

自転車競技選手におけるパワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量と短距離走行能力との関係

石井泰光¹⁾、木村亜美²⁾、黒川剛³⁾、山本正嘉⁴⁾

¹⁾鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

²⁾鹿屋体育大学体育学部スポーツ総合課程

³⁾鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

⁴⁾鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

キーワード: スプリント, レジスタンストレーニング, 大学生, 特異性, 筋力

[要 旨]

自転車競技は、短距離・長距離種目のいずれにおいても、静止した状態からのスタートおよび加速、ゴールスプリントなどの場面において、爆発的な力発揮が要求される。このような爆発的な力発揮の能力を向上させるために、現場ではウエイトトレーニングが行われている。その中でも、フリーウエイトを用いたパワークリーンやスクワットが行われているが、これらの種目の最大挙上重量と自転車競技選手の短距離走行能力との関係について、客観的なデータを用いて、明らかにした研究はほとんどない。そこで本研究では、大学生の自転車競技選手(男女 17 名)を対象として、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量と、自転車競技の短距離走行能力(200mTT)との関係を明らかにすることを目的とした。その結果、短距離走行能力と 2 種目の最大挙上重量との間には、有意な正の相関関係が認められた。以上のことから、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量を向上させることは、男女に関わらず、自転車競技の短距離走行能力を改善するには重要である可能性が示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 6, 175-183, 2014 年, 受付日:2013 年 7 月 9 日, 受理日:2014 年 9 月 25 日

責任著者: 石井泰光 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地 鹿屋体育大学

スポーツトレーニング教育研究センター yasumitsu.ishii@gmail.com

Relationship between one-repetition maximum power clean and squat and sprint cycling performance in college bicycle racers

Yasumitsu Ishii, Tsugumi Kimura, Takeshi Kurokawa, Masayoshi Yamamoto
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: sprint, resistance training, college students, specificity, strength

[Abstract]

Any short- or long-distance bicycle race requires explosive power exertion starting from a stationery position, acceleration, and a sprint for the goal. In order to improve racers' explosive power, weight training exercise such as power clean and squat is used for that purpose. However, almost no research has reported objective data describing the relationship between maximum strength of weight training exercise and sprint cycling performance. The present study aimed to clarify the relationship between one-repetition maximum power clean and squat and the sprint cycling performance (200mTT) in college bicycle racers. The participants were eleven male and six female college bicycle racers. A significant relationship was found between one-repetition maximum clean and squat and 200mTT. These results suggest that increasing the maximum strength in power clean and squat may be a useful method for improving sprint cycling performance bicycle racers, regardless of gender.

I. 研究目的

自転車競技の種目は、短距離では 200m、長距離では 100km 以上と様々であり、その所要時間は 10 秒で終わるものから 3 時間以上と幅広い。そのため、競技種目によって必要とされる能力が異なる。すなわち、200m から 1000m のような短距離種目においては無酸素性作業能力が、3km から 100km 以上のような長距離種目においては有酸素性作業能力が必要とされる。ただし、短距離・長距離種目のいずれにおいても、静止した状態からのスタートおよび加速、ゴールスプリントなどの場面では爆発的な力発揮が重要とされる。

このような爆発的な力発揮の能力を向上させるために、現場では短距離・長距離走選手によらず、自転車を用いたトレーニング方法として、静止状態からのスタート練習やレペティショントレーニングなどが行われている。さらに、自転車を用いない補助トレーニングとして、ウェイトトレーニングが行われている。

ウェイトトレーニングの中でもよく用いられている種目として、フリーウェイトを用いたパワークリーン、スクワットがあげられる。これらの種目が選択されている理由として、股関節および膝関節の伸展動作を伴う下肢の多関節運動によって遂行される点や、下肢筋群の爆発的な力発揮が行われる点が類似しているためだと経験的に考えられている。

先行研究によると、最大筋力と自転車競技の短距離走行能力との間には、関連性があることが報告されている。たとえば、等速性の膝伸展筋力と 1000m タイムトライアル(池田ほか, 2009)、等尺性の多関節運動と 330m タイムトライアル(Stone et al., 2004)との間に有意な相関関係が認められている。したがって、自転車競技の短距離種目のパフォーマンスを向上させるためには、下肢の最大筋力を高めることが重要であることが推察される。

自転車競技におけるウェイトトレーニングの有効性については、短距離走行能力に対するウェイトトレーニングの有効性を示唆した研究は見あたらないが、長距離走行能力に対しては有効性が認められている(Yamamoto et al., 2010)。また、ウェイトトレーニングによって、長距離走における持続時間の延長が報告されている(Aagaard et al., 2011)。

短距離・長距離に関わらず、多くの自転車競技選手が短距離走行能力を改善するためにパワークリーンおよびスクワットが導入されているが、実際の短距離走行能力とどのような関係にあるか検証されていない。そこで、本研究では、大学生の自転車競技選手を対象として、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量と、自転車競技の短距離走行能力との関係を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

大学生自転車競技選手 17 名(男子 11 名、女子 6 名)を対象とした。対象者の身体特性および競技年数については、表 1 に示した。対象者の競技レベルは、全員が全日本大学対抗選手権自転車競技大会に出場していた。また、日本自転車競技連盟の強化指定選手が 3 名、強化育

成選手が3名含まれていた。なお、各対象者には実験の趣旨、内容およびそれに伴う危険性について十分に説明して、本研究に参加する同意を得た。

表1. 対象者の身体特性および競技年数

性別	年齢(years)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)	競技年数(years)
男性(n=11)	19.7 ± 1.1	173.2 ± 5.6	72.5 ± 10.0	13.5 ± 2.8	5.6 ± 2.7
女性(n=6)	20.8 ± 1.1	161.3 ± 6.2	57.1 ± 6.5	20.8 ± 3.5	6.3 ± 3.1

2. 測定

本研究は、2011年4月から2013年12月までの期間に、①パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量、②身長、体重および体組成の計測を行った。①と②の計測日から、前後半年以内の公式競技会および地区の記録会で記録された、フライング200m(以下、200mTTと略す：[動画1](#))のシーズンベストタイムを採用した。以下に、各計測方法や分析項目について示した。

(1) パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量

ウォーミングアップ前に、トレーニング日誌の挙上重量と回数から、パワークリーンおよびスクワットの推定の最大挙上重量を換算表(Baechle and Earle., 2010)を用いて求めた。ウォーミングアップは、推定の最大挙上重量の約90%まで、段階的にバーベルにプレートを追加した。最大挙上重量の計測は、3分間の休息を挟みながら行い、挙上に成功した場合は重りを2.5~5.0kgずつ増加させて行った。なお、最大挙上重量の測定は、パワークリーン、スクワットの順に行った。

パワークリーンのスタートポジションは、スタンス幅を肩幅程度にして、バーが膝上になるようにした。キャッチ姿勢は、クォータースクワットの姿勢で、バーベルを受け取るように指示した。バーベルをキャッチできなかった場合や、クォータースクワットより低い姿勢で、バーベルを受け止めた場合は、失敗試技とみなした。

スクワットは、安全面を配慮してパワーラック内で、補助者を2名ないし3名配置して実施した。スクワットはスタンス幅を肩幅程度として、沈み込む深さは、大腿部が床と平行になるように指示した。大腿部が床と平行にならない場合は、失敗試技とみなした。沈み込む深さの判定は、Certified Strength & Conditioning Specialist(CSCS)の資格を有するウエイトトレーニングの指導者が行った。

(2) 体組成の計測

体重、体脂肪率は、InBody720(ボディーコンポジションアナライザー社製)を用いて計測した。

(3) 自転車競技の短距離種目におけるシーズンベストタイム

対象者の短距離走行能力を評価するために、男女共に 200mTT を採用した。この種目は、自転車競技場を周回しながら走行速度を高めていき、規定の 200m 区間を、できるだけ高い速度で走行する種目である。200mTT のシーズンベストタイムは、公式の競技会および記録会の記録を用いた。200mTT の平均速度は、走行距離(200m)をタイムで割ることによって求めた。

3. 統計処理

測定値は、平均値±標準偏差で示した。パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量(絶対値、体重割)と200mTTの平均速度の関係は、Pearsonの積率相関係数を用いて検討した。有意水準は5%未満として、10%未満の場合は有意傾向とした。

Ⅲ. 結果

表1に、対象者の年齢、身体特性(身長、体重、体脂肪率)および競技年数を示した。

パワークリーンの最大挙上重量は、男子が $73.2 \pm 17.1\text{kg}$ ($1.01 \pm 0.2\text{kg/BW}$: BW は Body Weight の略称)、女子が $43.8 \pm 12.5\text{kg}$ ($0.76 \pm 0.13\text{kg/BW}$)であった。スクワットの最大挙上重量は、男子が $106.8 \pm 23.9\text{kg}$ ($1.55 \pm 0.23\text{kg/BW}$)、女子が $68.8 \pm 18.9\text{kg}$ ($1.19 \pm 0.21\text{kg/BW}$)であった。200mTT のシーズンベストタイムは、男子が 11.3 ± 0.3 秒、女子 12.8 ± 0.7 秒であった。

図1は、パワークリーンの最大挙上重量(絶対値、体重割)と200mTTの平均速度の関係を示したものである。全体では、パワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度の間において(絶対値: $r=0.825$, $p<0.01$ 、体重割 $r=0.713$, $p<0.01$)、有意な正の相関関係が認められた。

男性は、絶対値においてパワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度との間には(絶対値: $r=0.622$, $p<0.05$)、有意な正の相関関係が認められた。一方、体重割においてパワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度との間には(体重割: $r=0.502$, $p=0.12$)、有意な相関関係は認められなかった。女性は、絶対値においてパワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度の間には($r=0.776$, $p=0.07$)、有意傾向であるが正の相関関係が認められた。一方、体重割においてパワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度の間には($r=0.731$, $p=0.10$)、相関関係が認められなかった。

図2は、スクワットの最大挙上重量(絶対値、体重割)と200mTTの平均速度の関係を示したものである。全体では、スクワットの最大挙上重量と200mTTの平均速度の間に(絶対値: $r=0.728$, $p<0.01$; 体重割: $r=0.540$, $p<0.05$)、有意な正の相関関係が認められた。

一方、男性は、スクワットの最大挙上重量と200mTTの平均速度の間(絶対値: $r=0.423$ $p=0.20$; 体重割: $r=0.231$ $p=0.49$)には、有意な相関関係は認められなかった。また、女性は、スクワットの最大挙上重量と200mTTの平均速度の間(絶対値: $r=0.514$ $p=0.30$ 体重割: $r=0.201$ $p=0.70$)には、有意な相関関係は認められなかった。

IV. 考察

1. 短距離走行能力と最大挙上重量との関係

本研究では、短距離・長距離に関わらず、多くの自転車競技選手が短距離走行能力を改善するために取り入れているパワークリーンおよびスクワットが、実際の短距離走行能力と、どのような関係にあるかを実証することを目的とした。そのために、シーズンベストタイムから算出した各選手の200mTTの平均速度と、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量との関係を検討したところ、両者の間には高い相関関係が認められた(図1、図2)。

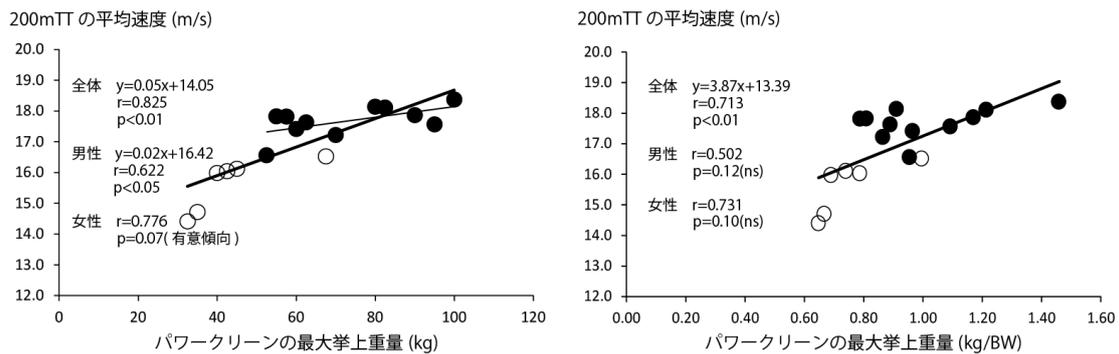


図1. パワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度との関係

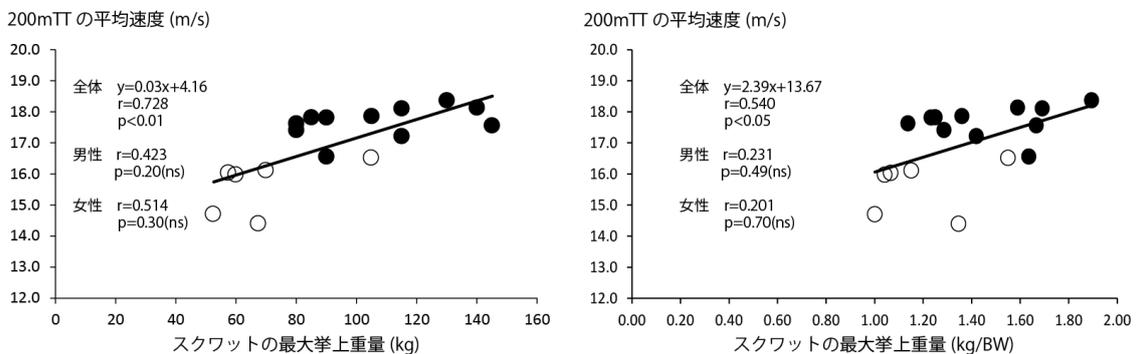


図2. スクワットの最大挙上重量と200mTTの平均速度との関係

なお、最大挙上重量については、絶対値の能力だけではなく、選手の体重当たりに換算した相対的な能力についても検討した。その結果、パワークリーンおよびスクワットにおける絶対値の能力については、相関係数が0.825および0.728、相対的な能力については相関係数が0.713および0.540となり、前者の方がやや高値ではあった。これらのことから、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量を向上させることは、自転車競技の短距離走行能力を改善させる可能性が示唆された。また、最大挙上重量は、絶対値としての能力だけではなく、体重割にした相対的な能力も重要であり、両方の指標から選手の能力を評価していくことが重要だと考えられる。

本研究では、全体のデータでは男女を合わせて検討しているが、女性の中にも絶対値および体重割の値で、男性以上の最大挙上重量を獲得している選手がいる。この女性選手は、女性の

対象者の中でも特に競技力の高い者であり、男性選手に伍してレースができる短距離走行能力を持っている。したがって、最大挙上重量と短距離走行能力との間に見られる高い相関関係は、男女を問わずにあてはまるものと考えられる。

本研究では、有意水準を5%未満とするのではなく、10%未満までを有意傾向としたため、男女共に、絶対値のパワークリーンの最大挙上重量と200mTTの平均速度に相関関係が認められた。一方、体重割のパワークリーンの最大挙上重量との間には、男女共に関連性が認められなかった。このように、絶対値と体重割では相関関係が異なった理由としては、200mTTにおける自転車走行中にかかる抵抗のほとんどが、空気抵抗であることが影響したものだと考えられる。

自転車走行中にかかる全抵抗は、①機械抵抗、②空気抵抗、③上り傾斜による重力抵抗、④加速時の慣性抵抗から構成される(淵本, 2004)。自転車競技場で行われる200mTTでは、走行中に急激な加速や減速が行われないため、④加速時の慣性抵抗は小さいと考えられる。また、この計測区間では、斜面の上り方向および下り方向へ走行が行われないため、③上り傾斜における重力抵抗も、ほぼ生じていないと考えられる。

淵本(2004)によると、走行速度4m/sでは、①機械抵抗と②空気抵抗がほぼ等しくなるが、走行速度13m/s以上になると、自転車にかかる全抵抗の90%以上が空気抵抗であることを示している。したがって、自転車走行中にかかる抵抗の増大は、体重の増加による機械抵抗の影響が小さく、走行速度の増加による空気抵抗の影響が大きいことから、絶対値の最大挙上重量とパフォーマンスとの間に関連性が認められたものだと推察される。

男女別にパワークリーンの最大挙上重量(絶対値)と200mTTの平均速度の関係について検討したところ、男性は有意な相関関係が認められ、女性は有意傾向であるが相関関係が認められた。一方、男女別にスクワットの最大挙上重量(絶対値)と200mTTの平均速度との間には、有意な相関関係は認められなかった。この結果は、性別が異なっても、短距離走行能力と関連性が認められるエクササイズ種目は違いが認められないことを示している。競技力向上の観点から考えると、スクワットよりもパワークリーンの最大挙上重量が増加するようにトレーニングを実施していくことが、短距離走行能力を向上させるためには重要であることを示唆していると考えられる。

2. パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量が短距離走行能力に高い関連が認められた理由

パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量と自転車競技の200mTTに関連性が認められた理由として、下肢で発揮される関節トルクおよび動員される筋群が共通していることが考えられる。

パワークリーンは、局面全体を通して、股関節の伸展トルクが、膝関節および足関節の伸展トルクよりも大きいことが報告されている(Kipp et al., 2011, 2012; 長尾ほか, 2012)。スクワットは、股関節および膝関節の伸展トルクが、足関節の伸展トルクよりも大きいことが報告されている(真鍋ほか, 2003, 2004)。さらに、スクワット動作中の筋活動(真鍋ほか, 2003, 2004; Clark et al., 2012)は、バーベルの下降局面と上昇局面によって筋活動の割合が異なるが、上昇局面の前半では股関節と膝

関節の伸展筋群が、足関節の底屈筋群よりも大きいことが報告されている(真鍋ほか、2003, 2004)。自転車競技の実走動作を対象に、下肢関節トルクを検討した研究は見あたらないが、自転車エルゴメーターを用いた研究は行われている(星川ほか、1999)。それによると、下肢関節の伸展トルクが、足関節、膝関節、股関節の順に大きくなることが認められている。さらに、自転車ペダリング動作中の筋活動は、大殿筋および内側広筋、ハムストリングスが、自転車ペダリング運動の推進力を獲得するために大きな役割を果たしていると報告されている(Hug and Dorel, 2009)。したがって、パワークリーン、スクワット、自転車ペダリング動作は、共通して股関節および膝関節の伸展トルクが大きいという共通点を持ち、このことから、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量と自転車による短距離走行能力と高い相関関係が認められたものと考えられる。

V. まとめ

本研究では、高い競技レベルにある大学生の自転車競技選手(男女 17 名)を対象として、パワークリーンおよびスクワットの最大挙上重量と短距離走行能力(200mTT)の関係を明らかにすることを目的とした。その結果、短距離走行能力と2種目の最大挙上重量との間には、有意な正の相関関係が認められた。相関係数は、最大挙上重量を絶対値として見た場合には0.7以上であった。以上のことから、これら2種目の最大挙上重量を向上させることは、男女に関わらず、自転車競技の短距離走行能力を改善するには重要である可能性が示唆された。

さらに、男女別に検討したところ、パワークリーンの最大挙上重量(絶対値)と200mTTの平均速度のみ、有意な相関関係が認められたことから、パワークリーンの最大挙上重量が増加するように、トレーニングを計画および実施していくことがより重要であることが示唆された。

VI. 引用文献

- ・ Aagaard, P. Andersen, JL., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, JL., Crameri, R., Magnusson, SP., and Kjaer, M.(2011) Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scand J Med Sci Sports*. 21(6):298-307
- ・ Baechle, TR., and Earle, RW. :金久 博昭 監修(2010) NSCA 決定版ストレングストレーニング&コンディショニング第3版. ブックハウス・エイチディ. pp.435-436.
- ・ Clark,D., Lambert,M. and Hunter,A.(2012) Muscle activation in the load free barbell squat: A brief review. *J Strength Cond Res*. 26(4):1169-1178.
- ・ Hug, F. and Dorel, S.(2009) Electromyographic analysis of pedaling: A review. *J Electromyogr Kinesiol*. 19:182-192.
- ・ 星川秀利, 玉木啓一, 藤本浩志, 木村裕一, 斉藤浩一, 佐藤吉朗, 中村好男, 村岡功(1999) ペダリング運動時の下肢関節トルクにおけるサイクリストと非サイクリストの比較. *体力科学*. 48:547-558.
- ・ 池田祐介, 高嶋渉, 谷所慶, 前川剛輝, 西山哲成(2009)トラック種目を専門とする一流自転車

競技選手と大学自転車競技選手の体力要素の比較および大学自転車競技選手の 1km タイムトライアルにおけるパフォーマンスと体力要素の関係. トレーニング科学. 21(4):399-416.

- ・ Kipp, K., Harris, C., and Sabick, M.(2011) Lower extremity biomechanics during weightlifting exercise vary across joint and load. J Strength Cond Res. 25(5):1229-1234.
- ・ Kipp, K., Redden, J., Sabick, M. and Harris, C.(2012) Weightlifting performance is related to kinematics and kinetics patterns of the hip and knee joints. J Strength Cond Res. 25(5):1229-1234.
- ・ 淵本隆文(2004) 走行速度と空気抵抗. バイオメカニクス—身体運動の科学的基礎—、第1版、金子公宥, 福永哲夫. 杏林書院. pp.394-395.
- ・ 真鍋芳明, 横澤俊治, 尾縣貢(2003)スクワットの挙上重量変化が股関節と膝関節まわりの筋活動および関節トルクに与える影響. 体力科学 53:89-98.
- ・ 真鍋芳明, 横澤俊治, 尾縣貢(2004) スクワットにおける運動速度変化および反動動作の有無が股関節と膝関節まわりの筋の活動および関節トルクに与える影響. 体力科学. 53:425-442.
- ・ 長尾秀行, 山田洋, 小笠原慶太, 宮崎彰吾, 有賀誠司, 小金澤鋼一(2012) パワークリーンにおける下肢の力学特性—熟練者と未熟練者の相違— バイオメカニクス研究. 16(4):206-219.
- ・ Stone, MH., Sands, WA., Carlock, J., Callan, S., Dickie, D., Daigle, K., Cotton, J., Smith, SL., and Hartman, M.(2004) The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. J Strength Cond Res. 18(4), 878-884.
- ・ Yamamoto, LM., Klau, JF., Casa, DJ., Kraemer, WJ., Armstrong, LE., and Maresh, CM.(2010) The effects of resistance training on road cycling performance among highly trained cyclists: a systematic review. J Strength Cond Res. 24(2):560-566.