

氏 名	さたけ としゆき <b>佐竹 敏之</b>
学位(専攻分野)	博 士 ( 学 術 )
学 位 記 番 号	博 甲 第 8 0 3 号
学位授与の日付	平成 28 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブロ科学専攻
学 位 論 文 題 目	<b>自転車運動時におけるビンディングペダルの有用性に関する運動生理学的研究</b>
審 査 委 員	(主査)准教授 芳田哲也 教授 野村照夫 教授 森本一成 教授 常岡秀行

### 論文内容の要旨

スポーツ用具の性能および適性は運動技術の習得およびプレー内容に重大な影響を及ぼす。スポーツ用具の開発については材料や形状等の人間工学的な検討に加えて、ヒトがスポーツ用具を使用した時のエネルギー効率や筋活動様式及び心拍数等の生体反応を運動生理学的に測定・評価することが重要である。自転車運動については、ハンドル、サドル、spoーク、タイヤ、ペダル等の用具の研究や開発が多く行われているが、それらを使用した時のヒトの生体反応に関する研究報告は少ない。

第1章では近年、多様な目的で愛用されている自転車とヒトの生活との関係や、スポーツ用具の開発に関する最近の研究動向や問題点を示し、足裏とペダルを固定して円滑なペダリングを可能にすると考えられているビンディングペダル (Binding pedal, BP) を研究対象とする目的を述べている。

第2章では自転車競技者 6 名 (Trained cyclist, TC) と BP の使用経験がない一般者 7 名 (Novice cyclist, NC) に、BP と通常のペダル (Normal pedal, NP) を用いてペダル回転数 50 rpm と 100 rpm、出力パワー 100 W と 150 W の 4 条件で 5 分間の自転車運動を行わせ、その際の生体反応を測定・評価している。TC 群による自転車運動時の前脛骨筋 (Tibialis Anterior, TA) および腓腹筋外側頭 (Gastrocnemius Caput laterale, GL) の筋電図 (Electromyogram, EMG) 活動の相対値は、NP 使用時より BP 使用時が有意に低値を示し、この現象は 50 rpm でペダリングを実施した時に顕著であった。しかし、NC 群では TC 群に見られた傾向は認められなかった。また、5 名の TC にペダル回転数 100 rpm、出力パワー 150 W で BP と NP を用いて 60 分間の自転車運動を行わせた結果、運動開始時では BP 使用時と NP 使用時における筋活動の違いは小さかったが、運動終了直前では TA における EMG 活動の相対値が BP 使用時より NP 使用時に有意に大きかった。さらに 60 分間の自転車運動中、NP 使用時よりも BP 使用時の主観的運動強度は有意に低く、心拍数も低い傾向であった。このように本章では下肢筋活動パターンおよび生理反応に与える BP の影響は、BP 使用経験の有無、ペダル回転数および運動時間により異なることを示している。

第3章では 10 名の自転車競技者を対象に BP または NP を使用して負荷を変化させた自転車運動時の下肢筋活動や回転数及び機械的効率の変化について検討している。10 秒毎に負荷が 126W

から 378W の範囲で増加または減少する自転車運動を 60rpm と 90rpm で実施した結果、BP と NP との機械的効率には顕著な違いは認められなかった。しかし、BP 使用時の大腿二頭筋長頭 (Biceps femoris caput longum, BF) と TA の EMG は NP 使用時に比べて負荷増加時(126W から 378W)の下死点から上死点までペダルを引き上げる動作時に多く、外側広筋 (Vastus lateralis, VL) と GL の EMG は上死点から下死点に向けてペダルを踏み込む動作時に少なかった。また 60rpm の自転車運動時における GL の総筋放電量は BP 使用時が NP 使用時に比べ少なく、さらに BP 使用時に負荷を増加させた直後の回転数変動は NP 使用時に比べて少なかった。したがって、本章では負荷変化を伴う自転車運動時に BP を使用すると回転数を容易にコントロール出来る可能性があること、また下死点以降でペダルを引き上げるための BF と TA の顕著な筋活動により反対側の下肢で同時に実施される上死点から下死点へ向うペダルを踏み込むための VL と GL の筋活動を軽減できることを示している。

第 4 章では自転車運動時における BP の効果を総括し、自転車運動に関する競技者やコーチ・監督が経験的に把握している BP の効果を実験的に明らかに出来たことは、科学的知見に基づいた技術指導やペダルの開発に貢献できること、また本研究の実験デザインはヒトが使いやすいスポーツ用具の開発に大きく貢献出来ることを述べている。

### 論文審査の結果の要旨

スポーツ用具の開発については材料や形状等の人間工学的検討に加えて、ヒトがスポーツ用具を使用した時の生体反応を運動生理学的に測定・評価することが重要である。本論文は、近年、多様な目的で愛用されている自転車運動を対象に、足裏とペダルを固定して円滑なペダリングを可能にすると考えられているビンディングペダル (Binding pedal, BP) の有用性について検討している。

本研究では、まず BP の使用経験がない一般者や BP の使用経験が豊富な自転車競技者を対象として、BP と通常のペダル (Normal pedal, NP) を着用して自転車運動を実施した際の下肢筋活動パターンおよび生理反応の違いを検討している。その結果、筋活動パターンや生理的反応に与える BP 使用の影響は一般者では小さいが、競技者における低回転時や長時間の自転車運動時に大きいことを明らかにした。これらの研究成果は、ペダルの使用経験やペダル回転数および運動時間によって BP の効果は異なることを示したもので、科学的知見に基づいた自転車運動時の技術指導やペダルの開発に貢献できることから学術的にも社会的にも高く評価できるものと認められる。

さらに本研究では上り坂や下り坂など、実際に起こりうる自転車走行時の環境条件を実験的に設定して BP の効果を検討している。負荷変化を伴う自転車運動時に BP を使用すると、NP 使用時よりも回転数を容易にコントロール出来る可能性があること、また下死点以降でペダルを引き上げるための大頭筋と前脛骨筋の顕著な活動により反対側の下肢で同時に実施される上死点から下死点へ向うペダルを踏み込むための外側広筋と腓腹筋の活動を軽減できることを示している。これらの研究成果は十分な新規性と独創性を有し学術的価値は高いと認められる。

以上より、本論文は学術論文として十分な内容を備えていると判断できる。

なお、本論文の研究内容は以下の 2 編の学術論文としてまとめられ、すでに掲載されている。そのいずれも申請者が筆頭著者である。また、参考論文として 3 編の学術論文が公表されている。

## I. 本学位論文の基礎となった学術論文

1. Toshiyuki SATAKE, Masashi KUME, Tetsuya YOSHIDA, Michitaro MAKI and Hideyuki TSUNEOKA  
Lower Limb Muscle Activation Patterns and Physiological Responses  
Obtained using Binding Pedals during Bicycle Exercise: The Differences in the Cycling Cadence, Cycling Time and Experience of the Subjects, Advances in Exercise and Sports Physiology, Vol.21, No.1 pp.7-15, 2015.

2. 佐竹敏之・久米 雅・芳田哲也

自転車運動時におけるビンディングペダル使用時の下肢筋活動、回転数、機械的効率の変化、  
日本運動生理学雑誌第 22 卷第2号 81~93, 2015

## II. その他の学術論文

1. 佐竹敏之, 綱村昭彦

硬式テニスボールに関する研究 ー初心者にふさわしいボールの硬さについてー.  
光華女子短期大学研究紀要 第 21 集 139-155 1983 年 12 月

2. 佐竹敏之

硬式テニスボールに関する研究 ー初心者の技術学習にふさわしいボールの硬さについてー.  
光華女子短期大学研究紀要 第 23 集 115-128 1985 年 12 月

3. 佐竹敏之

体育の学習器材に関する研究 ー硬式テニスボールの硬さと弾みについてー.  
光華女子短期大学研究紀要 第 25 集 99-116 1987 年