

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 26 日現在

機関番号：32677

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750281

研究課題名(和文) クロストレーニング手段の理論構築と実践

研究課題名(英文) The theory construction and practice for cross training

研究代表者

森 健一 (MORI, Kenichi)

武蔵大学・人文学部・准教授

研究者番号：60637510

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：陸上競技者を対象に、専門とする運動様式である走運動と専門様式と異なる自転車運動の様式において、その両者の関係性を検証することを目的とした。主な結果として、50m走タイムと最高パワー出現期における回転踏力との間に有意な相関関係が認められた。このことから、自転車エルゴメータを用いたトレーニングは走運動に対するクロストレーニングとして有用であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate relationship between running and cycling exercise mode for track and field athletes. As a result, a significant correlations was observed between 50m sprint time and effective/tangential-force in period of peak power appearance. So, training with cycle ergometer was useful for cross training.

研究分野：陸上競技コーチング論

キーワード：クロストレーニング 走運動 自転車運動

1. 研究開始当初の背景

競技者のトレーニングにおいて、専門とする運動様式と同じ様式によってトレーニングすることは当然のことである。一方で、専門とする競技の運動様式と異なる運動様式を用いてトレーニングを行うクロストレーニングも存在する。クロストレーニングは「専門とするスポーツの競技力向上のためにその他のスポーツあるいはトレーニングを行うこと」(Gray and George, 2002)と定義されている。

陸上競技者は、クロストレーニング手段として自転車エルゴメータを用いたトレーニングおよび体力測定を頻繁に行っている。この理由としては、自転車エルゴメータの機器としての簡便性や安全性が高く、汎用性に富むことはさることながら、自転車運動においても短距離走パフォーマンスと関係の強い内転筋群やハムストリングス(狩野ほか, 1997; 渡邊ほか, 2000)が高い水準で動員されている(吉岡ほか, 2009)ことが挙げられる。また、自転車エルゴメータにおける発揮パワーと短距離走パフォーマンスとの間に有意な相関関係が数多く報告されていることから、短距離走種目を専門とする競技者をはじめ、非常に多くの競技者がトレーニング状況の確認のために活用している。

これまでの先行研究において、走運動と自転車運動の運動特性に関する研究は、両運動様式による筋の活動量および収縮様式の相違によって、走運動の方が呼吸循環器への応答が早く、エネルギー供給量が大いこと(Weyand et al., 1993; Hill et al., 2011)が明らかとなっている。また、自転車運動は大腿部の局所的なトレーニングという認識が強く、専門競技と異なる運動様式を用いてトレーニングすることに疑問点が残されていた。このことに関して著者は、走運動を専門とする短距離走者において、体力的変数は自転車運動によっても走運動と同等の値を示し、運動様式に関わらず、無酸素性エネルギーシステムは同様に動員されていることを明らかにしている(森ほか, 2012)。しかしながら、クロストレーニングの手段としての自転車運動の有用性は体力的変数による一側面からの検討に留まっている。運動パフォーマンスは体力と技術とが融合して発揮されるものである。そのため、トレーニング手段の相違による技術的要因への影響は無視できない。適切なトレーニングを計画することおよびトレーニング内容を構築していくためには、トレーニングの階層構造を理解し、体力および技術の相互関係性から検討する必要がある。特に、故障時におけるリハビリテーションの一環として実施されるクロストレーニングにおいては、下肢の動作の類似性という点から選択されるものの、科学的根拠を提示するには至っておらず、自転車トレーニングから復帰後の走トレーニングに移行する際に配慮すべき知見を抽出する必要があると

考える。そのため、走運動および自転車運動の運動様式の相違に着目し、同一競技者による走運動と自転車運動の比較検証により、パフォーマンスの変化の要因に関して、体力的要因だけでなく技術的要因の観点に合わせて検討することにより、クロストレーニングの効果を究明できると考える。

2. 研究の目的

本研究では、陸上競技者を対象に、専門とする運動様式である走運動と専門様式と異なる自転車運動の様式において、両運動様式の類似性および相違性を明らかにすることによって、体力のみならず、技術的要因を踏まえたクロストレーニング手段としての有用性についてコーチング学的視点から検討し、パフォーマンス向上のための知見を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

大学陸上競技部に所属する12名(短距離走者3名、混成競技者9名)を対象に実施した。実験試技として50m走および30秒間の全力ペダリング運動を実施した。50m走はクラウチングスタートから実施し、光電管を用いてタイムを計測した。全力ペダリング運動は、負荷を体重の7.5%に設定した。サドル高はペダルが下死点にある際に膝関節がやや屈曲する高さで任意に設定した。ペダルと足を固定するためにトークリップを使用しシューズをストラップで固定した。ペダル踏力については、クランク部に設置した自転車ペダル踏力計測システム(O-tec, Bensheim, Germany)によって、回転方向(Fe)およびクランク軸方向(Fu)の二方向のペダル踏力を計測した。そして、合成踏力(Fr)はそれら二方向の踏力を用いて、次の式によって算出した。

$$\text{式: } Fr = (\text{Fe}^2 + \text{Fu}^2)^{1/2}$$

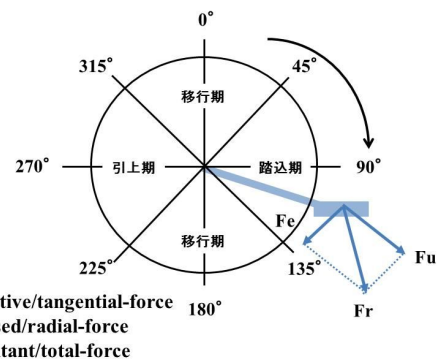


図1. 合成踏力と回転踏力の定義(右脚側)

また、30秒間における加速期(平均8回転目:最高パワー出現期の時定数から算出)、最高パワー出現期(平均14回転目)、低減期(平均60回転目)の踏力をそれぞれに該当する回転数の前後1回転を含む、3回転分を平均して算出した。なお、計測した踏力は

10°毎に平均した。運動中に発揮したパワーを測定するために、エルゴメータから出力したパワーをADコンバーター及びUSB変換ケーブルを介して10ms毎にパーソナルコンピュータに入力した。得られたデータを1秒毎に平均して、最高パワーおよび平均パワーを算出した。

また、シーズンにおける変化を検証するために、年間シーズンを通して事例的に3回の測定を行った。

4. 研究成果

自転車エルゴメータにおける発揮パワーと疾走タイムとの間には多くの先行研究において有意な相関関係がみとめられている。本研究においても、50m走タイムと発揮パワー（最高パワーおよび平均パワー）との間に有意な相関関係が認められた。自転車運動において高いパワーを発揮するためには、運動開始後からクランクを回転させるための力が必要であり、下肢において発揮された力をペダルに伝達すること、さらに回転方向へ伝達することが重要となる。本研究において、50m走タイムと最高パワー出現時における回転踏力との間に有意な相関関係が認められた（図2）。

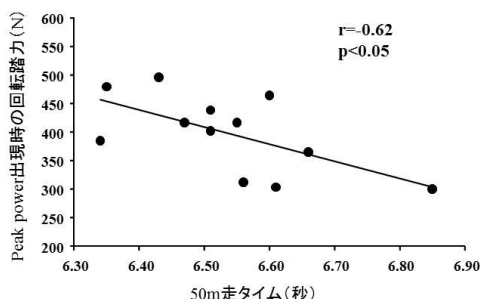


図2. 50m走タイムとPeak power出現時の回転踏力の関係

一方で、合成踏力との間には認められなかった。また、加速期および低減期における回転踏力および合成踏力と50m走タイムの間にはいずれも有意な相関関係は認められなかった。このことは、図3に示したように、下肢によって発揮された力の多くは回転方向への力発揮ではなくクランク軸方向に対する踏力(Fu)による力発揮が大きいことが関係していると考えられる。ペダル1回転における45度から134度を踏込期、225度から314度を引上期、315度から44度および135度から224度を移行期と定義すると（図1）、回転踏力は踏込期に高値を示すことから、踏込期において如何に回転方向へ脚を動かすことができるかが極めて重要となる。短距離走においては下肢の後方へのスイング速度とタイムとの間に有意な相関関係が認められることが報告されている（伊藤ほか, 1998）。すなわち、回転方向への踏力を発揮する自転車運動での脚の動作が走運動における脚の

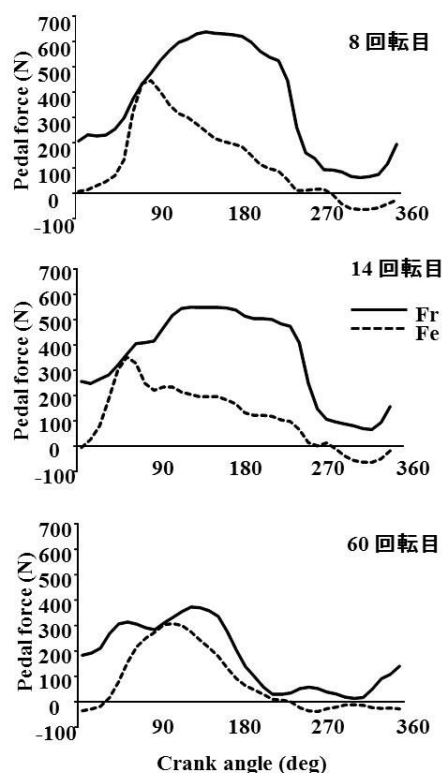


図3. 合成踏力と回転踏力の変化

後方へのスイング動作と類似しているといえる。そのため、クランク角度としては、135度から225度付近において回転方向への力を発揮することが重要となり、走トレーニングを意識したクロストレーニングの有用性を

図3に示した加速期、最高パワー出現期、における回転踏力および合成踏力の変化をみると、クランク軸方向への踏力が高値を示した。これは、実線と点線の差が大きいほど回転方向への踏力ではなくクランク軸方向への踏力が大きいことを示しており、すなわち非効率的な力発揮となる。しかしながら、Wingate test などにおいては、クランクの回転によって発揮されたパワーを体力的評価の指標として活用しているものの、クランクを回転させるための踏力において回転踏力あるいはクランク軸方向への踏力による影響なのか否かについてはパワーからでは判別することができない。本研究では、全力ペダリング運動における最高パワーと加速期および最高パワー出現期における回転踏力との間に有意な相関関係が認められた。一方で、合成踏力との間には相関関係は認められなかったものの傾向がみられた。このことは、自転車運動における回転方向への力発揮が重要であることを示すものであった。

次に、回転踏力の経時変化についてみてみると、1~2回目で回転踏力はピークに達し、その後は漸減的に減少する。しかし、10秒目以降はほぼ横ばいで推移している（図4）

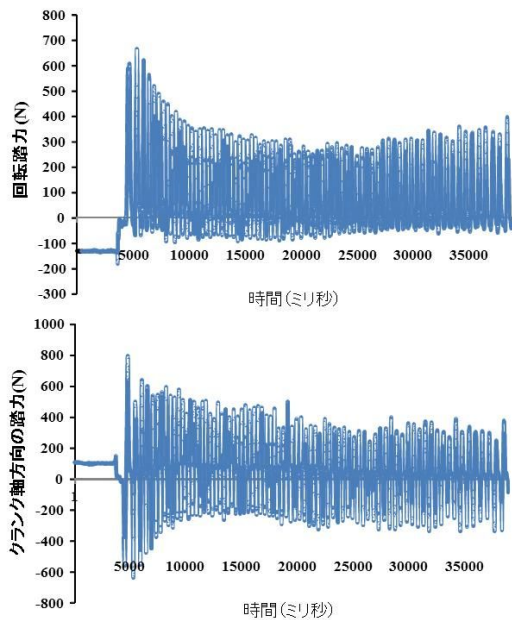


図4. 全力ペダリング運動における F_e および F_u の変化

一方で、クランク軸方向への踏力は運動開始においては高値を示すものの極端な変動はみられない。このことは、運動開始後は回転踏力の関与が大きいものの、時間経過とともに差がみられなくなっていくことを示している。これらのことを勘案すると、運動開始から全力でペダリングを実施する Wingate test などにおいては、前半は体力トレーニング、後半は回転方向への力発揮を意識した技術的要素を含んだトレーニングにもなり得ることも考えられる。しかし、本研究の踏力だけの解釈は飛躍している部分もあるため更なる研究が必要となる。

縦断的变化による検証については、疾走速度やペダル踏力において変化がみられなかった。このことは、事例研究的に3名(短距離走者:100m走専門が1名、400m走専門が2名)の被検者において実施したことから、選定した被検者においてパフォーマンスの変動がみられなかったことによる要因が大きいと考えられる。そのため、パフォーマンスの変動に伴う、ペダル踏力などの変容については被検者を増やし、再検証する必要がある。

今後の課題として、負荷や試技時間の設定による影響についても詳細に検証することによって、走運動におけるクロストレーニング手段の理論構築に貢献すると考えられる。また、近年、ペダル踏力(合成踏力)を可視化できる自転車エルゴメータが開発されており、力発揮に対するクランク角度などの情報もリアルタイムでフィードバックされ、実用性が高まっているものの、あくまで自転車競技者に対するソフトやアプリケーションであることから走が主動作となる陸上競技者やその他の競技者に対する評価方法の開発も必要となろう。あるいは、自転車エルゴメータ本体の開発も重要な課題となると考

えられる。

本研究で計測に使用した自転車ペダル踏力計測システムはH27年度に入ってから、メーカーから不具合の報告を受けたことにより実験データの見直しを行った。そのため、成果の発表を見送るかたちとなった。成果の発表についてはH28年度に開催される国内学会において実施する予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 健一 (MORI, Kenichi)

武蔵大学・人文学部・准教授

研究者番号: 60637510