

資料

2時間耐久レースにおける
タンデム自転車走行時の心拍数変化小野寺昇^{*1} 斎藤辰哉^{*2} 和田拓真^{*2} 村田めぐみ^{*2} 林聡太郎^{*1}
渡部憂^{*3} 藤原有子^{*1} 脇本敏裕^{*1,4}

1. はじめに

タンデム自転車は、二人乗り自転車であり、前乗りをパイロット、後乗りをCoパイロットとよぶ¹²⁾。タンデム自転車は、各都道府県公安委員会が定めた条例によって多くの都道府県での公道走行が制限されている¹²⁾。従って、日本国内のタンデム自転車普及率は極めて低い。タンデム自転車の特性は、(1)発進時にふらつき、不安定である、(2)回転数は2人が同じであるため、少ない方(弱者)の回転数になる、(3)停車時に2人分の体重を支えなければならないため、パイロットは体力(腕力)が必要なことなどである¹²⁾。このことから、タンデム自転車におけるパイロットは、Coパイロットと比較して高体力者を配置することが推奨される¹²⁾。自転車走行時における生理的指標変化に関する先行研究の多くは、一人乗り自転車を用いたフィールド研究であり、タンデム自転車を対象としたフィールド研究は少ない。

今回、我々は「サイクル耐久レース in 岡山国際サーキット2013」に参加する機会を得た。本研究の目的は、タンデム自転車走行時におけるパイロットおよびCoパイロットにかかる運動負荷の負担度を明らかにすることとした。

2. 方法

対象者は、健康な成人男性2名(対象者A:パイロット、対象者B:Coパイロット)をタンデム自転車のペアとした。対象者の身体特性は、表1に示した。実験に先立ち、自転車エルゴメーター(Ergonomic 828E; MONARK社製)を用いた漸増負荷運動試験によって最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\max$)および最高心拍数の測定を行った。対象者に対して、事前に実

表1. 身体的特性

対象者	A(パイロット)	B(Coパイロット)
年齢(歳)	33	27
身長(cm)	180.0	175.5
体重(kg)	63.0	78.0
$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	50.0	46.3
最高心拍数(bpm)	180	203

験の目的、方法を説明の上、実験参加について本人の同意を文書で得た。得られた値は、全て平均値±標準偏差で示した。

実験は、2013年10月14日に開催された「サイクル耐久レース in 岡山国際サーキット2013(岡山県美作市)」にて行った。出場クラスは、2時間耐久とし、タンデム自転車(PROGRESSIVE社製、図1)にて参加した。走路は、1周3.7 km(気温:23.3℃、湿度:40.2%)であった。レースには4名で参加し、周回毎に2名が交代した。そのため、対象者の休息時間は、7分22.6±40.4秒(7回)であった。休息時は、75 mlの脱水予防水³⁾を摂取させた。脱水予防水は、硬水に粉末清涼飲料を混合した飲料であり、100 ml当たりの電解質成分は、Na:52.0 mg, K:22.7 mg, Ca:2.3 mg, Mg:0.6 mgであった。

測定項目は、周回毎の走行時間、心拍数(RS400; POLAR社製)、直腸温(感熱部直腸温計 YSI4000サーモメーター;日機装ワイエスアイ社製)、主観的運動強度⁴⁾(Ratings of Perceived Exertion:RPE)、血圧(アネロイド血圧計 No.500 YAMASU; ケンツメディコ社製)および尿中カテコールアミン(High Performance Liquid Chromatography: HPLC法)とした。心拍数は、レース開始時、休憩所到着時に記録した。直腸温、RPEおよび血圧(収

*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科 *2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

*3 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻 *4 川崎医科大学附属病院 健康診断センター

(連絡先)小野寺昇 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

E-mail: shote@mw.kawasaki-m.ac.jp



図1. タンデム自転車 (TDM-710, 重さ:16.5kg, 車輪直径:24インチ, PROGRESSIVE 社製)

縮期血圧: Systolic Blood Pressure: SBP, 拡張期血圧: Diastolic Blood Pressure: DBP) は, ピット到着時に測定した. レース開始30分前に排尿し, 尿中カテコールアミン測定のための採尿は, レース開始前およびレース終了30分後に行った.

3. 結果

図2にレースにおける各周回の走行時間および平均速度を示した. 対象者は, 2時間でコースを8周した. 各周回の走行時間および平均速度は, $6分55.5 \pm 31.2$ 秒, 32.2 ± 2.3 km/hであった.

図3に各周回における心拍数(安静時の心拍数を0とした際の変化量), 心拍数から推定した $\dot{V}O_2$ max, 直腸温およびRPEの変化を示した. Co-パイロットにおける2-6周目の心拍数は, パイロットに比較して低値を示した. パイロットにおける1-6周目の $\dot{V}O_2$ maxは, Co-パイロットに比較して高値を示した. パイロットおよびCo-パイロットの直腸温は, 走行終了時に約 1.0°C 上昇した. Co-パイロットにおける1-7周目のRPEは, パイロットに比較し, 低値を示した.

各周回における血圧の変化を図4に示した. パイロットにおける各周回のSBPは, 安静と比較して高値を示した. しかしながら, Co-パイロットにおける血圧は, 変化がなかった.

各周における尿中カテコールアミンの変化を図5に示した. パイロット, Co-パイロットの尿中アドレナリン値, 尿中ノルアドレナリン値および尿中ドーパミン値の変化は, 同様の傾向を示した.

4. 考察

本研究は, タンデム自転車走行時におけるパイロットおよびCo-パイロットにかかる運動負荷の負担度について検討した. その結果, Co-パイロットの心拍数(2-6周目)およびRPE(1-7周目)は, パイロットに比較して低値を示した. Seifert JG et al. は, 一人乗り自転車およびタンデム自転車走行時の心拍数およびRPEを測定した結果, タンデム自転車走行時におけるCo-パイロットの心拍数およびRPEは, 同一対象者の一人乗り自転車走行時と比較して有意に低値を示し, パイロットと一人乗り自転車運動時には有意な差がみられないことを報告した⁵⁾. 自転車走行時は, 走行速度に依存し, 空気抵抗が増加する⁶⁾. 先行研究は, 4,000 m 団体追抜競争時の生体負担度について検討し, 4人チームの内, 3番手から2番手にかけて心拍数が減少する傾向を示すことを報告した⁷⁾. これらのことから, Co-パイロットは, パイロットの後ろに位置することから, 前方からの空気抵抗が少なく, 心拍数およびRPEが低値を示した可能性が考えられた. しかしながら, 7周目および8周目において必ずしもパイロットの心拍数および $\dot{V}O_2$ maxの数値がCo-パイロットの数値を上回らなかった. 心拍数の変化から推測すると, 7周目においてパイロットの数値は低下したが, Co-パイロットの数値は維持されたと考えられる. パイ

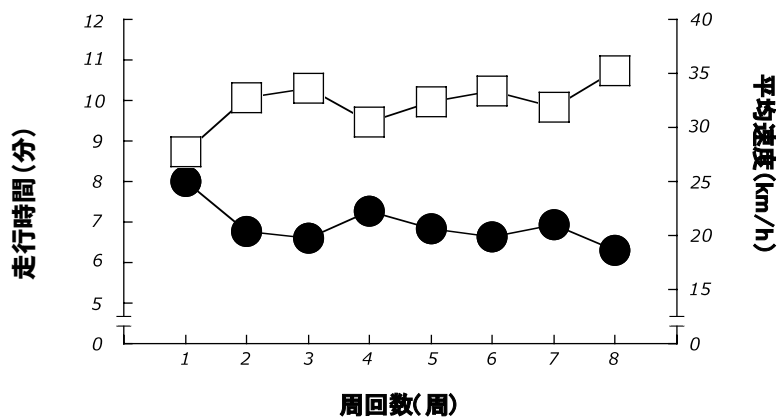


図2. 各週のレースタイムおよび平均速度

●: 走行時間, □: 平均速度

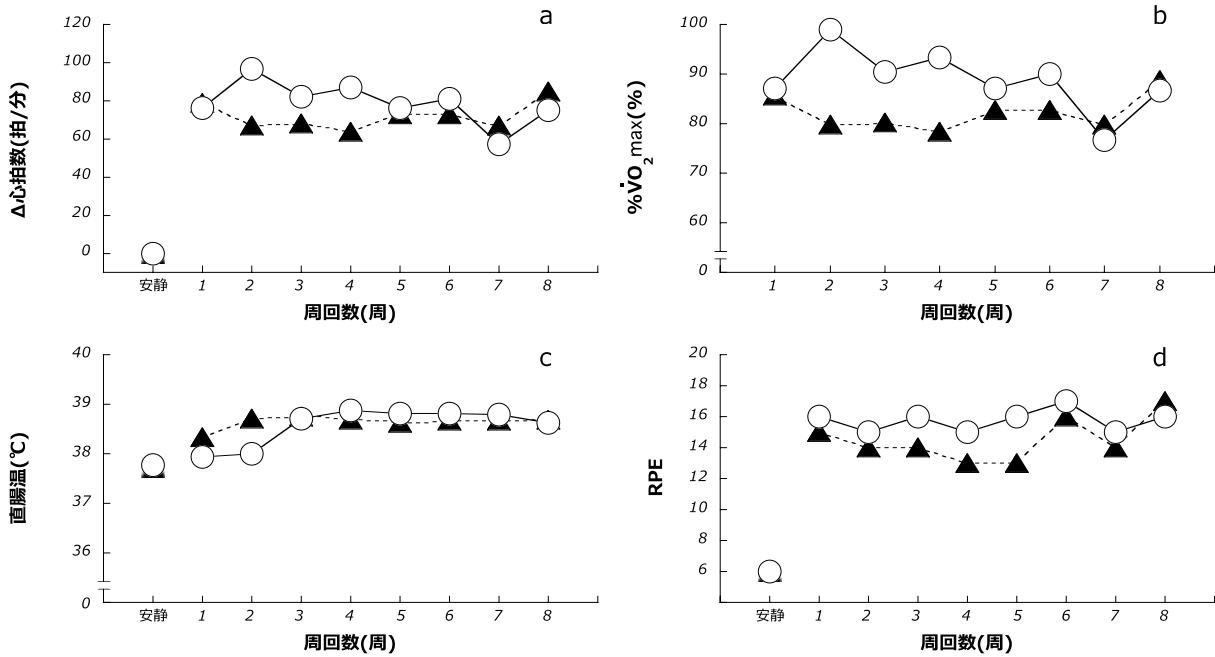


図3. 各周における心拍数変化量(a), 心拍数から推定した $\dot{V}O_2$ max(b), 直腸温(c) および RPE(d) 変化
○:パイロット, ▲:Co-パイロット

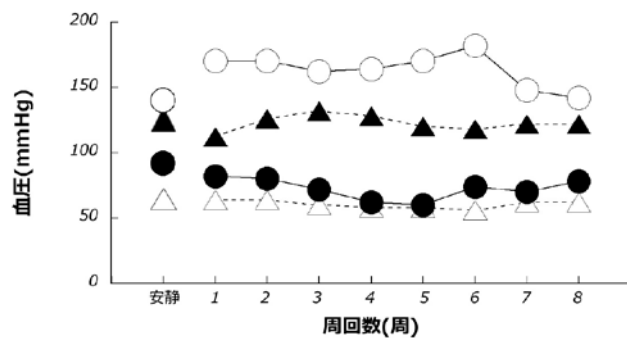


図4. 各周における血圧変化
○:パイロット (SBP), ▲:Co-パイロット (SBP)
●:パイロット (DBP), △:Co-パイロット (DBP)

ロットの RPE は、6周目に最も高い値を示していることから、7周目に疲労のため心拍数の低下を引き起こしたことも考えられる。

一方、8周目においてパイロットおよび Co-パイロットの心拍数、RPE および $\dot{V}O_2$ max は増加している。このことは、最終周であったことが両者のスピリチュアル (spirituals) を高めたものと考えられる。パイロットよりも Co-パイロットの心拍数および RPE が高値を示したことは、Co-パイロットの温存された体力によるものであると考えられる。これらの変化は、タンDEM自転車にみられる特徴的な変化である可能性も考えられる。

タンDEM自転車のハンドルおよびブレーキ操作

は、パイロットが行う。そのため、タンDEM用自転車の普及に関する調査研究事業調査研究委員会報告書¹²⁾は、停車時に2人分の体重を支えなければならぬため、パイロットは体力(腕力)が必要と報告している。パイロットの $\dot{V}O_2$ max (1-6周目) は、Co-パイロットに比較して高値を示した。このことから、パイロットは、Co-パイロットと比較して腕力だけでなく持久的な体力も必要であることが示唆された。

本研究の結果から、今回の様なトライアルでなければパイロットよりも Co-パイロットへの体力負担が少ないものと考えられる。このことを活用し、低体力者、高齢者などを Co-パイロットとする健康・

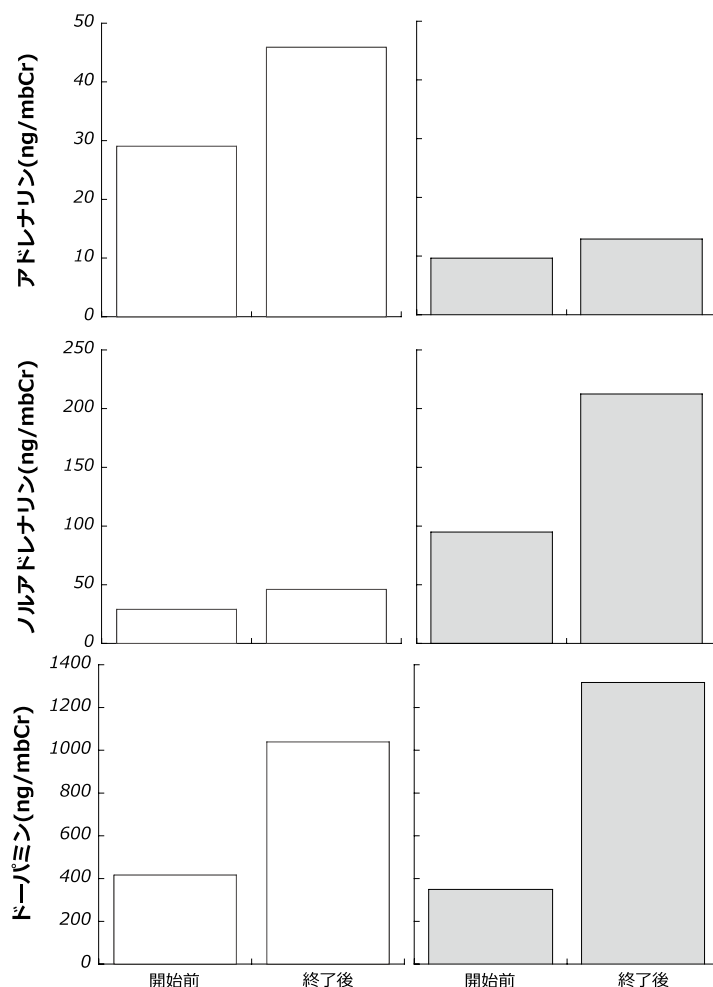


図5. 各周におけるカテコールアミン変化

□：パイロット，■：Co-パイロット

体力づくりの展開も可能となり、タンデム自転車の普及に結び付く可能性も考えられる。同時に、視覚障がい者をCo-パイロットとする試みにも発展する可能性も考えられる。これらの可能性を実現するための研究を進めることが今後の課題であるとする。

5. まとめ

タンデム自転車走行時におけるパイロットの運動負荷の負担度は、Co-パイロットと比較して高いこ

とが明らかになった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、川崎医療福祉大学大学院土田泰聖氏、後藤真希氏、川崎医療福祉大学小野寺ゼミの諸氏に協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号「24500686」)の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- 1) 財団法人 日本サイクリング協会:平成21年度タンデム用自転車の普及に関する調査研究事業調査研究委員会報告書, 2010.
- 2) 財団法人 日本サイクリング協会:平成22年度タンデム用自転車の普及に関する調査研究事業「乗用環境の拡大を目指して」調査研究委員会報告書, 2011.
- 3) 関和俊, 西村一樹, 吉岡哲, 石田恭生, 高原皓全, 平尾匡祥, 高橋康輝, 西村正広, 塔村真吾, 野瀬由佳, 青山賢吾, 白優覧, 小野寺昇: 大山夏山登山における脱水予防水摂取が尿中電解質に及ぼす影響. 登山医学, 28(1), 54-59, 2008.

- 4) Borg G: Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98, 1970.
- 5) Seifert JG, Bacharach DW, Burke ER: The physiological effects of cycling on tandem and single bicycles. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 50-53, 2003.
- 6) 形本静夫: 自転車走行のエナジェティクス-自転車競技中・長距離種目を中心に-. *バイオメカニクス研究*, 8(1), 35-41, 2004.
- 7) 財団法人 日本アマチュア自転車競技連盟競技力向上委員会科学部会: 自転車競技選手の体力(8)および4,000m 団体追い越し競技に関する研究(2). *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 競技種目別競技力向上に関する研究 自転車競技研究報告ファイル*, 279-295, 1995.

(平成26年5月22日受理)

Changes of Heart Rate during Tandem Bicycle Cycling in a 2-hour Endurance Race

Sho ONODERA, Tatsuya SAITO, Takuma WADA, Megumi MURATA,
Sotaro HAYASHI, Yu WATANABE, Yuko FUJIWARA and Toshihiro WAKIMOTO

(Accepted May 22, 2014)

Key words : tandem bicycle, heart rate, pilot, Co-pilot, endurance race

Correspondence to : Sho ONODERA

Department of Health and Sports Science
Faculty of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan

E-mail : shote@mw.kawasaki-m.ac.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.24, No.1, 2014 89 – 94)