

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13158

研究課題名（和文）競泳トラックスタートのための専門的筋力トレーニング法の開発

研究課題名（英文）Development of the specialized strength training for track start.

研究代表者

池田 祐介（Ikeda, Yusuke）

新潟医療福祉大学・健康科学部・准教授

研究者番号：10455446

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、競泳トラックスタートのための効果的なトレーニング方法の開発を目的とした。対象は男子競泳選手5名とし、台上でのトラックスタートと専門的筋力トレーニングの動作を撮影した。専門的筋力トレーニングについては、前脚の地面反力を計測した。分析の結果、15 m通過タイムはトラックスタートの飛距離との間に有意な負の相関がみられた。専門的筋力トレーニングにおける後ろ足離地時の鉛直方向の地面反力は、トラックスタートの飛距離との間に有意な正の相関がみられた。これらの結果から、専門的筋力トレーニングは、トラックスタートの飛距離を伸ばすための効果的なトレーニングになる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

競泳、陸上競技のトラック種目、スピードスケートなどの移動時間を競う競技では、筋の肥大による体重の増加がパフォーマンスにマイナスの影響を及ぼす可能性がある。これらの競技では、競技に必要な筋形態、筋機能を高めるための専門的筋力トレーニングの開発が必要である。本研究において特殊な器具やマシンを用いない汎用性の高い筋力トレーニング法を開発することができれば、スタート局面のパフォーマンスの向上に貢献できるものと考えられる。また、専門的筋力トレーニングの開発のプロセスを示すことで、他の競技への応用・発展も能となるであろう。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop the training method of a track start through comparisons of the kinematic and kinetic data of the track start with those of the specialized strength training (STT) for track start that we have invented. Five male competitive swimmers participated in this study. Kinematics of the track start and the STT were recorded a high speed camera. Ground reaction force (GRF) of the front leg during the SST was recorded by force plate. The track start was modeled as an inverted pendulum system including a compliant leg, connecting the CM and front edge of the starting block. The flight distance / height was correlated with negatively with the 15-m time ( $r = -0.963$ ,  $p < 0.05$ ). The vertical force of the front leg during the STT was correlated with positively with the flight distance / height ( $r = 0.976$ ,  $p < 0.05$ ). These results suggest that the SST can be effective for improving the flight distance.

研究分野：トレーニング科学

キーワード：競泳 スタート技術 地面反力 動作分析

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年のオリンピック競泳短距離種目において、日本代表はメダル獲得に至っていない。その原因の一つとして、競泳の台上スタート（以下、トラックスタート）からの加速の違いが挙げられる。大きな加速を得るために筋機能が重要になることは言うまでもないが、筋の肥大による体重の増加がパフォーマンスにマイナスの影響を及ぼす可能性がある競泳競技では、競技動作に特化した専門的筋力トレーニングの開発が必要となる。競技スポーツのための筋力トレーニングにおいて、効率よくトレーニングの適応を導くためには、対象となる競技動作の特徴および選手の特性を明確にするとともに、特異性・個性・漸進性といったトレーニングの原則に則して筋力トレーニングを実施する必要がある。我々はトラックスタートのための筋力トレーニング法の開発に先立って、トラックスタート動作における前後脚の力発揮の大きさとタイミングを定量的に分析することによって、優れた選手の動作メカニズムを明らかにした（文献）。

#### 【文献】

Ikeda et al. (2016) Functional role of the front and back legs during a track start with special reference to an inverted pendulum model in college swimmers. *Journal of Applied Biomechanics*.

### 2. 研究の目的

我々の研究により、台上における後ろ脚は、重心の水平速度の獲得に貢献し、前脚は重心高の保持と離台後の飛距離の獲得に貢献していることが明らかになった。しかしながら、上述したような競泳のトラックスタート動作に特化したトレーニング方法は開発されておらず、台上での身体重心速度を高め、飛距離を大きくするための方法論は明らかになっていない。本研究では、我々が考案したトラックスタート動作を模倣した専門的筋力トレーニングについて、動作を定量的に評価するとともに、台上のトラックスタート動作との類似点と相違点を明らかにすることでより効果的なトレーニング方法の開発を目的とした。

### 3. 研究の方法

対象は男子競泳選手5名（身長：1.73 ± 0.06 m、体重：68.0 ± 6.3 kg）とした。対象者は平泳ぎ以外を専門種目としており、入水後のドルフィンキックで泳ぐことに慣れていた。実験試技では台上からのトラックスタート後、スタート位置から15mの区間をドルフィンキックを用いて全力で泳ぐよう指示をした。台上でのトラックスタートについては、動作を側方からハイスピードカメラを用いて撮影（撮影速度：120 fps、露光時間：1 / 750s）し、15m通過タイムを計測した。トラックスタートの動作分析においては、水平跳躍運動における合理的な踏切技術を明らかにするために逆振り子モデルを用いて検討した。重心速度の伸縮および回転要素は、以下の式として算出した。

$$V_r = -l \sin\theta \quad (\text{回転要素})$$

$$V_e = \cos\theta \quad (\text{伸展要素})$$

専門的筋力トレーニングは、体重の30%と60%の負荷を用いて試技を行い、その動作をハイスピードカメラを用いて撮影（撮影速度：120 fps、露光時間：1 / 750s）を行った。また、前足の地面反力を計測（1000 Hz）

した（図3）。トラックスタート動作はスタートシグナル後、手離れ時、後ろ脚離台時、前脚離台時で期分けを行い、それぞれの区間における振り子の動態について検討した。専門的筋力トレーニングの動作分析では、大転子の速度を算出した。また、後ろ足離地時の前足の地面反力を計測した。トラックスタートと専門的筋力トレーニングにおける動作学的変数の関係を明らかにするためピアソンの積率相関係数を算出した。専門的筋力トレーニングにおける試技間の比較には対応のあるt検定を用いた。なお、統計的有意水準は5%未満とした。

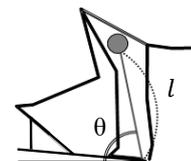


図2. 逆振り子モデル



図3. トラックスタートのための専門的筋力トレーニング

#### 4. 研究成果

##### (1) トラックスタートのパフォーマンス

15 m 通過タイムはトラックスタートの飛距離 (/身長) との間に有意な相関 ( $r = -0.963$ ,  $p < 0.05$ ) がみられ、相対的な飛距離は前脚離台時の重心の鉛直速度との間に相関の傾向 ( $r = 0.813$ ,  $p = 0.094$ ) がみられた。一方、手離れ時、後ろ脚離台時、前脚離台時の重心の水平速度は 15 m 通過タイムとの間に有意な相関はみられなかった。このことから、スタート動作改善のためのトレーニングにおいては、動作中の重心の鉛直速度の改善を目的として筋機能を高める必要があると考えられる。

##### (2) 身体重心の鉛直速度獲得における逆振り子の挙動

図 4 はトラックスタート動作における逆振り子の挙動を示したものである。前脚離台時の重心の鉛直速度は手離れ時の振り子の角度と正の相関の傾向がみられ、前脚離台時の振り子の角度との間に有意な負の相関 ( $r = -0.965$ ,  $p < 0.05$ ) がみられたことから、手離れまでは後ろ脚の脚伸展動作によって回転要素を大きくすること (Ikeda et al. 2016) が重要であるが、その後の局面においては振り子の角度が大きくなりすぎないように前脚によって振り子の挙動を制御することが大きな飛距離を獲得するために重要であると考えられる。



図4.トラックスタートにおける動作の期分け

##### (3) 専門的筋力トレーニングにおける動作の特徴

図 5 は専門的筋力トレーニングにおいて体重の 30% (BW30%) 負荷を用いた試技と 60% (BW60%) 負荷を用いた試技の大転子の速度を比較したものである。BW30%での大転子の水平速度、鉛直速度は BW60%よりも有意に大きい値を示した。一方、両負荷における後ろ足離地時の鉛直方向の地面反力の相対値 (/体重+バーベル負荷) に有意な差はみられなかった。これらの結果から、トレーニングによる負荷が大きくなることで、動作速度は低下するが、前脚による力発揮は変化しないことが明らかになった。

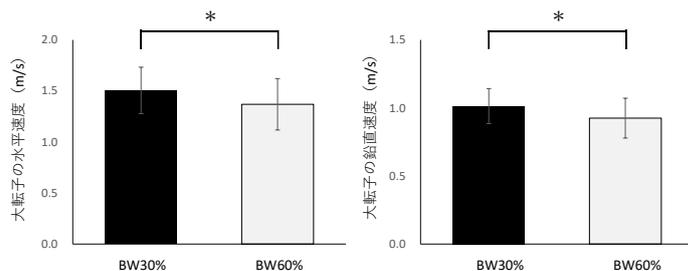


図5 専門的筋力トレーニングにおける動作速度の変化

##### (4) 専門的筋力トレーニングにおける前脚の力発揮とトラックスタート動作との関係

BW30%での専門的筋力トレーニングにおける後ろ脚離地時の鉛直方向の地面反力の相対値は、トラックスタートの飛距離との間に有意な正の相関 ( $r = 0.976$ ,  $p < 0.05$ ) がみられ (図 6)、トラックスタート動作における手離れ時の重心の鉛直速度 ( $r = -0.952$ ,  $p < 0.05$ )、前脚離台時の重心の鉛直速度との間にも相関の傾向 ( $r = 0.777$ ,  $p = 0.122$ ) がみられた。このことは、専門的筋力トレーニングにおける前脚による力発揮がトラックスタートの重心速度に関係していることを示しているといえる。

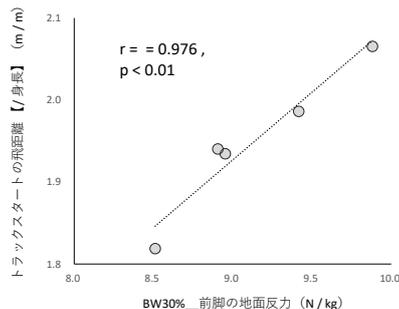


図6 専門的筋力トレーニングにおける前脚の力発揮とトラックスタートの飛距離との関係

本研究結果から、軽い負荷を用いた動作速度の速い専門的筋力トレーニングにおける前脚による力発揮は、トラックスタートの飛距離を伸ばすための効果的なトレーニングになると考えられる。また、専門的筋力トレーニングにおいては、前脚による力発揮のタイミングも考慮する必要があることが唆された。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Yusuke Ikeda, Yusuke Sasaki, Rena Hamano	4. 巻 32
2. 論文標題 Factors Influencing Spike Jump Height in Female College Volleyball Players.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Strength and Conditioning Research	6. 最初と最後の頁 267-273
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1519/JSC.0000000000002191	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 -

1. 著者名 池田祐介、奈良梨央	4. 巻 22
2. 論文標題 競泳背泳ぎのスタート動作におけるバイオメカクスデータの活用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 バイオメカクス研究	6. 最初と最後の頁 199-205
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 無
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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 池田祐介、小林志郎、下門洋文、市川浩
2. 発表標題 円盤投げにおける男子日本トップ選手と大学トップ選手の体力要素と投てき動作の比較
3. 学会等名 トレーニング科学会
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----