

〔研究ノート〕

スプリント能力と自転車エルゴメーターによる ペダリング発揮パワーおよび体格との関係

若 吉 浩 二
藤 田 能 彰
明 石 光 史

要約

疾走スプリント能力（以下、スプリント能力）は、多くの運動・スポーツの場面においてパフォーマンスに大きな影響を与える。このスプリント能力はペダリング運動で得られた情報をもとに評価でき、生田ら³⁾は、スプリント能力とペダリング発揮パワーに相関関係があることを報告している。しかしながら、先行研究ではスプリント能力を疾走距離 50m 前後で評価していることが多く、球技系の多くのスポーツでは全力疾走する距離が 50m より短いことの方が多い。そこで本研究では、疾走距離 30m のスプリント能力とペダリング運動との関係を明らかにすることを目的とした。被験者は、大学男子陸上競技部10名とした。30m 走測定は 10m 毎に光電管を設置し、0-10m 区間、0-20m 区間および 0-30m 区間で行った。なおスタートはスタンディングで、自らのタイミングで動き出し、身体がセンサーに触れた時点をスタートとした。ペダリング発揮パワー測定では10秒間全力ペダリング運動を行った。負荷 (kp) の設定は、被験者それぞれの体重の 5%、7%および 9%とした。得られたデータは、各負荷における最高回転数、平均パワー、最大発揮パワーおよび最大発揮パワー到達時間である。また 3 段階の負荷における最高回転数との関係から、推定最大発揮パワーも算出した。30m 走タイムは、ペダリング運動の各体重における負荷 7%と 9%において最高回転数と有意な負の相関関係が認められ、負荷 9%のみに 30m 走タイムは平均パワーおよび最大発揮パワーに有意な負の相関関係が認められた。また 30m 走タイムと推定最大発揮パワーでは有意な負の相関関係が認められた。加えて体格面である身長は測定された他のデータの多くと有意な相関関係が認められた。

1. 緒言

“走る”ことは、ヒトが基本としている運動の一つであり、単位時間当たりの足の回転数を表すピッチと歩幅を表すストライドで構成されている。そして、ピッチとストライドを乗じたものが走速度となる。この走速度は、多くの運動・スポーツ場面においてパフォーマンス（競技力）と強く関係している。その中でも陸上競技は、短距離・長距離に

注：藤田能彰（2020年度大阪経済大学人間科学部卒業）

において、それぞれ走る速さを競い合う競技である。また、球技系のスポーツにおいても、短い距離を加速的に疾走できる能力（スプリント能力）は、強く求められるところである。

これまでの先行研究において、スプリント能力に影響する体力的要因として、下肢の筋力やパワーなどが挙げられてきた。なかでも自転車エルゴメーターによるペダリング運動で得られた情報をもとに、スプリント能力のパフォーマンスとの関係性を評価する研究^{1,3,4,10)}が数多く行われてきており、特にペダリング運動の発揮パワーとの有意な相関関係を示す報告が多くなされている。このように自転車エルゴメーターを用いた短時間高強度運動の全力ペダリング運動は、短距離に必要なパワーを簡易的に評価するテストとして広く普及しているといえよう。

しかしながら、これまでの研究においてはスプリント能力を50m前後の疾走距離で評価しており、それよりも短い距離でのスプリント能力について検討した研究はあまりみられない⁶⁾。短距離走の記録向上のトレーニング方法を検討する上で、加速局面、最大疾走局面、そして減速局面のそれぞれの疾走区間に分け、各局面からパフォーマンスについて調査・検討されることが多い。このことは疾走局面によって走速度に影響する要因が異なることを示唆するものである。また多くの球技系スポーツでは、全力疾走する距離は50mよりも短い傾向にある。したがって30mという加速局面でのスプリント能力とペダリング運動との関係を明らかにすることは、陸上競技短距離走だけではなく、球技スポーツのトレーニングを考える際にも有用な資料となるであろう。

伊藤ら⁵⁾は、高競技者を対象に疾走動作と走速度との関係について研究を行い、疾走速度の高い選手ほど高い歩数（ピッチ）と大きな歩幅（ストライド）を発揮していたと報告している。近年では、体格とスプリント能力に関する先行研究^{11,13,14,15)}は数多くみられ、下肢長が長いほどストライドが広くなり、疾走速度が向上することが報告されており、体格がスプリント走に影響しパフォーマンスを左右することが指摘されている。しかしながら、大学生を対象とした体格とスプリント能力に関する研究はあまり見られない。

そこで本研究では自転車エルゴメーターの10秒間全力ペダリング運動を用いて、30m疾走という加速局面でのスプリント能力とペダリング運動との関係を明らかにすることを目的とした。加えて大学生の競技者の体格的要素を示す体重、身長およびBMIとスプリント能力との関係性にも注目することとした。

2. 研究方法

2-1. 被験者

被験者は、本学男子陸上競技部10名（短距離8名、跳躍2名）とし、身体的特性は（年齢：19.8±0.7歳、身長：171.6±4.8cm、体重62.1±4.1kg、BMI21.1±1.1、競技歴5.9±2.6年）であった（表1）。これらの被験者の中には短距離、跳躍パートのさまざまな競技レベルの選手が含まれていた。本研究への参加にあたっては、事前に被験者に予め測定内容の説明を行い、同意を得た。また測定は、被験者の事故・怪我が無いように最善の注意を払い実施された。

表 1. 被験者の身体的特徴

被験者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI	競技歴 (年)	パート
1	19	180	62	19.14	1.5	短距離
2	20	167	59	21.16	8	短距離
3	20	173	60	20.05	1.5	短距離
4	21	173	66	22.05	6	短距離
5	20	169	63	22.06	5.5	短距離
6	20	172	58	19.61	8	跳躍
7	19	173	67	22.39	8	短距離
8	19	178	69	21.78	4	短距離
9	19	163	55	20.70	7	短距離
10	21	168	62	21.97	9	跳躍
平均値	19.8	171.6	62.1	21.1	5.9	
標準偏差	0.7	4.8	4.1	1.1	2.6	
最大値	21	180	69	22.39	9	
最小値	19	163	55	19.14	1.5	

2-2. 測定内容

2-2-1. 30m 走測定

30m 走の測定には、株式会社ニシ・スポーツ (NISHI) の無線式光電管を用いた。被験者には十分なウォーミングアップを行わせた後に、直走路においてスタンディング姿勢からセンサーに触れないようにつま先をスタートラインに合わせ、自らのタイミングで動き出し、身体がセンサーに触れた時点をスタートとした。30m の全力疾走にて、10m 毎に光電管を設置し、0-10m、0-20m および 0-30m の通過時間を測定した。測定値は 0.01 秒まで計測することができる。試技は 2 回試行し、良い方のタイムを記録として採用した。各区間の通過時間を距離で除すことにより、疾走速度を算出した。なお、測定には本大学所有の土のグラウンドで行った。

2-2-2. 自転車エルゴメーターのペダリング発揮パワー測定

自転車エルゴメーターのペダリング発揮パワーの測定には株式会社 OCL 製の風神雷神を用いた。サドルの高さは各自が最もペダリングの行いやすい高さにセットし、トゥクリップを装着した。被験者は十分にウォーミングアップを行った後、10 秒間全力ペダリング運動を行った。そして 7 分間以上休息をはさんで、計 3 段階の負荷で行った。負荷の設定 (kp) は、被験者それぞれの体重の 5%、7% および 9% とした。被験者には最初から最後まで常に全力を出し切るように指示した。また、ペダリング中は正確なデータを得るためサドルから臀部を浮かさないようにし、足部とペダルを固定することで安定性を高

めた。

10秒間の全力ペダリング運動で得られたデータは、それぞれの負荷における最高回転数 (Maximum rotations per minute), 平均パワー (Average power), 最大発揮パワー (Maximum power), 最大発揮パワー到達時間 (Maximum power reaching time) である。また3段階の負荷における結果をもとに、各被験者の推定最大発揮パワー (Pmax: Estimated maximum power) も算出した。またパワーは力と速度の2つの要素から成り立っており、力 (F) は加速度と物体の質量を掛け合わせたもの ($F=m \times a$, m =物体の質量, a =加速度) である。そこで体重の要素を消去するためにパワーの値を体重で割って、体重1kg当たりのパワー発揮を算出し、これによって各被験者のパワー発揮能力を評価できる1つの有効な手段となる。合わせて体重当たりの推定最大発揮パワーも算出した。

3. 結果

3-1. 30m 走タイム

表2に30m走における10mごとの記録と疾走速度を示した。10m, 20mおよび30mの走タイムはそれぞれ 1.78 ± 0.06 秒 (平均値±標準偏差; 以下同じ), 3.01 ± 0.08 秒および 4.16 ± 0.1 秒であった。また10m, 20mおよび30mの疾走速度はそれぞれ 5.64 ± 0.19 m/s (平均値±標準偏差; 以下同じ), 6.66 ± 0.18 m/sec および 7.21 ± 0.18 m/sec であり、標準偏差にほとんど差がなく、距離が増加するとともに走速度が増加する傾向が認められた。

表2. 30m走の成績

	30m 走の成績					
	0-10 m		0-20 m		0-30 m	
	記録 (秒)	速度 (m/s)	記録 (秒)	速度 (m/s)	記録 (秒)	速度 (m/s)
平均	1.78	5.64	3.01	6.66	4.16	7.21
標準偏差	0.06	0.19	0.08	0.18	0.1	0.18
最大値	1.87	5.95	3.14	6.97	4.33	7.48
最小値	1.68	5.35	2.87	6.37	4.01	6.93

3-2. 自転車エルゴメーターのペダリング運動

自転車エルゴメーターを用いた10秒間の全力ペダリング運動によって被験者それぞれの体重に対する5%, 7%および9%の負荷それぞれの最高回転数, 最大発揮パワー, 平均パワー, および最大パワー到達時間を出した。また3段階の負荷における結果をもとに、各被験者の推定最大発揮パワーも算出した。表3, 表4および表5はその10秒間の全力ペダリング運動での3段階負荷の最高回転数, 最大発揮パワーおよび各被験者の推定最大発揮パワーを示したものである。推定最大発揮パワーの最高値は1693.4wattで、体重当たりの推定最大発揮パワーは27.31watt/kgであった。

図1, 図2, 図3および図4は推定最大発揮パワーの高値を示した上位2名の10秒間の

表 3. 5%, 7%および9%負荷の最高回転数

	5%最高回転数 (rpm)	7%最高回転数 (rpm)	9%最高回転数 (rpm)
平均値±SD	194.2±8.11	181.6±9.71	161.4±12.74
最大値	204	194	181
最小値	179	167	139

表 4. 5%, 7%および9%負荷の最大発揮パワー

	5%最大発揮パワー (watt)	7%最大発揮パワー (watt)	9%最大発揮パワー (watt)
平均値±SD	595.1±47.42	770.6±63.53	883.6±88.04
最大値	650	872	1030
最小値	490	657	744

表 5. 推定最大発揮パワーと体重当たりの推定最大発揮パワー

被験者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
推定最大発揮パワー (watt)	1693.4	1163.1	929.8	867.2	795.0	1062.9	1606.8	1128.1	909.3	1179.6
体重当たりの最大発揮パワー (watt/kg)	27.31	19.71	15.50	13.14	12.62	18.33	23.98	16.35	16.53	19.03

全力ペダリング運動の測定データを表したものである。図1と図2の回転数 (rpm) では被験者 No.1 と No.7 にほとんど差がなく、どの負荷もスタートから2秒で勢い良く立ち上がり、9%は他の負荷に比べやや低い回転数となった。5%および7%はほぼ同じ回転数で似たような軌道となった。また図3と図4の発揮パワー (watt) でも両被験者にほとんど差は見られず、どの負荷もスタートから2秒で勢い良く立ち上がり、約2秒から4秒後までなだらかに上昇した。9%負荷では約4秒でピークを迎えるが、5%と7%負荷では約7秒までピークが維持されていた。その後なだらかに測定終了の10秒まで下降傾向と

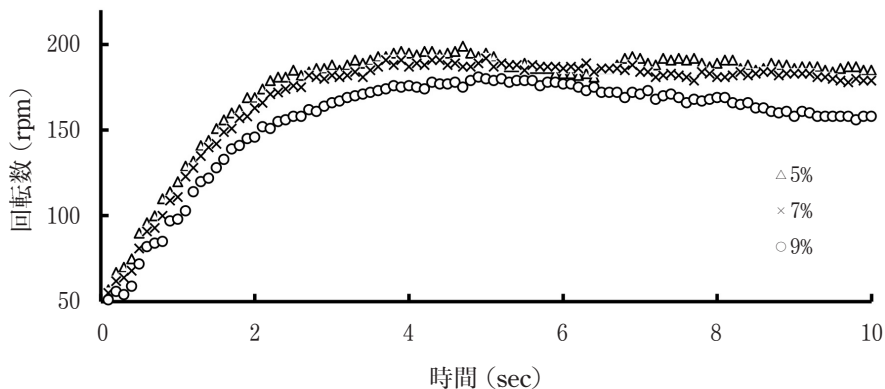


図 1. 時間と回転数との関係 (被験者 No.1)

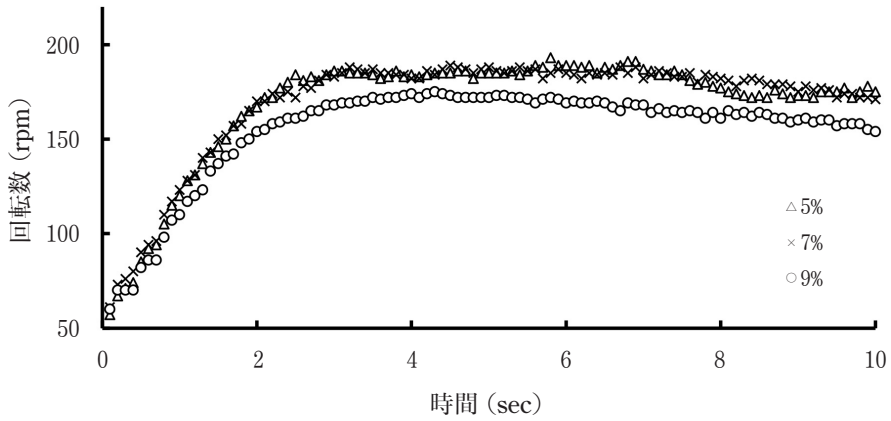


図2. 時間と回転数との関係(被験者 No.7)

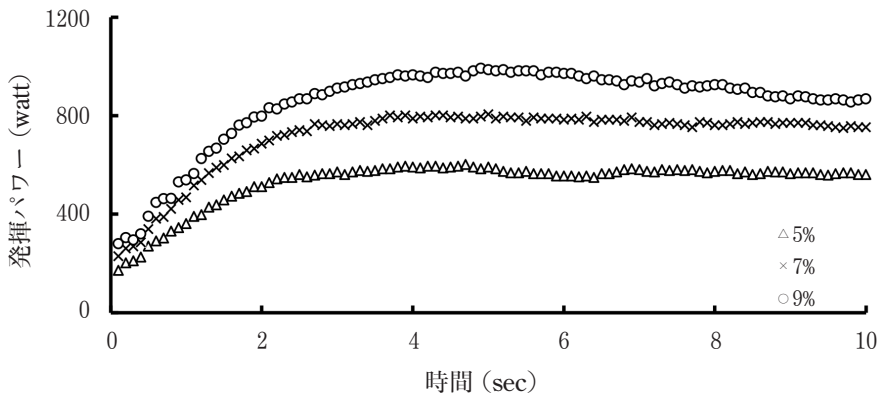


図3. 時間と発揮パワーとの関係(被験者 No.1)

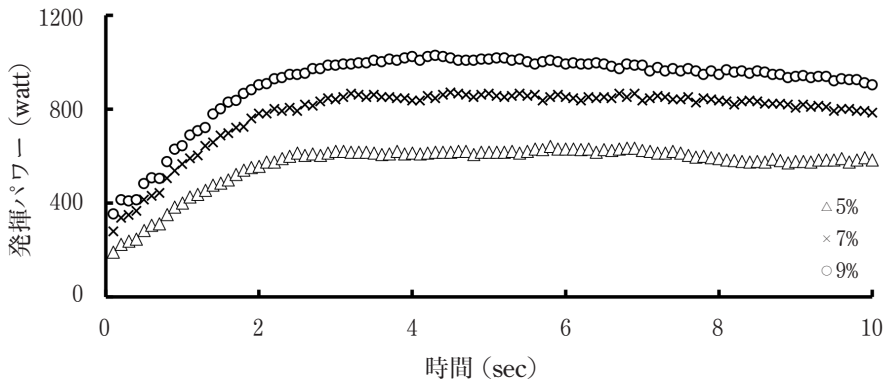


図4. 時間と発揮パワーとの関係(被験者 No.7)

なった。

3-3. 30m 走とペダリング運動の関係

30m 走と自転車エルゴメーターの10秒間全力ペダリング運動の2つの測定で得られたデータの関係性を調べた(図5, 6, 7)。図5の5%負荷では、それら全てにおいて有意な相関関係は認められなかった。7%負荷では最高回転数(rpm)のみに有意な相関関係が認められ(図6), 9%負荷では最高回転数($r=0.715$, $p<0.05$), 最大発揮パワー($r=0.736$, $p<0.05$)および平均パワー($r=0.669$, $p<0.05$)において有意な相関関係が認められた(図7)。しかしながら, 最大パワー到達時間では相関関係が認められなかった。

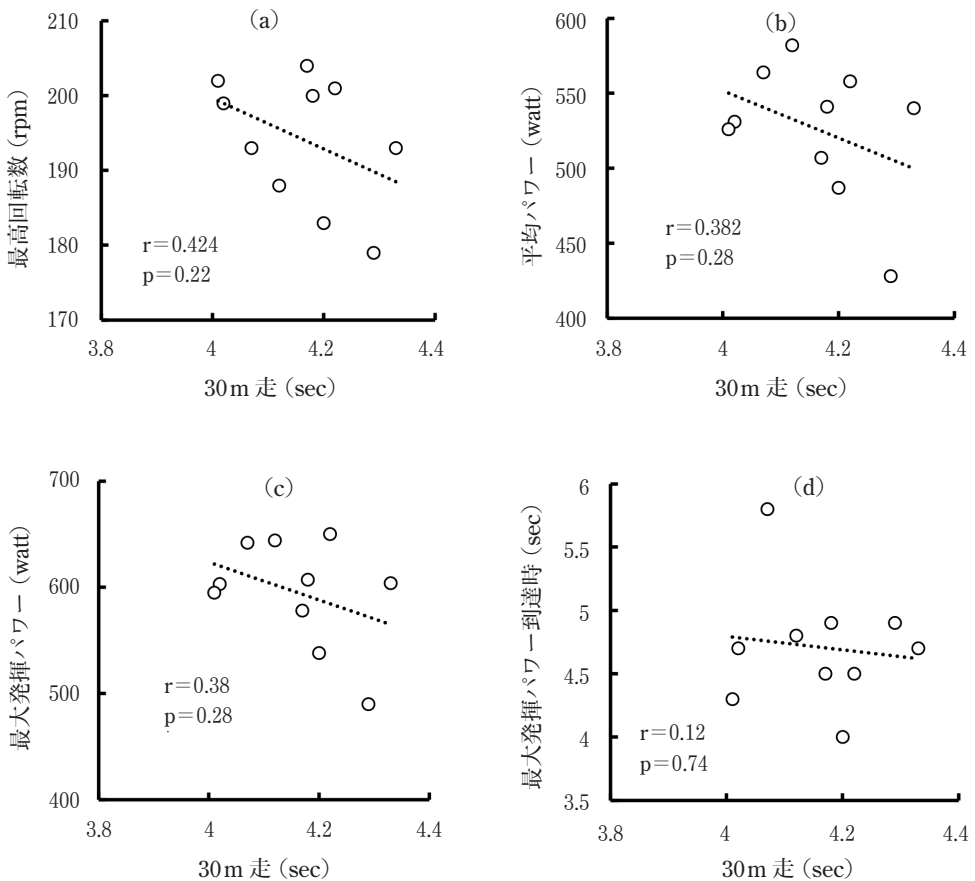


図5. 30m 走と各体重負荷5%におけるデータ(10秒間)との関係

- (a)30m 走と最高回転数との関係
- (b)30m 走と平均パワーとの関係
- (c)30m 走と最大発揮パワーとの関係
- (d)30m 走と最大発揮パワー到達時間との関係

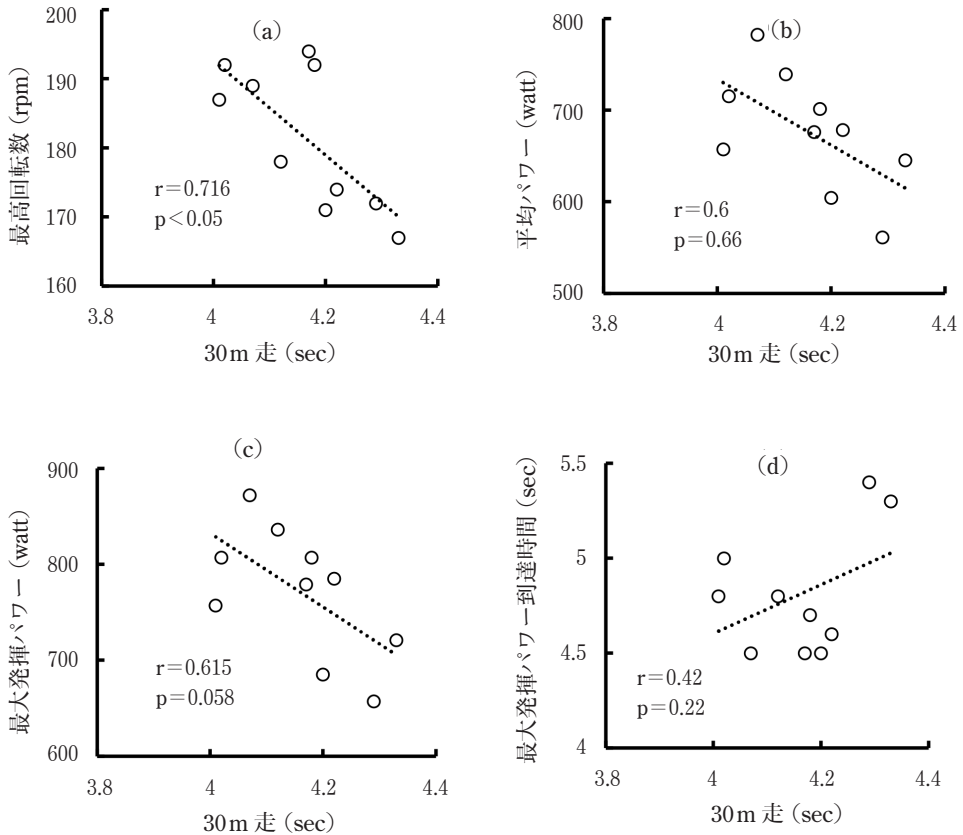


図6. 30m走と各体重負荷7%におけるデータ(10秒間)との関係

- (a)30m走と最高回転数との関係
- (b)30m走と平均パワーとの関係
- (c)30m走と最大発揮パワーとの関係
- (d)30m走と最大発揮パワー到達時間との関係

図8は推定最大発揮パワー(watt)と30m走の関係を示したものであり有意な相関関係が認められた。一方、図9の体重当たりの推定最大発揮パワー(watt/kg)と30m走の関係では有意ではないものの強い関係性はみられた。

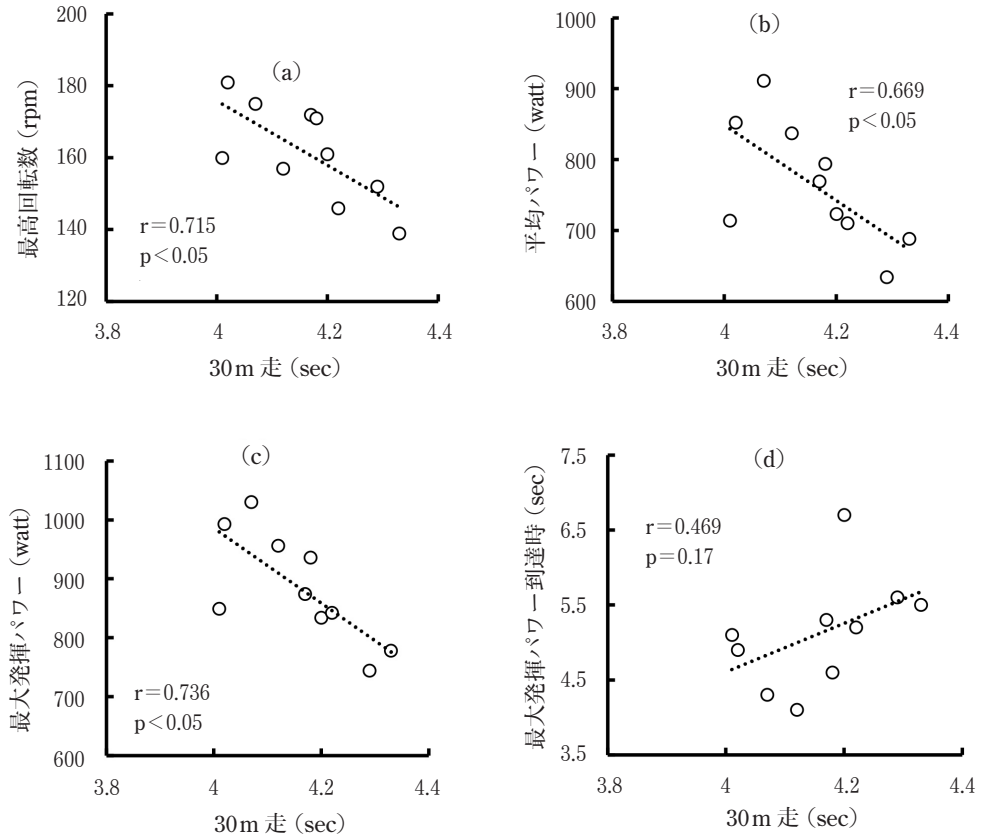


図7. 30m 走と各体重負荷9%におけるデータ(10秒間)との関係

- (a)30m 走と最高回転数との関係
- (b)30m 走と平均パワーとの関係
- (c)30m 走と最大発揮パワーとの関係
- (d)30m 走と最大発揮パワー到達時間との関係

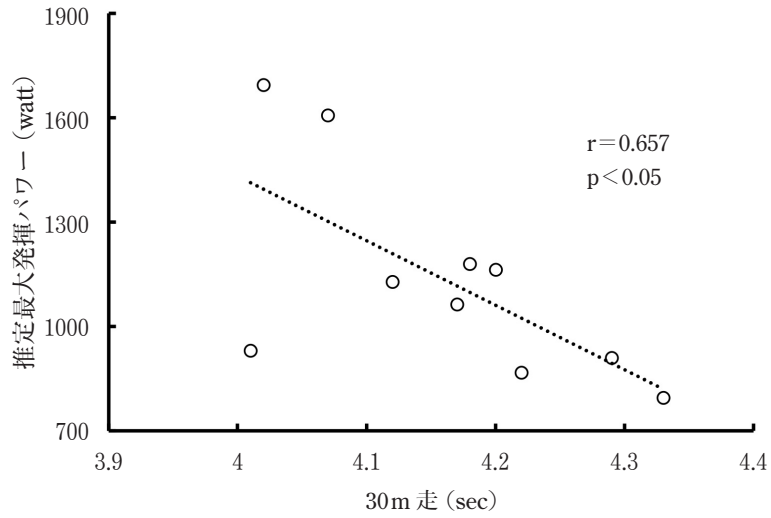


図 8. 30m 走と推定最大発揮パワー (watt) との関係

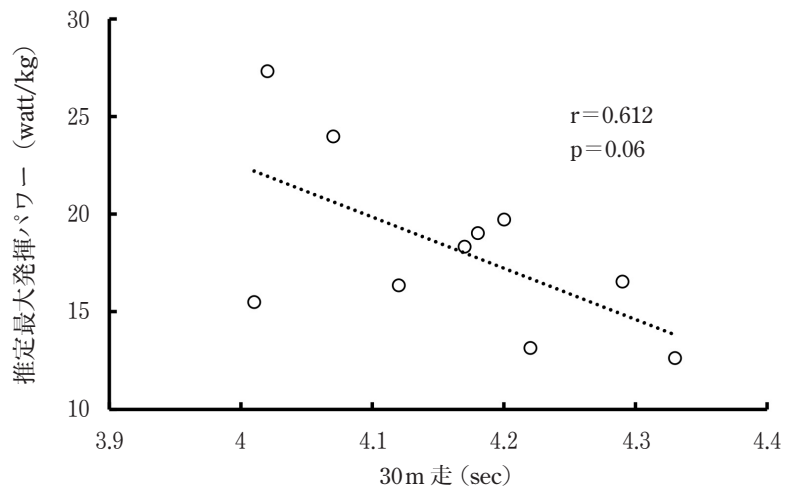


図 9. 30m 走と体重当たりの推定最大発揮パワー (watt/kg) との関係

3-4. 体格との関係

体格とスプリント能力の関係においては、身長のみで 20m と 30m の記録において有意な相関関係が認められた。30mの方が ($r=0.714$, $p<0.05$) と相関関係が強く、20mでは ($r=0.652$, $p<0.05$) だった (図10)。また、体重やBMIにおいては、どの距離のスプリント能力とも有意な相関関係はみられなかった (図11, 図12)。

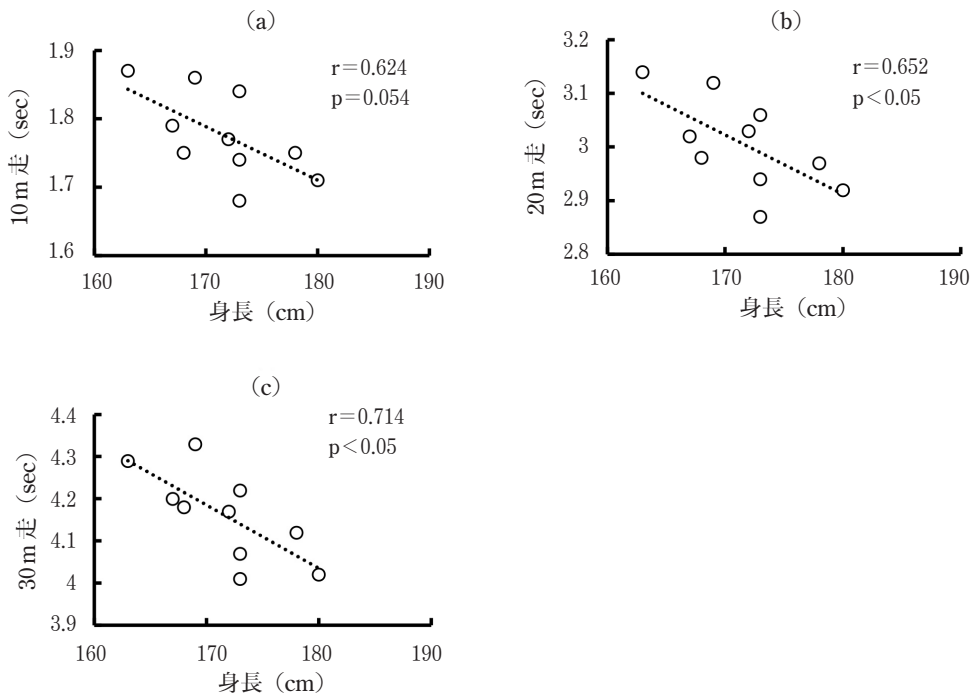


図10. 身長と 10m, 20m および 30m 走との関係

(a) 身長と 10m 走との関係

(b) 身長と 20m 走との関係

(c) 身長と 30m 走との関係

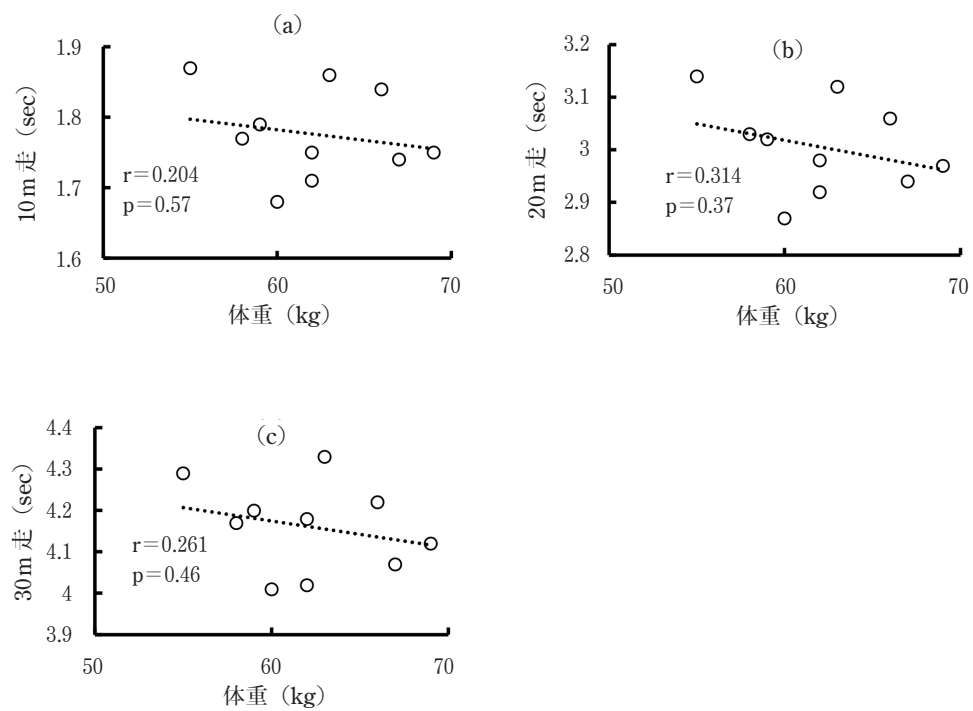


図11. 体重と10m, 20m および30m 走との関係

(a) 体重と10m 走との関係

(b) 体重と20m 走との関係

(c) 体重と30m 走との関係

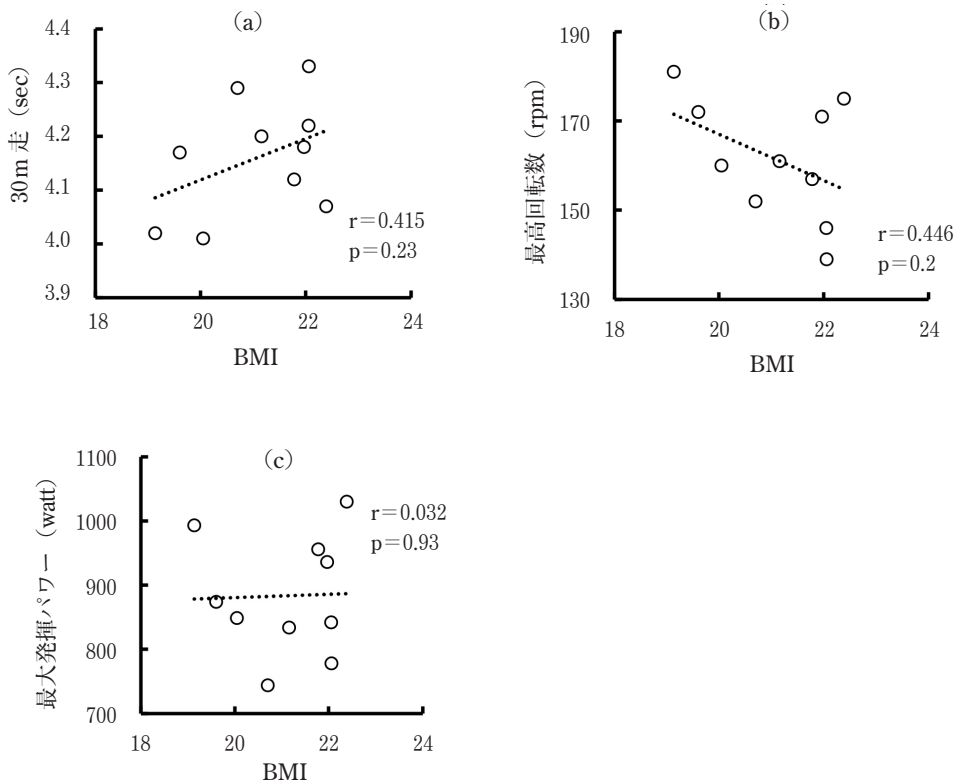


図12. BMI と 30m, 負荷 9% の最高回転数および最大発揮パワーとの関係

(a) BMI と 30m 走との関係

(b) BMI と負荷 9% の最高回転数との関係

(c) BMI と負荷 9% の最大発揮パワーとの関係

4. 考察

本研究では短距離と跳躍を専門とする大学陸上競技部10名を対象に、30m 疾走という加速局面でのスプリント能力と自転車エルゴメーターでの10秒間全力ペダリング運動による回転速度や発揮パワーの関係、さらには体格との関係について調査し、スプリント能力に影響を及ぼす体力面および体格面について検討することを目的とした。

本研究では 30m 疾走および自転車エルゴメーターを用いた10秒間の全力ペダリング運動で発揮パワーについての測定を行った。30m の記録は平均値で4.16秒であり、最も良い記録を残した被験者で4.01秒であった。30m の疾走速度は平均 7.21m/s で距離が増加するとともに走速度が増加する傾向がみられた (表 2)。またペダリング運動では、各体重の 5%, 7% および 9% 負荷における最大発揮パワーは 650watt, 872watt および 1030watt で、7% と 9% 負荷では同じ被験者の記録となった (表 4)。また各被験者の推定最大発

揮パワーの最高値は 1693.4 watt で、体重当たりの推定最大発揮パワーでは 27.3 watt/kg であった (表 5)。

本研究では短距離走のスプリント能力について、これまで検討されることが少なかった 50m より短い距離である 30m におけるスプリント能力とペダリング運動および体格との関係について検討した。その結果、各体重における 5% 負荷ではすべての区間に関して有意な相関関係が認められなかった (図 5)。また全ての負荷において最大発揮パワー到達時間では有意な相関関係が認められなかった。一方、負荷 7% では最高回転数のみで有意な相関関係が認められた ($r=0.716$, $p<0.05$) (図 6)。負荷 9% では、平均パワー、最高回転数および最大発揮パワーで有意な相関関係が認められた ($r=0.669\sim 0.736$, $p<0.05$) (図 7)。先行研究^{7,8,9,12)}の報告では走パフォーマンスの評価をする上で 30秒間の全力ペダリング運動である Wingate test の有用性を報告している。本研究では、10秒間の全力ペダリング運動での測定評価であったが有意な相関関係が認められた。一定以上の負荷であれば平均パワー、最高回転数および最大発揮パワーの項目でスプリント能力を評価できるということが示唆された。3段階の負荷テストの結果から算出した推定最大発揮パワーと 30m 走では、有意な相関関係が認められた ($r=0.657$, $p<0.05$) (図 9)。しかしながら、体重当たりの推定最大発揮パワーと 30m では、三木本と黒須⁶⁾の報告とは異なり有意な相関関係が認められなかった ($r=0.612$, $p=0.06$) (図 10)。本研究では 5% の低負荷を採用していること、加えて 9% 負荷以上の負荷設定も行い、かつ 5段階負荷から推定された最大発揮パワーであれば、体重当たりに換算してもスプリント能力との関係性は示せたものとする。生田ら³⁾はランニング中に発揮される体重当たりの最大発揮パワーと 50m 疾走タイムの両者に高い相関関係が認められていると報告しており、疾走タイムで好タイムを出している選手は、高いパワーを発揮する能力を持っていると示唆している。また生田ら³⁾はランニングのパワーと自転車エルゴメーターの発揮パワーには高い相関関係が認められていると報告しており、ランニングのパワー発揮に優れている選手は、自転車エルゴメーターのペダリング運動のパワー発揮にも優れているといえる。すなわち、スプリント能力と自転車エルゴメーターのペダリング運動は密接な関係にあり、短距離疾走で良いタイムを出すためには高い発揮パワーを身に付けることが重要な要件といえよう。江見²⁾はスプリント能力を向上させるための短時間高回転トレーニングの至適トレーニング領域は体重における 4%~10% 負荷の範囲に存在し、この範囲でのトレーニングは、スプリント能力及び個人の最大発揮パワーの向上にもつながると報告している。また江見²⁾は、高回転のトレーニングは、神経-筋の機能的要因に作用し神経系の改善につながる可能性があることも報告している。これらのことから、最大発揮パワーの向上を含めたスプリント能力を向上させるための負荷設定は 4%~10% が望ましいと考えられよう。本研究の結果からは、主に体重当たりの 9% 負荷の平均パワー、最高回転数および最大発揮パワーで 30m 走の疾走タイムと有意な相関関係が認められたことから、パフォーマンス評価においては 9% 負荷以上が至適な負荷であると推測される。

本研究の体重当たりの推定最大発揮パワーの上位 2 名は、No.1 の 27.31 watt/kg と No.7

の 23.98watt/kg であり、他に 20watt/kg を超える被験者は見られなかった（表 5）。No.1 と No.7 は 100m が 10 秒台であり、被験者の中でも競技力は上位である。この 2 人の被験者は 30m 走が 4.0 秒台であるが最高記録は被験者 No.3 であった。この No.3 に着目すると 30m で最高記録を出しているが、体重当たりの推定最大発揮パワーは 15.50watt/kg と上位の 2 人と比べると低い値であり、全体で見ても下位 3 番目だった。7% と 9% 負荷のデータでは同じタイムの被験者に比べ低い値を示したが、強度の低い 5% 負荷では回転数において全体の 2 番目の記録となった。これらのことから、被験者 No.3 の特徴として低負荷高回転を得意としており、加速局面である 30m のパフォーマンスが比較的に高くなったことが示唆される。つまりこの被験者の課題は 30m 以降にある可能性が高く、高負荷でのトレーニングや上述した負荷範囲でのトレーニングを行い、最大発揮パワーを向上させることで、さらにタイムを伸ばせる可能性があることが考えられる。

身長とスプリント能力では 30m ($r=0.714$, $p<0.05$) と 20m ($r=0.652$, $p<0.05$) において有意な相関関係が認められ、10m では有意な相関関係が認められなかった ($r=0.624$, $p=0.053$) (図 10)。距離が延びるにつれて高い相関関係を示していることから、身長と短距離走は密接な関係があることが示唆される。また斎藤ら¹³⁾ は 2 歳から 12 歳まで加齢にともなって疾走速度とストライドが増加し、その後は大学生まで低い増加傾向がみられたことを報告し、さらに下肢長の増加とともに疾走速度とストライドが高まったとある。疾走速度が増加したことは身長に比例して下肢長が長くなり、ストライドが広がるのが原因として考えられる。一方、本研究では体重とスプリント能力の間にはいずれの距離も有意な相関関係が認められなかった (図 11)。この結果について体重は身長と違いストライドなど直接的に関係する数値ではなく、各被験者の走るフォームや体型などの身体的特徴が異なるため、スプリント能力との関係性がみられなかったものと推察される。

身長とペダリング運動の発揮パワーでは各体重における負荷 5% と 7% および 9% において平均パワーと最大発揮パワーで有意な相関関係が認められた。斎藤と伊藤¹³⁾ によると形態的発達と機能的発達は密接な関係であることが報告されており、本研究は被験者が短距離と跳躍パートの競技者だけであったため、身長の高い被験者がより長い脚を同じ歩数で動かすための筋肉が相対的に発達していたと考えられる。

5. まとめ

本研究では、スプリント能力と 10 秒間全力ペダリング運動による発揮パワーおよび体格との関係性について明らかにするために、大学男子陸上競技部員 10 名を対象に研究を行った。

主な結果は以下のとおりである。

- (1) 30m 走ではタイムと速度ともに平均値および標準偏差にほとんど差がなく、走る距離が増加するとともに走タイム、走速度が増加する傾向が認められた。
- (2) 30m 走とペダリング運動では、各体重における負荷 7% と 9% において最高回転数では有意な負の相関関係が認められた (負荷 7% : $r=0.716$, $p<0.05$, 負荷 9% : $r=$

0.715, $p < 0.05$)。また負荷9%のみにおいて平均パワーと最大発揮パワーで有意な負の相関関係が認められた(平均パワー： $r = 0.669$, $p < 0.05$, 最大発揮パワー： $r = 0.736$, $p < 0.05$)。

(3)30m走と3段階の負荷テストの結果から算出した推定最大発揮パワーでは、有意な負の相関関係が認められた($r = 0.657$, $p < 0.05$)。

(4)身長とスプリント能力については30m, 20mの順で有意な相関関係が認められた(30m： $r = 0.714$, $p < 0.05$, 20m： $r = 0.652$, $p < 0.05$)、体重およびBMIでは認められなかった。

以上の結果から、一定以上の負荷ではスプリント能力と自転車エルゴメーターの10秒間の全力ペダリング運動は密接な関係にあることが示唆された。目的に合わせた負荷設定をしてスプリント能力の評価やトレーニングを行う必要がある。

謝辞

人間科学部教授 楠本秀忠先生へ

2023年度末にてご退職されます楠本先生におかれましては、長年に亘り本学そして人間科学部の発展にご尽力賜りましたこと、心より感謝申し上げます。特に新入生を対象とした授業「人間関係の理論と実践」は多くの学生から高い評価を受け、卒業時にも思い出に残る授業として取り上げられていました。また本授業は外部による大学認証評価におきましても取り組み方法について高評価を得ておりました。私自身、大学における初年次教育の重要性を教えていただいた次第です。もう少し、野外教育の在り方について教を乞う機会があればと思うと残念でなりません。どうぞ健康面にご留意くださり、生涯、スキーやキャンプを楽しまれることを願っております。いつか、妙高・赤倉のゲレンデでお会いできますこと楽しみにしております。

本研究は、2017年～2019年度大阪経済大学共同研究費の助成を受けて行われたものであります。また、2020年度人間科学部卒業の藤田能彰氏(若吉ゼミ)には本研究に深く携わってくれたことに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 会田宏, 高松薫, 杉森弘幸, 向井俊哉 (1992): 自転車エルゴメーターの全力ペダリングにおいて発揮される無氣的パワーの特性. 体育科学系紀要, 15, 191-197.
- 2) 江見亮輔 (2013): 短距離疾走向上のための全力ペダリング運動トレーニングの考案, びわこ成蹊スポーツ大学博士課程スポーツ学研究科博士論文(未公刊).
- 3) 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(2), 61-67.
- 4) 石井喜八, 日比端洋, 伊坂忠夫 (1991): 測定装置の慣性の成分を考慮した機械的実効パワー. 日本体育大学紀要, 20(2), 129-135.
- 5) 伊藤章, 市川博啓, 斉藤昌久, 佐川和則, 伊藤道郎, 小林寛道 (1998): 100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43(5-6), 260-273.
- 6) 三本木温, 黒須慎矢 (2011): 陸上競技選手における 30m 走の疾走能力と無酸素性パワー

および柔軟性との関係. 八戸大学紀要, 42, 57-64.

- 7) 宮本秀斗, 渡邊將司, 上地勝 (2018): 短距離走における速度逓減と SSC 能力および無気的能力の持続力との関係. 茨城大学教育学部紀要. 教育科学, (67), 705-714.
- 8) 森健一, 吉岡利貢, 荻山靖, 尾縣貢 (2012): 短距離走者における無酸素性能力および走パフォーマンス評価としての Wingate test の有用性. 体育学研究, 57(1), 275-284.
- 9) 森健一, 比留間浩介 (2014): 体力特性の相違が Wingate test における発揮パワーに及ぼす影響. 武蔵大学人文学会雑誌, 第45巻第3・4号, 57-71.
- 10) 奈良春樹, 吉本隆哉, 山本正嘉 (2014): ハムストリングスの肉離れを発症した陸上競技短距離選手に対する早期復帰のためのリハビリテーショントレーニング-自転車エルゴメーターを用いた間欠的ペダリングの効果. スポーツパフォーマンス研究, 6, 289-299.
- 11) 信岡沙希重, 樋口貴俊, 中田大貴, 小川哲也, 加藤孝基, 中川剣人, 彼末一之 (2015): 児童の疾走速度とピッチ・ストライド・接地時間・滞空時間の関係. 体育学研究, 60(2), 497-510.
- 12) 小沢治夫, 深野明, 入江友生, 岡崎勝博, 合田浩二, 富原正二, 大川信夫 (1988): 発育発達における自転車エルゴメーターによる最大無酸素パワーの研究 (第2報). 筑波大学付属駒場中・高等学校研究報告, (27), 95-112.
- 13) 斉藤昌久, 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(2), 104-111.
- 14) 櫻田淳也, 水浦彩子 (2004): ピッチとストライドに着目した 100m 走の指導法に関する一考察-レーザー式速度測定器 (LAVEG SPORT LDM 300C) を使用して-. 東京女子体育大学紀要, 39, 43-46.
- 15) 篠原康男, 前田正登 (2016): 疾走速度変化からみた小学生の 50m 走における局面構成. 体育学研究, 61, 797-813.