

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：82632

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25882059

研究課題名(和文) バイオフィードバックシステムを用いたトレーニングが運動の熟達に及ぼす効果の検討

研究課題名(英文) Effect of biofeedback training on motor learning

研究代表者

稲葉 優希 (INABA, Yuki)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学研究部・契約研究員

研究者番号：30709431

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、3次元動作解析システムや力センサーの情報を統合してフィードバックできるバイオフィードバックシステムを構築した。更に、実際にそれらのシステムを利用して自転車のトレーニングを行い、その効果を検証した。バイオフィードバックシステムを用いることによって、動作のどの部分を修正すればよいかを、トレーニングを実施している者が動作を行っている最中に客観的に認識することが可能となった。例えば、熟練者の動きに近づけるためには、どの関節の動きをどれくらい変化させればよいかという情報の提供が可能となった。実際に、このシステムを用いてトレーニングを行ったことによって、運動に改善が見られた。

研究成果の概要(英文)：Biofeedback system that integrates marker positional data obtained by 3D-motion analysis system and force sensors were developed in this study. We used this system for bike training and investigated the effect of using the biofeedback system. By introducing the biofeedback system, subjects were able to recognize which part of the motion they need further modification from objective data. As a result, improvement in bike pedaling was observed in the condition that made use of the biofeedback training.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：バイオフィードバック 自転車 踏力

1. 研究開始当初の背景

バイオメカニクス分野における研究では、様々な動作や運動における身体各部位の運動学的・動力学的パラメータを解析することにより、動作の成り立ちが明らかにされてきた。バイオメカニクスの研究者は、このような研究によって得られた知見を基にパフォーマンス向上のためのトレーニング方法やテクニックの提案してきた。これまでも、多くのバイオメカニクス研究によってパフォーマンス向上において必要な要素が明らかにされてきた。しかし、これらの情報が選手やコーチに提供された際、実際にどのような意識をして、どのような練習を実施すれば、研究で得られた知見を実践に活かせるかについて、選手やコーチに伝えることは困難であった。つまり、研究で得られた知見を効果的に実践に活かしていく方法は未だ確立されていないといえる。したがって、バイオメカニクス研究がより現場において活かされるためには、どのように研究の成果をフィードバックすることでパフォーマンスの向上が最大化するかについて知る必要があると考えられる。

そこで、本研究ではバイオフィードバックを用いたトレーニングが運動の習熟に及ぼす影響について検討することとした。バイオフィードバックとは、主に運動神経生理学や心理学分野で用いられている方法であり、失われた感覚情報や追加の感覚情報を、機能的な感覚情報体系によってフィードバックする方法である。例えば、前庭機能喪失患者に体幹の傾き情報をフィードバックしたところ、立位姿勢時に与えられる外乱に対する身体の揺れが減少したことが報告されている(Wall and Kentala, 2005; Peterka et al., 2006)。その他にも、心拍数(Paul et al., 2012)データをリアルタイムでモニターしてフィードバックすることで、意識させる点を分かりやすく、かつ効果的にフィードバックすることが出来たという報告されている。そこで、スポーツ動作の習熟においても、研究で得られたバイオメカニクスの知見を、バイオフィードバックを用いてフィードバックすることによって、より効果的なトレーニングが可能となるのではないかと考えた。運動学習の課程において追加のバイオメカニカルな“感覚情報”によるフィードバックを与えることで、運動の学習においてプラスの効果が生まれると予測された。

2. 研究の目的

本研究では、第一にバイオフィードバックシステムを構築することを目的とした。具体的には、3次元動作解析システムで得られたデータを、別のソフトウェアで取り込み、解析をしてフィードバックするシステムを構築することとした。次に、構築されたシステムを用いたトレーニングによって、運動の熟達にどのような効果が表れるかを検証する

ことを目的とした。バイオフィードバックシステムは、ユーザーが自由に変更できる仕様としたため、対象動作は自由に選ぶことができたが、本研究では、下肢の周期的な屈伸運動である自転車のペダリングを対象として、2種のフィードバック方法を用いたトレーニングの効果を検証することとした。

3. 研究の方法

(1) バイオフィードバックシステムの構築

本研究では、目的に応じてユーザーがフレキシブルに目標やフィードバック情報を変更できるように、独自のバイオフィードバックシステムを構築した。3次元動作解析システム(Motion Analysis Corp., USA)を用いて得られたマーカーの座標データを、付属のSoftware Development Kit(SDK)を用いて、別のグラフィカルプログラミングソフトウェア(Labview, National Instruments社)に取り込んだ。取り込まれた座標データはLabview上で解析して、フィードバックできるようにシステムを構築した。同時に、自転車のペダルに加わる踏力を測定するセンサーから得られるデータをAD変換ボードを介してLabviewに取り込み、解析してフィードバックできるようにシステムを構築した。各システムの概要は下記(2)に示す。

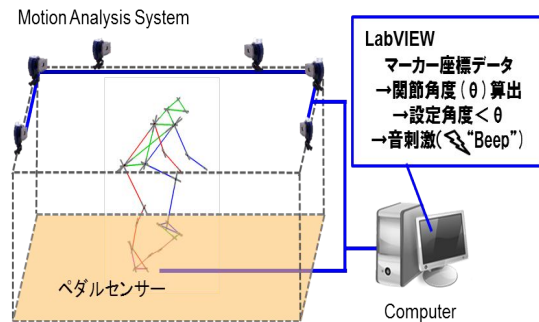


図1: バイオフィードバックシステムの概要

(2) バイオフィードバックシステムを用いたトレーニングが運動の習熟に及ぼす効果の検証

被験者

(1)で構築したシステムを用いて実際にトレーニングを行い、その効果を検証した。3つの被験者群(A群:コントロール群(6名)、B群:ペダル踏力フィードバック群(6名)、C群:関節角度フィードバック群(7名))を設定して、トレーニングの効果を比較・検証した。被験者はいずれも、自転車競技を経験したことのない一般成人とした。B群、C群のフィードバック群では、目標値が必要であったため、日本代表チームに所属する自転車選手2名の漕動作を測定して、関節角度や踏力データの特徴を抽出した。

測定について

被験者の全身24カ所にマーカーを貼付して、自転車の漕動作中の全身の動きを3次元

動作解析システムを用いて撮影した。また、踏力センサー(図2、Powerforce System, Radlabor, Germany)を用いてペダルに対して加えられた力を測定した。踏力センサーは踏力を2つの成分(クランクアームの接線方向成分と半径方向成分)に分けて測定できるセンサーを使用した。自転車はペダルに対して力を加えて、クランクを回し続ける運動であるため、踏力の接線方向成分を有効成分、半径方向成分を非有効成分とした。



図2:踏力センサーと自転車エルゴメーター

プロトコル

各群でトレーニングの方法は異なったが、いずれの群も同様のプロトコルで測定を行った。被験者には70回転毎分(rpm)の回転数で漕動作を行うように指示して、回転数が安定した時点から1分間の測定を1セットとした。負荷は男性100W、女性75Wに設定した。まず、トレーニング前のセッションとして漕動作を1セット測定した(PRE)。次に、トレーニングセッションとして、12セットのトレーニングを行った。トレーニング中も動作の測定は継続した。最後に、トレーニング効果を検証するために、トレーニング後のセッションとして、1セットの測定を実施した。セット間の休憩時間は1分とした。各群のトレーニングの概要について、下記に示す。

<A群:コントロール群>

A群では、バイオフィードバックシステムは用いずにトレーニングを行った。ただし、被験者には、ペダル効率を上げるように意識するように指示をした。ペダル効率とは、発揮した踏力のうち、有効成分の占める割合と定義した。漕動作はペダルを回す運動であるため、接線方向に力を加える必要があり、半径方向成分の力はペダルを回すことには寄与しないことや、特にペダルが最下点に到達する辺りから最上点に戻すまでの漕動作において、半径方向成分の力、つまり非有効成分が大きくなりやすいことを説明した。12セットのトレーニング中、どの程度ペダル効率が上昇しているか等について一切フィードバックは行わなかった。つまり、A群では、

自分で意識をすることのみによって、運動を改善していくように設定した。

<B群:ペダル踏力フィードバック群>

B群では、ペダルの効率に直接寄与する、ペダル踏力の有効成分と非有効成分の発揮状態をリアルタイムでフィードバックした。ペダルに貼付したマーカー座標位置から、Labview上で解析することによってペダル位置を算出して、各ペダル位置における踏力を、2成分の色を分けてグラフ上に波形で表示した。それに加えて、自転車選手の踏力の発揮パターンに自分の波形を重ねて表示することによって、現在の自分のペダリングが選手と比較してどのように異なるかを確認できるようにした。B群に対しても、ペダル効率のコンセプトやグラフの見方について、A群と同様の説明を行った。

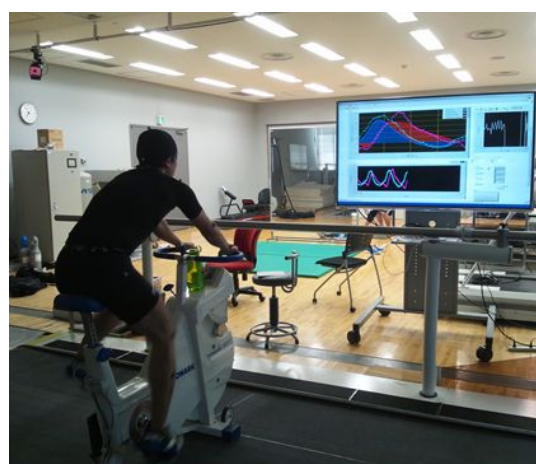


図3:B群の測定の様子

<C群:関節角度フィードバック群>

C群では、関節角度のフィードバックを行った。股関節・膝関節・足関節の関節角度を算出して、それぞれ別のグラフ上に表示した。ペダルを一周させる毎にグラフの表示が更新されるように設定した。関節角度についても、自転車選手の関節角度変化の波形を表示して、現在の自分の関節角度変化のパターンと選手のパターンがどのように異なるかを確認できるようにした。C群に対しても、ペダル効率のコンセプトやグラフの見方について、A群、B群と同様の説明を行った。

4. 研究成果

(1) バイオフィードバックシステムの構築

3次元動作解析システムによって得られたマーカー座標データを取り込み、Labview上で解析してフィードバックするシステムを構築した。これによって、踏力センサーと関節等の位置情報を統合したフィードバックシステムを作成することができた。このようなシステムが構築できたことによって、動作解析システムから得られたペダル位置情報を基にペダルの角度を算出して、各ペダル位置においてどのような力が発揮されている

かを確認できた。つまり、全体の動作の中で、どの部分で動作を修正すべきかを確認ができるようになった。このようなシステムが構築されたことによって、闇雲に動作を修正していくのではなく、どの部分を修正するか意識できるようになったと言える。

また、目標データを表示できるようにシステムを構築したことによって、自分の現状と目標データとの間にどれくらいの差異が生じているかを確認できた。今回のシステムは、解析プログラムを自由に変更することができるため、自転車の漕動作だけでなく、様々な運動において効果を試すことが期待される。

今回のシステムによって差異が確認された部分について改善をする際に、実際はその前の動作の段階から動作を変化させるように意識しなければいけなかった可能性があったが、今回のシステムにおいては、その部分は考慮されていなかった。今回のシステムはユーザーが自由に仕様を変更できるので、動作の特徴や改善するためのポイントを踏まえて、更に効率の良いフィードバックシステムについて検証していく必要がある。

(2) バイオフィードバックシステムを用いたトレーニングが運動の習熟に及ぼす効果の検証

ペダル効率はいずれの群においても、PRE測定時よりもPOST測定時において増大していた。POST測定時のペダル効率はフィードバックを受けたB群、C群においてA群よりも大きかった。ただし、PRE測定時のペダル効率がA群においてB群、C群よりも低かったため、ペダル効率の変化率(POSTペダル効率/PREペダル効率)を算出したところ、群間に有意な差異は見られなかった。したがって、本研究で構築したフィードバックシステムを用いたことによって、ペダル効率に改善は見られたが、それが単に意識するだけ以上の効果であったかについては、不明である。更に実験条件を増やして、フィードバックの効果について検証していく必要がある。

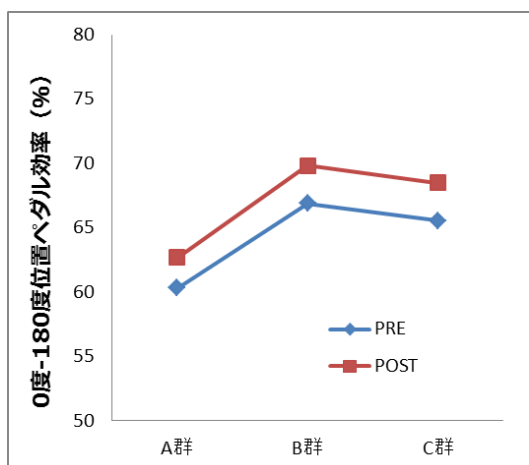


図4:ペダル位置0度-180度におけるペダル効率の群間比較

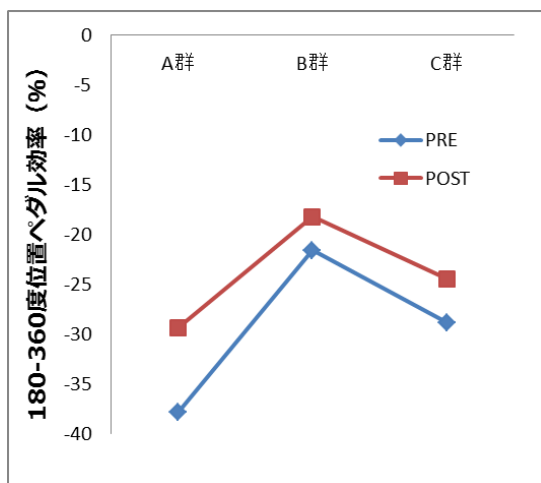


図5:ペダル位置180度-360度におけるペダル効率の群間比較

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)

[産業財産権]
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲葉 優希 (INABA YUKI)

国立スポーツ科学センター・スポーツ科学研究部・契約研究員
研究者番号: 30709431