北海道体育学研究　48：49－54，2013

実践研究

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―

宮　﨑　俊　彦[1]，田　中　昭　憲[2]，竹　田　安　宏[3]，工　藤　修　央[4]

Relationship between interval sprint speed increase and sprint power in short-distance sprints: Comparison of middle school and high school students

Toshihiko Miyazaki[1], Akinori Tanaka[2], Yasuhiro Takeda[3], Nobuo Kudou[4]

Abstract

This study examines whether age influences the relationship between interval sprint speed increase and sprint power in short-distance sprints. Six middle school and six high school students performed 50-m indoor sprints. In addition, they sprinted while pulling loads equivalent of 15 and 35% of their body weight (BW). Each power value, including the maximum sprint power (Resistance Sprinted System Max Power: RSSMP) was calculated by multiplying the load with the sprint speed while pulling the load. RSSMP was demonstrated with a load equivalent of 33-39% (BW) and was approximately the same as the power exerted with a load of 35% BW. A high correlation coefficient between RSSMP and sprint speed increase was noted in the 5-15 m interval. About the maximum of the estimated power of traction, a junior high student showed the value that 32.65 ± 2.15 kg, a high school student were higher in 50.09 ± 1.92 kg. Because a high school student could give force at the same speed, RSSMP increased particularly the sprint speed increments of the 5-15 m section increased. As a result, it was thought that the maximum sprint speed increased.

Key words : running power, middle school student, high school, towing

緒　言

成人の100m走記録は最大疾走速度に強く影響されていることはよく知られている（松尾・金高，2001）．速度は加速度の積分値であらわされるので，最大疾走速度はそれまでの加速度の積分値であらわすことができる．加速度は力を必要とし，金高ほか（2001）は最大パワーと100m走の最大疾走速度との間に有意な相関関係（r=0.813, p＜0.0001, n=18）があったことを報告している．生田ほか（1972a）も自転車エルゴメーターで得られたパワーの最大値と50m走記録との間に有意な相関関係（r＝－0.72，p＜0.001，n＝22）があることを報告

１．札幌市立元町中学校
〒065－0028　札幌市東区北28条東20丁目１番１号
２．北海学園大学
〒062－8605　札幌市豊平区旭町４丁目１番40号
３．札幌南高等学校
〒064－8611　北海道札幌市中央区南18条西６丁目１－１
４．千歳市立勇舞中学校
〒066－0078　千歳市勇舞３丁目４－２

著者連絡先　宮﨑　俊彦
jhgqq231@ybb.ne.jp

1．Sapporo Motomachi Junior High School
1－1, Kita 28-jo Higashi 20-chome, Higashi-ku, Sapporo 065－0028
2．Hokkai Gakuen University
1－40, Asahi-machi 4-chome, Toyohira-ku, Sapporo 062－8605
3．Sapporo Minami High School
1－1, Minami 18-jyo Nishi 6-chome, Chuo-ku, Sapporo 064－8611
4．Chitose Yumai Junior High School
4－2, Yumai 3-chome, Chitose 066－0078

している．一方，中学生の場合では，走成績は最大疾走速度と強い相関関係にあるのにもかかわらず，最大疾走パワー（Resistance Sprinted System Max Power: RSSMP）と室内50m走との間に相関係数r=－0.374の弱い相関関係しかないことが報告されている（宮崎ほか，2011）．また，宮崎ほか（2012）は走成績と最大疾走速度と関連があるものの，その最大疾走速度に一番影響している0－5m疾走速度増加量とRSSMPとの間には相関関係がなく，0－5m疾走速度増加量とRSSMPが発揮される負荷より軽い体重10%の負荷でのパワーをさらに体重で除した指数の相関係数が高くなることを報告している．中学生の疾走速度増加量はRSSMPと相関関係がなく，より軽い負荷でのパワーで0－5m区間の疾走速度増加量を高めていることになる．このことは中学生と大人との間に50m走成績に対する最大パワーとの影響が同じではないことを意味している．生田・猪飼（1972b）は，男子におけるパワーは13歳から急激に発達することを報告している．中学生ではRSSMPと疾走速度増加量が相関関係がなく，大人では相関関係があるとすると，高校生ではその移行期間になると考えられる．そこで本研究では中学生だけのデータと、中学生から高校生までのデータを比較することにより，パワーの発達と，最大疾走速度あるいは区間速度増加量との関連性が明らかになるものと考えた．

これを明らかにするため，中学生，高校生を対象に①中学生・高校生の最大疾走速度に最も影響している区間を明らかにすること，②その区間で発揮されているパワーを推定すること，③中学生のみと中学生・高校生を含んだ比較において疾走パワーと疾走速度増加量との相関係数を求め相関係数の違いを検討することを目的とした．

方　法

男子中学校陸上部員６名と男子高校生陸上部員６名を対象にした．被験者には、測定結果を一週間以内に返却することを説明し，測定に参加してもらった．被験者には測定で得られたデータについては無記名で公開することの同意書を得た．また，学校の施設の使用に際しては管理職の承諾を得た．

測定は学校の廊下で行い，各自が普段使用しているトレーニングシューズを着用させた．スターティングブロックをパネル木材の上に設置し，50mの全力疾走を行った．ピストル音により光電管（Speed Trap II, perform　better社製）を作動させ，10m，20m，30m，の記録を測定した．　疾走速度をレーザー速度測定器（LDM300C SPORT, JENOPTIK社製）により測定した．疾走速度増加量は５m毎に各地点の疾走速度を求め，その差を５m毎の疾走速度増加量とした．

疾走パワーの測定は宮崎ほか（2011）の方法を用いた．被験者には50m走（０%）と体重の15%・35%の負荷を30m牽引させ，各試技の最大疾走速度と負荷との積を疾走パワーとした．負荷を牽引した時のロープにかかる力は予め握力計（竹井機器社, グリッピ－Ａスメドレー式, 検定済み）を用い，負荷と床面の摩擦を計測した．５負荷（10，20，40，60，80kg）を速度0.5m／秒で牽引し，４か所（2.5, 7.5, 12.5, 17.5m地点）において握力計でロープに加わる張力を計測した．力－速度関係は多関節の場合には直線になることが分かっている．そのため，体重の０・15・35%の３点から回帰直線を求め，速度0の負荷を求め，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、求める負荷のパワーを推定した．最大のパワーをRSSMPとし，また，相対体重の負荷に対するパワー値を求めた．（例：体重50%負荷のパワーを50% wtPと表した．）

疾走速度増加量と各パワーとの関連に中学生から高校生にかけて変化があるかどうかを検討するために，宮崎ほか（2011）のデータに本研究の中学生被験者のデータを加えた中学生だけのデータ（n=49）と, 今回の中学生・高校生を合わせたデータ（n=12）で相関係数の比較を行った. 中学生のデータと中学生・高校生を合わせたデータとの相関係数の比較については．相関係数をｚ変換してその差を正規分布表より求め, ５%水準で有意差を判定した（市原,1990）．

データは平均±標準偏差で示した.中学生と高校生との体格，RSSMP，RSSMPの出現した体重あたりの相対負荷の差の検討を行う際にはt検定を用いた．中学生と高校生の疾走速度の差、相対疾走速度の差については疾走速度の最大値についてｔ検定を行った．５m毎の疾走速度増加量については増加量が０になる30m地点までの５m毎の疾走速度を疾走速度曲線から取出し，二元配置の分散分析（繰り返しのある）を行った．標本内の多重比較にはScheffeの方法を用い，５%水準で有意差を判定した．相対疾走速度の90%に達する地点の中学生と高校生の比較はｔ検定を行った．３負荷（ｘ）とその負荷を牽引した最大疾走速度（ｙ）との回帰直線の傾きとｘ切片（速度０に相当する負荷）を被験者毎に算出し、その傾きとｘ切片について中学生と高校生との間に差があるかをｔ検定により検討した．

結　果

体格，最大疾走速度，およびパワーは高校生の方が高い結果となった（表１）．中学生・高校生を合わせた12名での疾走速度と50m走成績との相関係数はｒ＝－0.989（p<0.01）であった．最大疾走速度と５m毎の疾走速度増加量との相関関係は0－５m区間のr=0.930（p<0.01）から漸増し，10－15m区間においては最高値の相関係数r=0.971（p<0.01）を示した．その後，20－25m区間のｒ＝0.820（p<0.01）から25－30m区間のｒ＝

表１　中学生と高校生の身体的特徴

	人数	身長（cm）	体重（kg）	RSSMP（w）	RSSMP/wt（w/kg）
中学生	6	164.1±6.5*	49.3±6.92**	606.4±111**	12.2±0.7**
高校生	6	173.4±3.8	64.2±4.61	1074.1±110	16.7±0.7

	Lrssmp（%）	50m走（秒）	最大疾走速度（m／秒）	最大疾走速度出現距離（m）
中学生	33±1.3**	7.76±0.32**	7.66±0.41**	34.18±6.00
高校生	38.9±1.4	6.82±0.13	8.89±0.27	39.38±3.01

平均値±標準偏差
*p＜0.05,**p＜0.01

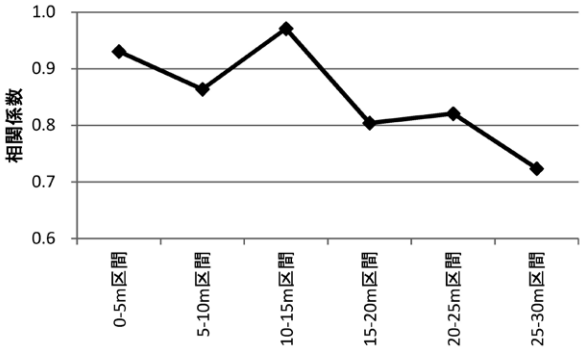

図１　５m毎の疾走速度増加量と最大疾走速度との相関係数
有意な相関係数:r＝0.576（p＜0.05）であるため，どの区間の相関係数も有意であった.

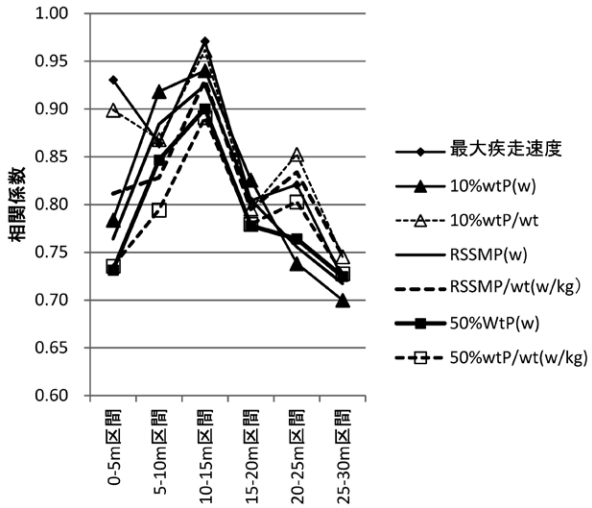

図２　５m毎の疾走速度増加量と各パワー指数との相関係数
有意な相関係数:r＝0.576（p＜0.05）
どの区間の相関係数も有意であった.

0.723（p<0.01）へと漸減した（図１）．５m毎の疾走速度増加量と各パワーとの検討において，0－5m疾走速度増加量（m/秒）と 体重あたりのRSSMPとの相関係数はr=0.811，50％ wtP/wtと0－5m疾走速度増加量との相関係数はr=0.736（p<0.01）であった．10－15m疾走速度増加量と体重あたりのRSSMPとはr=0.924（p<0.01），50％ wtP/wtも r ＝0.891（p<0.01）を超えた．その後の区間では相関係数は漸減した（図２）．

疾走速度の経過を図３に示した．最大疾走速度は中学生と高校生の間に有意差があり（表１），体重15％

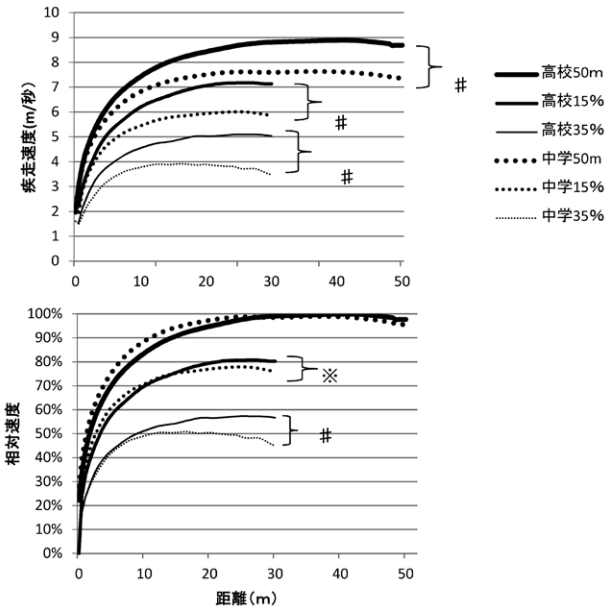

図３　各負荷の疾走速度曲線と相対速度曲線
#：50m最大疾走速度，体重15％負荷・体重35％負荷での疾走速度の最大値は中学生と高校生の間に有意差が見られた.
相対速度において，体重35％負荷において疾走速度の最大値は中学生と高校生の間に１％水準で有意差が認められた.
※：相対速度において体重15％負荷において疾走速度の最大値は中学生と高校生との間に５％水準で有意差が認められた.

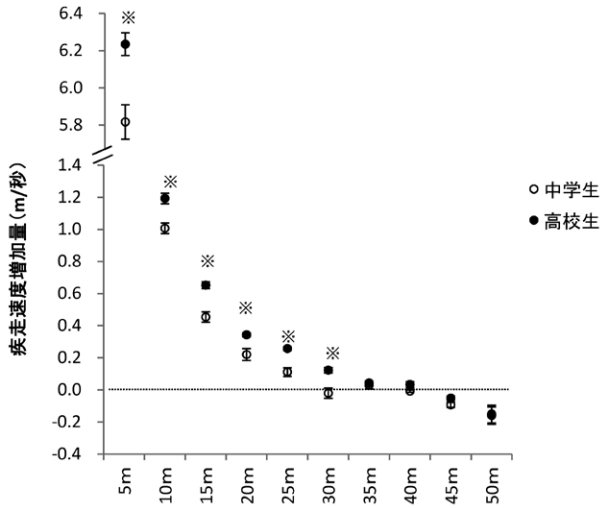

図４　５m毎の疾走速度増加量の中学生と高校生の比較
平均±標準誤差
※:中学生群と高校生群の群間差が有意であることを示す.

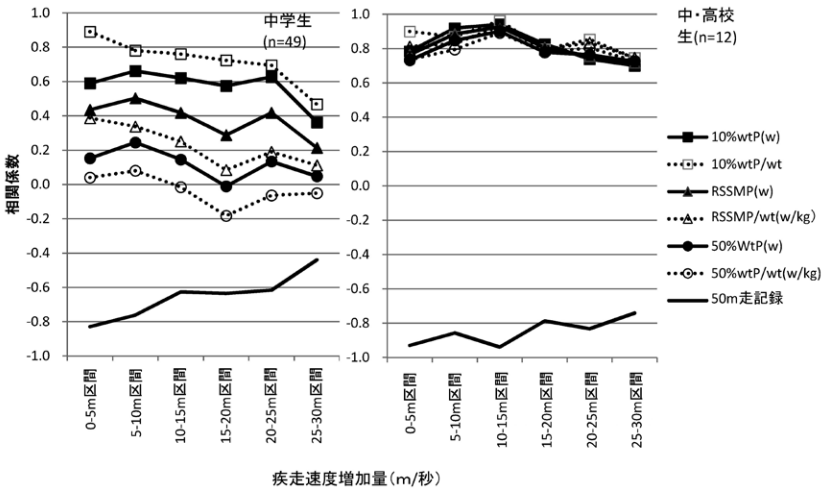

図５　５ｍ毎の区間疾走増加量と各パワー指数との相関係数の中学生（n＝49）と中・高校生（n＝12）の比較

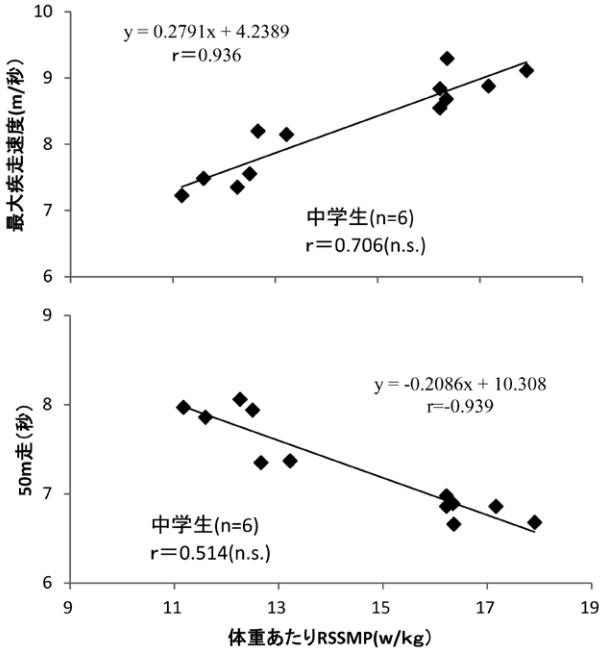

図６　体重当たりのRSSMPと50m走・最大疾走速度の関係
有意な相関係数:r＝0.576（p＜0.05）
なお，図中のプロットは中１: １名，中２: ５名，高１: ２名，高２: ４名であった.

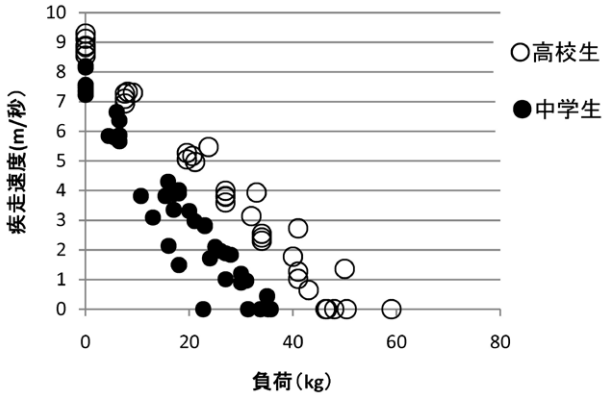

図７　力－速度関係
実際の測定値は最大疾走速度と体重15・35％負荷の３点のみ，その他の点は各個人の力－速度関係から推定で求めた.
最大疾走速度は中学生vs.高校生で有意差有(p<0.01)
疾走速度０ｍ／秒の負荷は中学生vs.高校生で有意差有(p<0.01)
傾きは中学生vs.高校生で有意差有(p<0.05)

負荷の30m走の疾走速度の最大値は高校生7.2±0.16m／秒，中学生6.1±0.39秒で有意差があった（p<0.01）．体重35％負荷の30m走の疾走速度の最大値は高校生5.15±0.20m/秒，中学生は4.00±0.19m／秒で有意差があった（p<0.01）（図3）．体重15％負荷の30m走における相対速度の最大値は高校生81.1±0.03％，中学生78.1±0.02％秒で有意差があった（p<0.05）．体重35％負荷の30m走における相対速度の最大値は疾走速度の最大値は高校生57.9±0.02％，中学生51.3±0.02％で有意差があった（p<0.05）.

50m走において最大疾走速度出現距離は中学生と高校生の間に有意差は認められなかった（表１）が，相対疾走速度の90％に達する地点はスタート地点から中学生10.75m±0.44mに対して高校生は13.66±0.35mと高校生の方が90％に達する区間が長かった（p<0.01）（図３）.

５ｍ毎の疾走速度増加量については二元配置分散分析を行った結果、中学生と高校生との間に有意差が見られた（F＝75.202，p<0.001<0.01）．５ｍ毎の距離についても有意差があった（F＝6549.03, p<0.001<0.01）．学校区分（中学生vs. 高校生）×距離についても交互作用に有意差が見られた（F= 3.659，p<0.01）．このことは，高校生と中学生において，疾走速度増加量の変化（減少）パターンが異なっていることを示唆している．多重比較の結果，どの区間速度増加量においても高校生の方が中学生よりも疾走速度増加量が高かった（図４）.

各パワー値と５ｍ毎の区間疾走速度増加量との相関係数を中学生（n=49）と今回の中学生・高校生（n=12）で比較・検討したところ，RSSMPと５－10m区間疾走速度増加量，10％ wtP/wtを除くすべてのパワーと10－15m区間疾走速度増加量との間における相関係数に有意な差が見られた（p<0.05）（図５）.

体重あたりのRSSMPと最大疾走速度との間の相関

関係はｒ＝0.936（p<0.01），体重あたりのRSSMPと50m走成績との間の相関関係はｒ＝－0.939であった（p<0.01）（図６）．推定の牽引力の最大値（力－速度関係の速度0の値）は中学生32.65±2.15kg，高校生は50.09±1.92kgで高校生の方が高い値を示した（p<0.01）．３負荷と各最大疾走速度との回帰直線の傾きは高校生が－0.181±0.007，中学生－0.237±0.017と高校生の方が有意に高い値を示した（p<0.05）（図７）．

考　察

今回の我々が明らかにしたことは，中学生だけを対象にした場合では，最大パワーと50m走成績，最大パワーと最大疾走速度とは相関関係が認められず，高校生と中学生を合わせると最大パワーと50m走成績との相関関係が認められるということである．最大パワーと短距離走の関連が認められている報告は，一般成人を対象にした生田ほか（1972a），金高ほか（2001）の報告と，本研究の高校生と中学生を合わせたデータとでは一致している．最大パワーと短距離走成績との関連が認められるのは走記録の幅が広いサンプルか，成人に近い年齢に認められることなのかもしれない．少なくとも，中学生においては最大パワーと短距離走成績との間に強い相関関係はないと考えられ，中学生は10％ wtPのような軽いパワーで50m全区間を走っていると思われる．今後，高校生だけのデータで最大パワーと短距離走成績との関連が認められるかどうかはデータを集積して今後検討していく必要がある．

疾走速度増加量を疾走速度との関連から見てみると，高校生は50m走において5m地点で6.23m／秒の速度から10m地点まで1.19m／秒の疾走速度増加があった．これに対し中学生は5.81m／秒の速度から10m地点まで１m／秒の疾走速度増加量があった．高校生は中学生よりも速い疾走速度でありながら疾走速度増加量が大きい現象が30m地点まで続いていた（図４）．結果として，30m地点付近で出現している最大疾走速度には高校生と中学生では有意差が認められた（表１）．また，速度0m/秒の牽引力の推定最大値は高校生と中学生では有意差が認められた．このことは力―速度関係が高校生の場合に中学生よりも右上に移動していることを意味していると考えられる（図７）（淵本・金子,1981）．

最大疾走速度はそれまでの速度増加量の加算されたものである．0－15mの走度増加量と最大疾走速度が強い相関関係にあることから0－15m区間の速度増加が最大疾走速度を増加させるのに大きく影響を与えていると考えられる．本研究ではRSSMPと5－15m区間の疾走速度増加量との間に有意な相関関係が認められた．おそらく，RSSMPは5－15m区間の疾走速度増加量に強く影響し，最大疾走速度を高めることに貢献していると考えられる．ただ，RSSMPが発揮される相対速度は高校生の場合57％，中学生の場合には相対疾走速度は51％であった．5－15m区間は少なくとも70％以上の相対疾走速度に達しているため，5－15m区間においてRSSMPが発揮されているとは考えられない．今後，5－15m区間でなぜ，RSSMPが影響しているのかは今後，詳細な分析をする必要があると考える．

中学生の筋力あるいはパワーはこの時期から急激に発達することが報告されている（久野,2001，淵本・金子，1981，生田・猪飼，1972b）．おそらく中学生から高校生にかけての時期に筋力を獲得し，それがRSSMPの増加とつながり，5－15m区間の疾走速度増加量を高め，結果的に最大疾走速度が高まると思われる．

ま と め

発育期にある中学生の50m走と最大疾走パワーとの関連を調べるために，中学生６名と高校生６名，合わせて12名を対象に室内50m走（0％）・体重15％と35％負荷を30m牽引させて，それぞれの負荷と疾走速度の積からパワーを求めRSSＭＰをはじめ各パワー値を求めた．最大疾走速度と0－25m区間まで5m毎の疾走速度増加量との間の強い相関関係が認められた．先行研究を含めた中学生（n=49）と中学生・高校生（n=12）の5m毎の疾走速度増加量とそれぞれのパワー値との相関関係を比較したところ，RSSMPと5－15m区間疾走速度増加量との間の相関係数に差が認められた．推定の牽引力の最大値（力―速度関係の速度0の値）は中学生32.65±2.15kg，高校生は50.09±1.92kgで高校生の方が高い値を示した（p<0.01）．以上のことから，高校生は中学生と比較して，筋の力―速度関係における同じ速度の発揮筋力が高くなるため，パワー発揮能力も高まり，特に5－15m区間疾走速度増加量が増し，結果的に最大疾走速度が高まると考察した．

文　献

久野譜也（2001）疾走能力と筋の発達特性．宮丸凱史編，疾走能力の発達．杏林書院：東京，p.197.

生田香明・渡部和彦・大築立志（1972a）50m疾走におけるパワーの研究．体育学研究，17：61－68.

生田香明・猪飼道夫（1972b）自転車エルゴメーターによる Maximum Anaerobic Power の発達の研究.体育学研究，17：151－157.

渕本隆文・金子公宥（1981）人体筋の力・速度・パワー関係における年齢差．体育学研究，25：273－280.

市原清志（1990）バイオサイエンスの統計学．南江堂：東京，p.233.

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.
松尾彰文・金高宏文（2001）レーザー方式による経時的疾走速度の計測．体育の科学，51：593－597.
宮﨑俊彦･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.
宮﨑俊彦・田中昭憲・工藤修央（2012）中学生の室内50m走における最大疾走速度と区間疾走速度増加量について～パワー発揮からの考察～.北海道体育学研究，47：51－55.

（平成25年３月13日　受付
平成25年７月11日　受理）