きいと考えられる。たとえば、後ろに脚を伸ばしすぎずに素早く脚を前方に持ってくる(藤井, 2003, p.286)、接地中に膝や股関節が曲がらないことに焦点を当てた筋力トレーニング(伊藤, 1999, p.152-153)を行うことが考えられる。同時に最大疾走パワーが高まることも、接地時に膝や股関節がショックを緩衝せず、固定され、その結果、接地時間が短くなることに関連があると推察される。

## 5. 今後のトレーニングについての提言

### ①短い廊下で実施できるトレーニング

一つ目はスターティングブロックを使用しクラウチングスタートを含めた0-10m区間の加速を高めることに焦点を当ててトレーニングすることを提案する。0-10m区間では最大疾走速度の80%に達し、1歩目で最大疾走速度の45%に達する。このことを考慮するとクラウチングスタートの習熟が重要である。また、最大疾走パワーは最大疾走速度に影響するため、最大疾走パワーが発揮されるこの区間の加速を高めることは冬期トレーニングの重要課題と考える。ブロックを使わない前傾姿勢から

パワーを高める方法として、自分と同程度の人を布の上に人を載せて<sup>注2)</sup>10m程度の距離を牽引するトレーニング(宮崎ほか, 2020, p.62)も有効だと考える。

二つ目は短い廊下で実施できることとして、その場でのリバウンドジャンプを提案する。発育発達を考慮した場合、ピッチを高めることが疾走速度を高める要因の一つであることが分かった。ピッチを高めるためには接地時間と滞空時間の短縮を踏まえたうえでストライドを維持することが必要であり、そのためには関節を固めてジャンプするリバウンドジャンプのトレーニングが有効であることが報告されている(荊山ほか, 2013, p.48)。廊下の床面は固いため、下肢関節への負担を考慮しながら、発達に応じてジャンプ回数を制限していくことが必要と考える。

### ②高校生と中学生の測定結果の違いを踏まえたトレーニング

高校生行うべきことはスターティングブロックからの推進力を高めるために、よりパワーを高めることや前傾姿勢によるストライドを広げるために、下腿部を固定し大腿部を前回転させて重心を水平方向に移動する技術を身に付ける必要があると考えられる(貴島ほか, 2010, p.37; 篠原ほか, 2015, p.682-683)。また、ジャンプとしては関節を固定した垂直方向のジャンプからストライド増加を目的とした水平方向へのジャンプのトレーニングが必要と考える。荊山ほか(2015, p.149)は足関節を固定するためにStiffnessを高める方法があり、リバウンドジャンプからバウンディングへと進めるトレーニングモデル紹介している。実際にバウンディングは母趾球を中心にした短い接地を意識したスプリントバウンディングへと発展させることにより、加速区間の改善に役立つという報告もある(米津ほか, 2007, p.26-28)。

## まとめ

陸上競技部に所属する高校生32名、中学生29名を対象に最大疾走パワーが廊下での50m走の各区間、各歩数の疾走速度変化量および疾走速度について検討し、以下の結論を得た。

- ① 高校生、中学生の男子は1歩目までに最大疾走速度の45%に達し、6歩目までに80%に達していた。
- ② 最大疾走パワーは4m以降疾走速度とほぼ同じ相関係数になった。最大疾走パワーは2-4m区間に強く影響しているが、加速の仕方に個人差があると考えられ、どの歩数の影響が強いのかについてはわからなかった。
- ③ 1歩目のピッチは高校生の方が中学生よりも高く、中間疾走のピッチも高校生の方が高かった。中間疾走の接地時間は高校生の方が短かった。加速区間のストライドについては高校生の方が長く、中間疾走においても高校生の方が長かった。

以上のことから、6歩目までの加速区間の急激な疾走速度の上昇は、4m付近で発揮される最大疾走パワーの影響を受けていると推測された。また、中間疾走において高校生が中学生に比べて短い接地時間で大きなストライドを得ることができるのは、高校生が中学生よりも短時間で大きな力を発揮する能力（疾走パワー）が高いことが影響していると推定された。上記のことから廊下を使った冬期トレーニングへの提言として、①高い加速能力を身に着けるためにスターティングブロックを使い、クラウチングスタートに必要な技術を身につけ、その技術に必要なパワーを身につけること。②接地時間の短縮を焦点にしたStiffnessの向上、ジャンプ力の向上が重要であると考えられる。

### 注

- 注1. 冬期トレーニング期間は外の部活動の多くが廊下を使っているため、1教室分（約10m）が一つの部活動に割り当たっている中学校の例がある。
- 注2. 廊下の摩擦にもよるが、概ね荷重の1/3が牽引するロープにかかる力になる。自分と同じ体重の人を布に乗せると自分の体重の1/3の荷重で牽引することになる。その荷重がおおよそ最大疾走パワーを発揮する負荷となる。

### 参考文献

- 阿江通良（1992）陸上競技のバイオメカニクス。日本陸上競技連盟編，陸上競技教本<基礎理論編>。大修館：東京，p.40-41.
- 藤井範久（2003）技術練習のバイオメカニクスの評価—身体運動を評価し，指導し，再評価する—。JJBSSE,7：280-290.
- 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.
- 後藤幸弘・山根文隆・辻野 昭（1988）走運動・ボール運動・バランス運動学習の適時性に関する基礎的研究—クラウチングスタート法，オーバーハンドスロー，ならびに竹馬乗りの練習効果の年令差について。—昭和63年度科学研究費補助金（一般研究C）研究成果報告書，1-10.
- 生田香明・渡部和彦・大築立志（1972）50m疾走におけるパワーの研究。体育学研究，17：61-68.
- 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，10：145-154.
- 伊藤 章（2003）短距離走に関する研究：コーチングに役立つ科学的根拠を求めて。体育学研究，48（4）：355-368.
- 伊藤 宏・伊藤 藍（2010）100m走の加速疾走区間における上体の前傾姿勢が最高疾走速度に与える影響について。静岡大学教育学部研究報告（教科教育学篇），41：229-236.
- 市原清志（1990）バイオサイエンスの統計学。南江堂：東京，p.233.
- 加百俊郎・山本正嘉・金久博昭（1989）各種パワーテストの成績と100m走タイムとの関係。競技力向上のスポーツ科学I，トレーニング科学研究会編，朝倉書店，p.224-229.
- 荻山 靖・図子浩二（2013）陸上競技跳躍種目のパフォーマンス向上に対するバウンディングとリバウンドジャンプの用い方に関するトレーニング学的研究。トレーニング科学，25：41-53.
- 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.
- 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：第11回世界陸上競技選手権大阪大会：日本陸上競技連盟バイオメカニクス研究班報告書，世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術，p.24-38.  
[http://www.jaaf.or.jp/t-f/pdf/11iaaf\\_osaka.pdf](http://www.jaaf.or.jp/t-f/pdf/11iaaf_osaka.pdf)（参照日2023年03月10日）
- 金高宏文・秋田真介・松田三笠・瓜田吉久（2001）100m走における加速時のパワー発揮の分析：加速時に段階的なパワー発揮はあるのか？。鹿屋体育大学学術研究紀要，26：33-38.
- 金高宏文・松村 勲・瓜田吉久（2005）100m走の加速区間における局面区分の検討—疾走速度，ストライド及びピッチの1歩毎の連続変化を手がかりにして—。スプリント研究，15：89-99.
- 小林 海・土江寛裕・松尾彰文・彼末一之・磯 繁雄・矢内利政・金久博昭・福永哲夫・川上泰雄（2009）スプリント走の加速局面における一流短距離選手のキネティクスに関する研究。スポーツ科学研究，6：119-130.
- 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・土江寛裕・杉田正明（2008）男女100mレースのスピード変化。バイオメカニクス研究，12：74-83.
- 宮崎俊彦（2009）青少年の疾走能力の向上について。北

- 海学園大学経営学部経営論集, 6:71-88.
- 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 (2020) 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. 北海道体育学研究, 55:53-64.
- 宮丸凱史 (2002) 疾走能力の発達: 走り始めから成人まで. 体育学研究, 47:607-614.
- 永原 隆 (2018) 加速疾走パフォーマンスに関する近年の知見—長走路フォースプレートシステムを利用した研究を中心として—. トレーニング科学, 30:151-159.
- 信岡沙希重・樋口貴俊・後藤悠太・中田大貴・磯 繁雄・彼末一之 (2020) 児童の接地タイプによる疾走パフォーマンスの違い. スポーツ科学研究, 17:28-43.
- 齋藤昌久・伊藤 章 (1995) 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化・体育学研究, 40:104-111.
- 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.
- 篠原康男・前田正登 (2015) クラウチングスタートにおけるスターティングブロックの役割とその効果に関する検討. 体育学研究, 60:667-684.
- 東京都立大学体育学研究室編 (1970) 日本人の体力標準値 第4版. 不昧堂出版, p.306.
- 米津 毎・青木和浩・佐久間和彦・越川一紀・金子今朝秋 (2007) 大学男子短距離走者におけるスプリントバウンディング及びバウンディング運動のトレーニング効果について. 陸上競技研究, 69:22-29.

{ 令和3年3月31日 受付 }  
{ 令和5年7月10日 受理 }