

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：35309

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10950

研究課題名(和文) タンデム自転車エルゴメータを用いた受動動作による末梢及び中枢血流応答

研究課題名(英文) Peripheral and central blood flow responses to passive exercise using a tandem bicycle ergometer

研究代表者

小野寺 昇 (Onodera, sho)

川崎医療福祉大学・医療技術学部・教授

研究者番号：50160924

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：3つの実験を行った。実験1：本研究は、近赤外分光法(NIRS)を用いて前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度変化の定性を目的とした。実験2：本研究は、タンデム自転車走行時のエネルギー代謝量を、ダグラスバッグを用いて生体負担の要因を明らかにすることを目的とした。実験3：本研究は、風圧等の影響を受けないタンデムサイクルトレーナー漕ぎ時の生体負担度を比較検証することを目的とした。次の研究成果を得た。実験1：前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度が増加した。実験2：前乗りの方が生体負担が大きいことをダグラスバッグ法で確認した。実験3：風圧などの物理的要因以外にも要因が存在することを証明した。成果は、仮説を支持した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：実験1：受動的な運動により前頭前野が活性化し学術的な意義を持つ。実験2：フィールド実験で行った初めての学術的な意義を持つ。実験3：要因としてあげられてこなかった要因の存在を示す学術的な意義を持つ。

社会的意義：実験1：能動的な運動に制限が掛かる状況(スポーツ外傷・障害による制限)や高齢者のモコモティブシンドロームなどの人々への支援としての社会的な意義を持つものと考えられる。特に脳卒中予後の対策としての手段に活用を期待できる。実験2：タンデム自転車漕ぎを推奨する時のガイドラインになるという社会的な意義を持つ。実験3：生理学的な指標に心理学的な要因が反映されることを示す社会的な意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：Study1: This study aimed to clarify oxygenated hemoglobin concentration of the prefrontal cortex(PFC) and heart rate responses to passive pedaling exercise according to the pedaling frequencies. The oxyhemoglobin concentration of the PFC increased during the passive pedaling exercise compared to the baseline. We found a significant main effect of the passive-active factor. Study2: The aim of this study was to prove the new Douglas bag usage and the hypothesis that oxygen uptake of front riders has a higher than rear riders during tandem bicycle riding in field study. A significant difference was observed between the front rider ( $22.8 \pm 6.3$  ml/kg/min) and rear rider ( $20.2 \pm 6.4$  ml/kg/min) where oxygen uptake was found to be lower for the front rider ( $p < 0.05$ ). Study3: We have developed a original tandem bicycle trainer. Oxygen uptake of front saddle person was higher than rear saddle person. These results suggest that it was new factor without the wind pressure, handling, braking.

研究分野：運動生理学

キーワード：タンデム自転車 前頭前野ヘモグロビン酸素濃度 受動的運動 酸素摂取量 心拍数 ダグラスバッグ 法 タンデムサイクルトレーナー タンデム自転車エルゴメータ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 私は、1つの負荷を共有するピストタイプのタンデム自転車エルゴメータを作製した。ピスト式のこの機器を用いれば、後乗りが能動ペダル運動を行うことにより、前乗りの受動ペダル運動が可能となる。この方法を用いて受動ペダル運動時 (passive movement) のエネルギー代謝量を定量した。passive movement のエネルギー代謝量は、有意な増加を示したため、同時に脳血流量も増加すると予測した。

(2) タンデム自転車漕ぎの漕ぎ手について、前乗りの方が後乗りよりも生体負担が大きいと考えられている。先行研究もこれを支持する考察を展開している。しかしながら、なぜ前乗りの負担が大きいのか、その要因は何か。ハンドル操作、ブレーキ操作、風圧等がその要因であるとされるが、これらの要因は経験則からの推測の範囲に留まり、科学的な根拠が明確になっていない。今回、生体負担の要因を明らかにするためにタンデム自転車走行時のエネルギー代謝量の定量法を開発した。

(3) 私は、生体負担の要因を明らかにするためにタンデムサイクルトレーナー (固定) を作製した。この機器は、ハンドル操作、ブレーキ操作、風圧を限定し、かつフィールド走行をシミュレートした研究デザインのため漕ぎ手の生体負担度を比較検証することが可能となる。

### 2. 研究の目的

(1) ペダリングにおける passive movement の酸素摂取量の増加から前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度も増加すると仮説立てた。本研究は、近赤外分光法 (NIRS) を用いて前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度変化の定性を目的とした。

(2) 前乗りの方が後乗りよりも生体負担が大きいと仮説立てた。本研究は、タンデム自転車走行時のエネルギー代謝量を、ダグラスバッグを用いて生体負担の要因を明らかにすることを目的にした。

(3) 前乗りの方が後乗りよりも生体負担が大きい要因としてハンドル操作、ブレーキ操作、風圧等以外にもあると仮説立てた。本研究は、ハンドル操作、ブレーキ操作、風圧等の影響を受けないタンデムサイクルトレーナー漕ぎ時の生体負担度を比較検証することを目的にした。

### 3. 研究の方法

(1) 被験者：健康な成人男性 7 名 (年齢 ;  $23 \pm 2$  歳) であった。実験場所：川崎医療福祉大学健康体育学科 5 階実習室で行った。実験デザイン：前乗りは、passive movement (受動運動)、後乗りは、active movement (能動運動) を行う方法を用いた。自転車に乗る被験者の組み合わせは、無作為抽出法で決定した。測定条件：前乗り受動運動条件、後乗り能動運動条件を設定した。被験者は、2つの条件を別の日に行った。測定項目：心拍数は、パルスウォッチ (無線搬送式心拍計) を用いて測定した。近赤外分光法 (NIRS) を用いて前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度を測定した。被験者は、主観的運動強度をボルグスケール (被験者自身が主観的に感じる運動の負担度を 20 段階からなる数字で表す方法) に従い、開始から 3 分毎に口頭にて申告し、験者が記録した。測定手順及び測定時間：座位安静：5 分 (呼気ガス採気 ; 安静時酸素摂取量測定) タンデム自転車漕ぎ 20 分 (運動強度を 1.5kp に設定、ペダル回転数 40rpm から開始し、3 分毎に 10rpm 増加させ、80rpm まで行った) 運動後座位安静：10 分の順序で行う。運動開始から 5 分毎に血圧、主観的運動強度を測定した。座位安静から運動後座位安静まで通して心拍数をモニターし、記録した。



写真は、NIRS を用いて前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度を測定中の実験風景である。

(2) 被験者：健康な成人男性 14 名 (年齢 ;  $33 \pm 8$  歳) であった。実験場所：川崎医療福祉大学

全天候型陸上競技場で行った。実験デザイン：被験者相互入れ替え方式（前乗りと後乗りを相互に行う方法）を用いた。自転車に乗る被験者の組み合わせは、無作為抽出法で決定した。測定条件：前乗り条件、後乗り条件を設定する。被験者は、2つの条件を別の日に行った。測定項目：心拍数は、パルスウォッチ（無線搬送式心拍計）を用いて測定した。血圧は、アナロイド式血圧計（圧力式）を用いて運動開始前と直後で測定した。酸素摂取量は、ダグラスバッグ法（ダグラスバッグという 150 リットル収集できる袋に呼気ガスを採取し、酸素と二酸化炭素の質量を分析する方法）を用いて運動開始後 4 分 30 秒から 1 分間を前乗り者、運動開始後 5 分 00 秒から 1 分間を後乗り者の呼気ガスを分析した。被験者は、主観的運動強度をボルグスケール（被験者自身が主観的に感じる運動の負担度を 20 段階からなる数字で表す方法）に従い、開始から一周毎（400m）に口頭にて申告し、験者が記録した。測定手順及び測定時間：座位安静：5 分（呼気ガス採気；安静時酸素摂取量測定） タンデム自転車漕ぎ 6 分（運動強度を最大値の 60% に設定） 運動後座位安静：10 分の順序で行った。座位安静から運動後座位安静まで通して心拍数をモニターし、記録した。

写真は、タンデム自転車漕ぎ中のダグラスバッグを用いた酸素摂取量測定の実験風景である。後乗り者が、前乗り者と自身のダグラスバッグのcockを開閉することで採気を可能にした。このアイデアは、タンデム自転車漕ぎ時のエネルギー代謝量を定量できる初めての手法である。



(3) 被験者：健康な成人男性 1 2 名（年齢； $32 \pm 8$  歳）であった。実験場所：川崎医療福祉大学健康体育学科 5 階実習室で行った。実験デザイン：被験者相互入れ替え方式（前乗りと後乗りを相互に行う方法）を用いた。自転車に乗る被験者の組み合わせは、無作為抽出法で決定した。測定条件：前乗り条件、後乗り条件を設定する。被験者は、2つの条件を別の日に行った。測定項目：心拍数は、パルスウォッチ（無線搬送式心拍計）を用いて測定した。血圧は、アナロイド式血圧計（圧力式）を用いて運動開始から 5 分毎に測定した。酸素摂取量は、ダグラスバッグ法を用いて運動開始 4 分から 5 分までを採気し分析した。被験者は、主観的運動強度をボルグスケール（被験者自身が主観的に感じる運動の負担度を 20 段階からなる数字で表す方法）に従い、開始から 1 分毎に口頭にて申告し、験者が記録した。測定手順及び測定時間：座位安静：5 分（呼気ガス採気；安静時酸素摂取量測定） タンデムサイクリストレーナー漕ぎ 5 分（運動強度を最大値の 60% に設定、呼気ガス採気；安静時酸素摂取量測定） 運動後座位安静：10 分の順序で行う。運動前後で血圧を測定した。座位安静から運動後座位安静まで通して心拍数をモニターし、記録した。

写真は、タンデムサイクリストレーナーを用いた実験風景である。既存のタンデム自転車を改造してタンデム自転車漕ぎをシミュレートすることができる。



#### 4. 研究成果

(1) 前乗り受動運動条件の心拍数は、ペダル回転数 80rpm の時に前値と比較し、有意な増加

( $P < 0.05$ )となった。後乗り能動運動条件の心拍数は、ペダル回転数の増加に伴いペダル回転数 80rpm まで漸増的に有意な増加( $P < 0.05$ )となった。前乗り受動運動条件の前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度は、ペダル回転数 80rpm の時に前値と比較し、有意な増加( $P < 0.05$ )となった。この現象は、受動的な運動により前頭前野が活性化することを示唆する学術的な意義を持つ。後乗り能動運動条件の前頭前野の酸化ヘモグロビン濃度は、ペダル回転数の増加に伴いペダル回転数 80rpm まで漸増的に抑制された。この現象は、運動野の活性が前頭前野の活性を抑制する可能性を示唆する。Figure の横軸数値は、ペダル回転数であり、1=40rpm, 2=50rpm, 3=60rpm, 4=70rpm, 5=80rpm を表示した。縦軸数値は、前値に対する酸化ヘモグロビン濃度の变量であり、左が前乗り者、右が後乗り者の変化を表示した。

この研究成果は、受動的な運動によって前頭前野が活性化することを示唆する。能動的な運動に制限が掛かる状況(スポーツ外傷・障害による制限)や高齢者のモコモティブシンドロームなどの人々への支援としての社会的な意義を持つものと考えられる。特に脳卒中予後の対策としての手段に活用を期待できる。

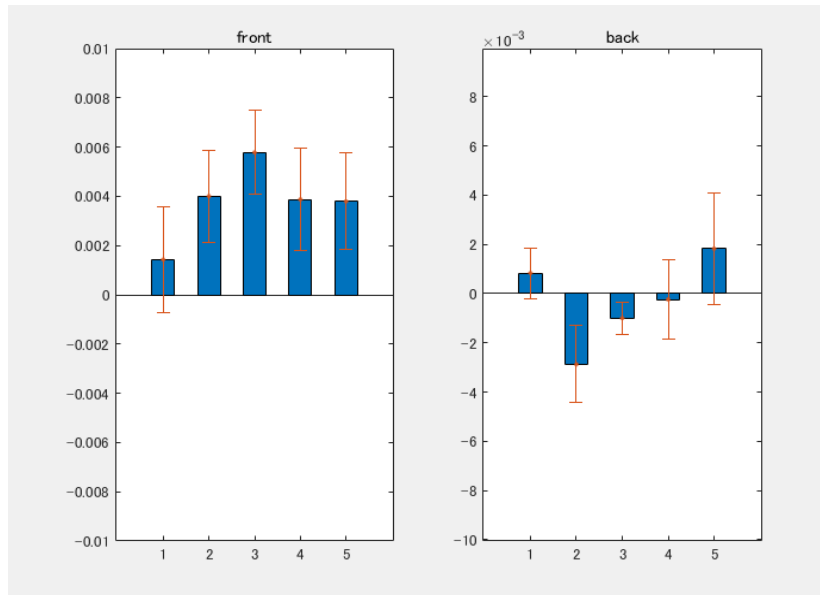


Figure The oxyhemoglobin concentration of the PFC

(2) Table に前乗り者と後乗り者の対体重酸素摂取量の比較を示した。前乗り者の対体重酸素摂取量が後乗りの対体重酸素摂取量よりも有意に高い結果を得た。このことは、仮説を支持する研究成果となった。これまでタンDEM自転車漕ぎ時のエネルギー代謝量を心拍数から推測した定性報告があるが、定量をフィールド実験にて行った先行研究はなく、初めての学術的な意義を持つ研究成果である。前乗り者のエネルギー代謝量が後乗り者よりも大きいことが明らかになったことから、前乗り者は後ろ乗り者よりも高い体力を持つことが今後タンDEM自転車漕ぎを推奨する時のガイドラインになるという社会的な意義を持つことを示唆する。

Table Changes in the minute ventilation(VE), oxygen uptake(VO<sub>2</sub>), carbon dioxide production(VCO<sub>2</sub>), respiratory exchange ratio(RER) and oxygen uptake per body weight(VO<sub>2</sub> / kg) of each cyclist

	VE (ml/min)		VO <sub>2</sub> (ml/min)		VCO <sub>2</sub> (ml/min)		RER (%)		VO <sub>2</sub> / kg (ml/min/kg)	
	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
Front cyclist	8.6±1.3	47.2±11.6	270.5±45.9	1645.3±412.8	253.5±28.2	1675.3±417.4	0.89±0.04	1.02±0.04	3.7±0.5	22.8±6.2
Rear cyclist	8.6±1.3	39.9±13.3	270.5±45.9	1452.9±411.3	253.5±28.2	1475.5±505.6	0.89±0.04	1.00±0.07	3.7±0.5	20.1±6.4†

(mean±SD)

† :  $p < 0.05$  (vs. Front cyclist)

(3) 図にサイクルトレーナー漕ぎ時の前乗り者と後乗り者の対体重酸素摂取量の比較を示した。前乗り者の対体重酸素摂取量は  $15.7 \pm 3.0$  ml/kg/min、後乗り者の対体重酸素摂取量は、 $12.5 \pm 3.3$  ml/kg/min であった。2条件間に有意な差を統計的に認めた。この研究成果は、これまでに前乗り者の物理的な負荷として上げられていた風圧・ブレーキ操作などのハンドリング等要因ではなく、これまでに要因としてあげられてこなかった要因の存在を示す学術的な意義を持つことを示唆する。その要因として考察できるのは、タンDEM自転車の構造的なメカニズムとこの

メカニズムから発生する後乗り者の前乗り者への心理的な依存である。推測の域ではあるが、生理学的な指標に心理学的な要因が反映されたことを示す研究資料を得たことは、社会的な意義を持つものと考ええる。

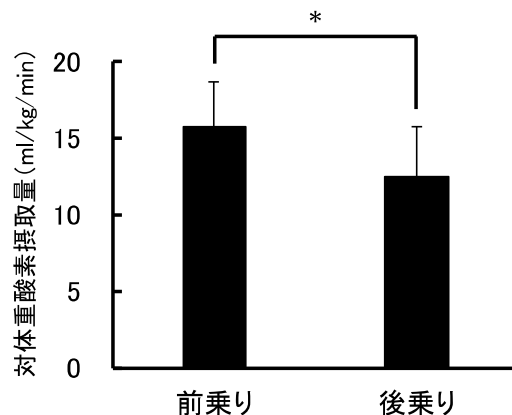


図. 前乗りと後乗りにおける対体重酸素摂取量の変化

\* :  $p < 0.05$  前乗りvs. 後乗り

#### < 引用文献 >

Onodera S, Yoshika A, Katayama K, Ogita F, Suitability of modified tandem-bicycle ergometer for the improvement of physical fitness and athletic performance, Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 4(2),2015, 249-251

Onodera S, Wada T, Ishida Y, Katayama K, Changes of heart rate during tandem bicycle in a 2-hour endurance race, Kawasaki Medical Welfare Journal, 24(1), 2014, 89-94, (In Japanese)

Onodera S, Wada T, Yoshioka A, Katayama K, Difference between riding position on oxygen uptake during tandem bicycle pedaling, Kawasaki Medical Welfare Journal,29(1),2023 (In press)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sho Onodera, Hiroki Hamada, Yurie Aratani, Noboru Yoshida, Yuraro Tamari, Takuma Wada, Tatsuya Saito, Yasukiyo Tsuchida, Sotaro Hayashi, Yasuko Ishimoto, Toshiyuki Wakimoto, Kaori Matsuo, Hidetaka Yamaguchi, Akira Yoshioka, Keisho Katayama, Futoshi Ogita	4. 巻 26(2)
2. 論文標題 Comparison of the Heart Rate and %V02peak between the Front and the Rear Rider in a 2-hour Endurance Tandem-bicycle Ride	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Kawasaki Medical Welfare Journal	6. 最初と最後の頁 151-155
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Sho Onodera, Takuma Wada, Yasuko Ishimoto, Akira Yoshioka, Kiho So, Sotaro Hayashi, Yurie Aratani, Kaori Matuo, Yasuko Ishimoto, Terumasa Takahara, Hidetaka Yamaguchi, Keisho Katayama	4. 巻 29(1)
2. 論文標題 Differences between riding position on oxygen uptake during tandem bicycle pedaling	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Kawasaki Medical Welfare Journal	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Onodera,S., Wada,T., Ukida,Y., So,G., Tamari,Y., Yoshida,N., Hamada,H., Ishida,Y., Wakimoto ,T., Ishimoto,Y., Matuo,K., Takahara,T., Yoshioka,A., Yamaguchi,H., Katayama,K., Ogita,F.
2. 発表標題 Comparison of %V(·)O2peak between the front and the rear rider in a 2-hour endurance tandem-bicycle ride suppressed by energy supplement
3. 学会等名 26th Annual Congress of the European College of Sport Science（国際学会）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Onodera , T. Hosokawa , Y. Tamari , T. Wada , N. Yoshida , H. Hamada , T. Saito , Y. Aratani , T. Takahara , A. Yoshioka , H. Yamagushi , K. Hikosaka , K. Katayama , F. Ogita
2. 発表標題 OXYGENATED HEMOGLOBIN CONCENTRATION OF PREFRONTAL CORTEX AND HEART RATE RESPON SES TO PASSIVE PED- ALING EXERCISE USING A TANDEM BICYCLE ERGOMETER
3. 学会等名 25rd Annual Congress of the European College of Sport Sci ence（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Onodera S, Hamada H, Aratani Y, Yoshida N, Ishida Y, Tamari Y, Wada T, Saito T, Tsuchida Y, Hayashi S, Ishimoto Y, Wakimoto T, Matsuo K, Yamaguchi H, Yoshioka A, Katayama K, Ogita F
2. 発表標題 Comparison of physiological stresses between the front and the rear saddle cyclist in a two-hour endurance tandem-bicycle race
3. 学会等名 European College of Sport Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野寺昇, 難波文恵, 玉里祐太郎, 和田拓真, 吉田升, 濱田大幹, 荒谷友里恵, 齋藤辰哉, 村田めぐみ, 高原皓全, 吉岡哲, 山口英峰, 片山敬章, 荻田太, 彦坂和雄
2. 発表標題 近赤外線分光法を用いた受動ペダル運動時の前頭前野酸化ヘモグロビン濃度の検討
3. 学会等名 日本体力医学会 中国・四国地方会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	片山 敬章  (katayama keisho)  (40343214)	名古屋大学・総合保健体育科学センター・教授   (13901)	
研究分担者	荻田 太  (ogita futoshi)  (50224134)	鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授   (17702)	
研究分担者	彦坂 和雄  (hikosaka kazuo)  (60129004)	川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・教授   (35309)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	齋藤 辰哉  (saitou tatuya)  (60758085)	鳥取大学・医学部・助教    (15101)	
研究分担者	細川 貴之  (hosokaya takayuki)  (30415533)	川崎医療福祉大学・リハビリテーション学部・准教授    (35309)	
研究分担者	和田 拓真  (wada takuma)  (00803909)	鳥取短期大学・生活学科・助教    (45102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関