

# スプリント性トレーニング前の持久性トレーニングが スプリント性トレーニングの実施強度に与える影響\*

前川 剛輝<sup>\*1, \*3</sup>, 小林 慶人<sup>\*2</sup>, 杉浦 宏季<sup>\*1, \*3</sup>, 野口 雄慶<sup>\*1, \*3</sup>

## Influence of endurance training before sprint training on the intensity of sprint training

Taketeru MAEGAWA<sup>\*1, \*3</sup>, Keito KOBAYASHI, Hiroki SUGIURA and Takanori NOGUCHI

<sup>\*1</sup> Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Sports and Health Sciences

<sup>\*3</sup> FUT Wellness & Sports Science Center

The purpose of this study was to investigate the influence of endurance training before sprint training in swimming training on the intensity of subsequent sprint training.

Four collegiate swimmers were given swim training with a combination of endurance training and sprint training (EnSp) and sprint training only (Sp). At rest, after endurance training, and after sprint training, blood lactate concentration (Lac), and rating of perceived exertion (RPE) were measured at EnSp. At Sp, Lac and RPE were measured at rest and after sprint training. Heart rate (HR) and swim records were measured during endurance training and sprint training.

Lac after endurance training in EnSp increased compared to resting ( $2.15 \pm 0.73 \rightarrow 7.68 \pm 2.98$  mmol/l). Comparing the swimming records of sprint training in EnSp and Sp, there was no difference between them. On the other hand, HR and Lac showed lower values in Sp.

We suggested that endurance training before sprint training enhances glucose metabolism and may increase of lactic-glycolytic energy supply in subsequent sprint training.

**Key Words :** Combined Training, Sprint Training, Endurance Training, Lactic-Glycolytic Energy System

## 1. 緒 言

適切なトレーニングプログラムを組み、その効果を高めるにはトレーニングの順序が重要であるとされている。そして近年では、有酸素性トレーニングと無酸素性トレーニングの順序性について、いくつかの研究が示されている<sup>(1)(2)</sup>。競泳の水中トレーニングにおいては、乳酸カーブテストや持久泳の平均泳速からトレーニング強度がカテゴライズされ、有酸素性トレーニングと無酸素性トレーニングのすみ分けがなされている<sup>(3)(4)</sup>。そして競泳の水中トレーニングの特徴の一つに、有酸素性能力の改善を目的とした持久性トレーニングと無酸素性能力やスプリント能力の改善を目的としたスプリント性トレーニングを、一度のワークアウトにおいて行うことがあげられる<sup>(5)</sup>。また、このような代謝特性が異なるトレーニングだけではなく、泳スキルを高めることを目的としたトレーニングを含むことも多く、複合的なワークアウトがコーチから提供される。そしてこれらの割合は、トレーニングの期分けによってコントロールされている<sup>(3)</sup>。このような背景にも関わらず、競泳の水中トレーニングにおいて、持久性トレーニングとスプリント性トレーニングを行う順序について検討した研究は少ない。

\* 原稿受付 2022 年 4 月 28 日

<sup>\*1</sup> スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科

<sup>\*2</sup> スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 学部生

<sup>\*3</sup> ウエルネス&スポーツ・サイエンスセンター

E-mail: maegawa@fukui-ut.ac.jp

そこで本研究では、スプリント性トレーニング前に持久性トレーニングを負荷することが、その後に行うスプリント性トレーニングの実施強度や生理応答に与える影響を検討することとした。

## 2. 方 法

### 2.1 用語の定義

本研究におけるトレーニングカテゴリーの定義は Maglischo の分類<sup>(4)</sup>や野村と下山の分類<sup>(6)</sup>を元に作成した。

- (1) 基礎的持久性トレーニング (Endurance 1 : EN1) は、血中乳酸濃度が約 1~3mmol/l で、Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) スピードを下回る強度である。最大心拍数から約 30~60bpm 下回る。
- (2) 閾値持久性トレーニング (Endurance 2 : EN2) は、血中乳酸濃度が約 3~5mmol/l で、OBLA スピードに相当する強度である。最大心拍数から約 10~20bpm 下回る。
- (3) 過負荷持久性トレーニング (Endurance 3 : EN3) は、血中乳酸濃度が約 6mmol/l 以上で、OBLA スピードを上回る強度である。最大心拍数を示す。
- (4) スプリント性トレーニング (Sprint) は、無酸素能力の改善や筋パワーの増大を目的とした最大努力泳である。

### 2.2 被検者

被検者は、F 大学水泳部の競泳選手 4 名であった。表 1 に、被検者の身体的特徴および種目特性を示した。被検者は 1 週間あたりに 6~9 回、1 回の泳距離は 4,000~6,000m の十分なトレーニングを行っている非常に鍛錬した選手であった。全ての被検者には本研究の趣旨、内容について説明し、参加の同意を得た。

表 1. 被検者身体的特性および種目特性

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI	専門種目	距離 1	距離 2	競技歴 (年)
A	21	170.2	65.8	22.7	バタフライ	100	200	13
B	19	166.0	62.6	22.7	バタフライ	100	200	13
C	20	172.6	65.9	22.1	クロール/背泳ぎ	50	100	10
D	19	174.3	66.4	21.9	背泳ぎ	100	200	13
平均値 ± 標準偏差	19.8 ± 0.8	170.8 ± 3.1	65.2 ± 1.5	22.3 ± 0.4				12.3 ± 1.3

### 2.3 測定の手順

全ての測定は、F 大学水泳部が普段水中トレーニングで使用している屋内短水路プールで行った。本研究は、持久性トレーニングがスプリント性トレーニングに与える影響を検討するために「試技①：持久性トレーニングとスプリント性トレーニングの組み合わせ」と「試技②：スプリント性トレーニングのみ」の 2 回の測定試技を行った (図 1)。トレーニング内容の詳細は図 2 に示した。

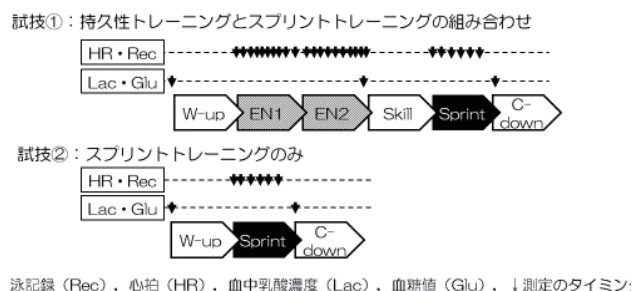


図 1. 測定の手順、及び測定項目

スイム Sprint は、奇数本は前半 12.5m を最大努力泳、後半 12.5m をリラックス泳とするハーフ泳、偶数本は 25m 全てを最大努力泳とするフル泳で行わせた。1 セット目は過負荷を目的とする用具のドラッグスーツと、過負荷及び加速を目的とするスイミングパドルとフィンを着着させた。2 セット目はスイミングパドルとフィンを着着させた。1 セット目と 2 セット目は、筋のパワー発揮の増大を目的としたトレーニングである。3 セット目はこれら用具の装着を行わず、1 セット目と 2 セット目で得られた筋の活動後増強<sup>(7)</sup>を利用した無酸素性能力の改善を目的としたトレーニングである。



図2. トレーニング内容の詳細

### 2.3.1 試技①: 持久性トレーニングとスプリント性トレーニングの組み合わせ

試技①では、ウォーミングアップから始まり持久性トレーニングを2種類 (EN1, EN2)、技術練習の後に、スプリント性トレーニング (スイム Sprint) を行い、安静時、EN2 後、スイム Sprint に血糖値、血中乳酸濃度、主観的運動強度の測定を行った。また、スイム EN1、スイム EN2 時およびスイム Sprint において各泳直後に心拍数の測定を行い、泳記録も測定した。

### 2.3.2 試技②: 持久性トレーニングとスプリント性トレーニングの組み合わせ

試技②では、図2の※印の内容のみを行い、安静時、スイム Sprint 後に血糖値、血中乳酸濃度、主観的運動強度の測定を行った。また、スイム Sprint 時において、試技①と同様に心拍数の測定と泳記録の測定を行った。

## 2.4 測定の手順

泳記録はストップウォッチ (SVAS009, SEIKO) を用いて計測した。心拍数は心拍数測定器 (ボブ&ジョン スイミングモニター EHR7FApj, 協栄産業) を用いて測定した。血糖値の測定には、血糖測定器 (トーエコースーパーII GT-1620, 京都第一科学) を用いた。血中乳酸濃度の測定には、血中乳酸濃度測定器 (ラクテートプロ LT-1710, 京都第一科学) を用いた。主観的運動強度の測定は Borg's Scale を用いた<sup>(8)</sup>。

## 2.5 統計処理

データは平均値±標準偏差で示した。

## 3. 結 果

### 3.1 持久性トレーニング (EN1 と EN2) 時の泳記録と心拍数

図3に試技①における持久性トレーニング、EN1の泳記録を示した。1から3本目まで段階的に泳記録を上昇させて4から10本目は概ね一定の泳記録で泳いだ。図4に試技①における持久性トレーニング、EN1の心拍数を示した。1から3本目までの心拍数は急激に上昇し、4本目以降は10本目まで緩やかに上昇した。また、被検者4人の内、1人において、1本目の心拍数を測定できなかった。図5に試技①における持久性トレーニング、EN2の泳記録を示した。1から3本目まで段階的に泳記録を上昇させて4から10本目は概ね一定の泳記録で泳い

だ。また、被検者4人の内、1人において1本目の泳記録を測定できなかった。図6に試技①における持久性トレーニング・EN2の心拍数を示した。1から3本目までの心拍数は急激に上昇し、4本目以降は10本目まで緩やかに上昇した。

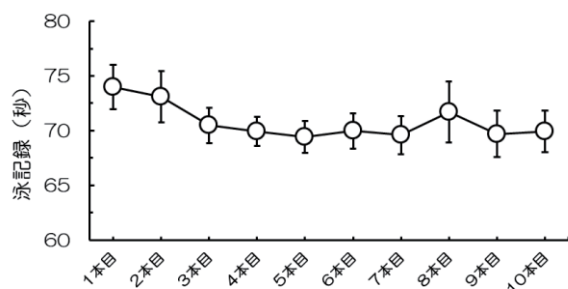


図3. 100m×10・1セット目 EN1の泳記録

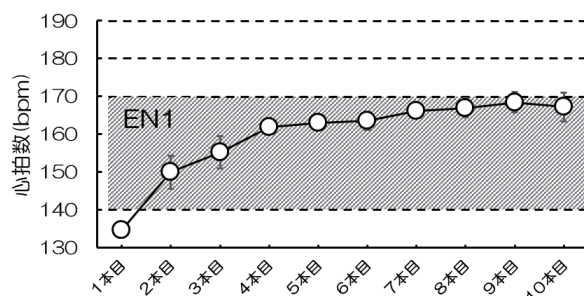


図4. 100m×10・1セット目 EN1の心拍数

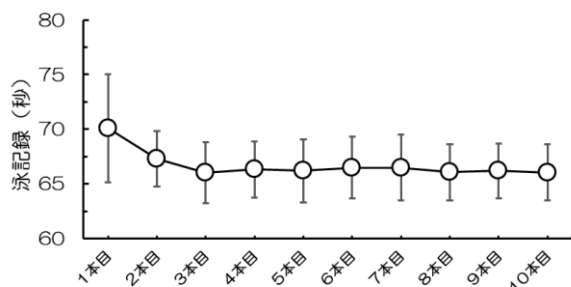


図5. 100m×10・2セット目 EN2の泳記録

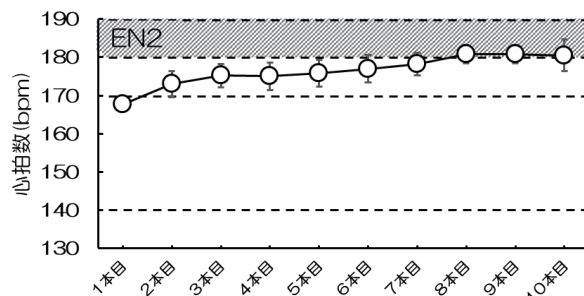


図6. 100m×10・2セット目 EN2の心拍数

### 3.2 スプリントトレーニング性 (Sprint) 時の泳記録と心拍数

図7は、試技①と試技②における Sprint 時の泳記録を比較したものである (偶数本のみ測定)。同一トレーニング種目の泳記録を試技①と試技②で比較すると差はなかった。図8は、試技①と試技②における Sprint 時の心拍数を比較したものである (偶数本のみ測定)。同一トレーニング種目の心拍数を試技①と試技②で比較すると、試技②の心拍数は試技①と比べて低い値を示した。また、4人の被検者の内1人において、試技②の1セット目の4本目と2セット目の2本目の心拍数を測定できなかった。

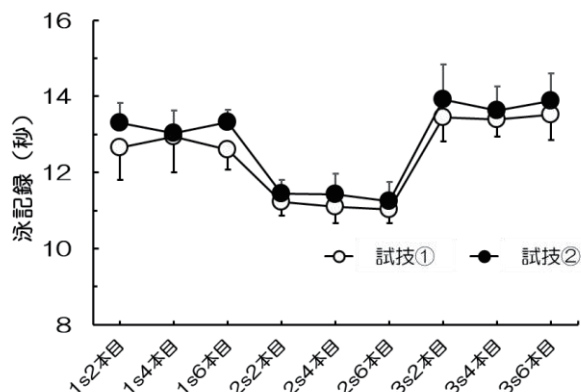


図7. 25×6×3セットパワー&スプリントセットの泳記録の比較

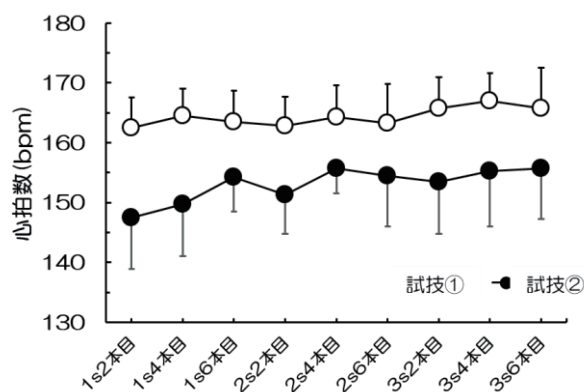


図8. 25×6×3セットパワー&スプリントセットの心拍数の比較

### 3.3 血糖値と血中乳酸濃度の比較

図9は、試技①と試技②における血糖値を比較したものである。試技①と試技②の Sprint 後を比較すると、試技②は試技①と比べ低い値を示した。図10は試技①と試技②の血中乳酸濃度を比較したものである。試技①と試技②の Sprint 後を比較すると、試技②は試技①と比べ低い値を示した。

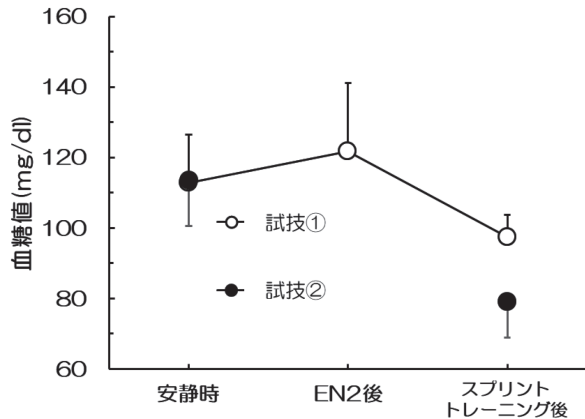


図9. 血糖値の比較

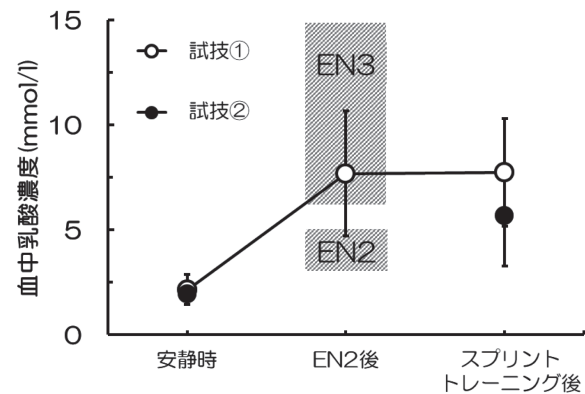


図10. 血中乳酸濃度の比較

## 4. 考 察

### 4.1 持久性トレーニング (EN1, EN2) 生理的負担度

本研究で定義したトレーニングカテゴリーに当てはめると、試技①における「持久性トレーニング・EN1」は最大心拍数から約 30bpm～60bpm 下回る範囲となる。そして「持久性トレーニング・EN2」は最大心拍数から約 10bpm～20bpm 下回る範囲となる。本研究の被検者の平均年齢は 19.8 歳であり、推定される最大心拍数はおおよそ 200bpm である。つまり、EN1 は 140bpm～170bpm、EN2 は 180bpm～190bpm が目標心拍数の範囲となる。試技①では、EN1 の心拍数の平均値の推移は 134.7bpm から始まり最大で 168.5bpm まで上昇していた。つまり、定められた強度範囲内でトレーニングが遂行されていた。そして、EN2 の心拍数の平均値の推移は 167.8bpm から始まり最大で 180.8bpm まで上昇した。全 10 本の 100m 泳の内、後半は規定した強度範囲の下限でトレーニングが遂行されていた。心拍数の結果から見ると、概ねトレーニングの目的に合致する強度で行われたと考えられる。また、Maglischo は EN1 の血中乳酸濃度は約 1～3mmol/l、EN2 の血中乳酸濃度は約 3～5mmol/l に達するとしている<sup>(4)</sup>。試技①の EN2 後の血中乳酸濃度の平均値は 7.68mmol/l であった。これは Maglischo が示す EN2 の範囲よりもやや高い傾向にあったが、概ね有酸素的解糖を刺激する強度であったと考えられる。しかし、被検者によっては無酸素的解糖を刺激する強度であったのかもしれない。心拍数のみでトレーニング強度をコントロールするには限界があるとされており、同じ強度のトレーニングを行っても体調や心拍のドリフト現象などで心拍数は変化する<sup>(9)</sup>。そのため心拍数のみでトレーニング強度をコントロールした場合、生理的負担度のコントロールに誤差が生じやすい。本研究において、EN2 後の血中乳酸濃度が Maglischo の示す EN3 に該当した被検者は、実際の生理的負担度が高くなり、無酸素的解糖も刺激されたことが考えられる。いずれにせよ、試技①の EN2 後においては、糖代謝が高まっていた可能性が高い。

### 4.2 スプリント性トレーニング (Sprint) への影響

スイム Sprint において、試技①と試技②の泳記録に差は無かった。したがって筋に対する物理的運動強度に差は無かったと考えられる。しかし、心拍数は試技①の方が高値を示した。一般に運動時には活動筋の酸素需要に応えるため、循環系は心拍出量を増大させて血流の再配分を行うが、本研究においては運動強度 (= 泳記録) が同じにもかかわらず心循環系への負担度は異なった。つまり試技①と試技②のスイム Sprint では、有酸素性及び無酸素性エネルギー供給の依存割合に違いがみられた可能性が考えられる。試技①のスイム Sprint 後の血中乳酸濃度の平均値は 7.73mmol/l であるのに対して、試技②のスイム Sprint 後の血中乳酸濃度の平均値は 5.65mmol/l で



あり、試技①よりも低値を示した。スイム Sprint は運動時間が短い最大努力泳であったことから、無酸素性エネルギー供給に依存した運動であり、糖利用が高かったことが伺える。一方、運動の実施強度に差は無かったにもかかわらず、血中乳酸濃度は試技②の方が低値を示した。したがって試技②のスイム Sprint では、非乳酸性エネルギー供給系の依存度が高まっていたのではないかと考えられる。つまり、持久性トレーニングにて有酸素的解糖を刺激したことで糖代謝が高まり、試技①のスイム Sprint ではより糖利用しやすい体内環境が準備できていた可能性が高い。その為、乳酸性エネルギー供給系の依存度を高めた運動を行うことが可能となったと考えられる。

#### 4.3 トレーニング現場への示唆

スプリント性トレーニングを行う前に持久性トレーニングを行うことで、有酸素的解糖を刺激し、糖代謝を高め、その後のスプリント性トレーニング時の乳酸性エネルギー供給系への依存度を高めることができる。したがって、乳酸性エネルギー供給系への依存度を高めたスプリント性トレーニングを実施する場合は、持久性トレーニングをスプリント性トレーニングの前に行うと良いと考えられる。一方、非乳酸性エネルギー供給系の依存度を高めたスプリント性トレーニングを実施したい場合は、スプリント性トレーニングの前に持久性トレーニングは控えた方が良いと考えられる。また、トレーニングの期分けにおいて試合準備期は、無酸素性能力や筋パワーの改善を目的とした時期であるため、スプリント性トレーニングを行う場合は、非乳酸性エネルギー供給系の依存度を高めたスプリント性トレーニングを行う必要があると考えられる。トレーニングの期分けや目的（刺激したいエネルギー供給系）に応じてトレーニングの順序性を検討する必要がある。

### 5. まとめ

本研究では、スプリント性トレーニング前に持久性トレーニングを負荷することが、その後に行うスプリント性トレーニングの実施強度や生理応答に与える影響を検討した。その結果、スプリント性トレーニングの前に持久性トレーニングを行うことで、その後のスプリント性トレーニングの①実施強度（泳記録）に影響は及ぼさない、②心拍数は高値を示す、③血中乳酸濃度は高値を示すことが明らかとなった。

### 謝 辞

本研究にご協力頂いた、福井工業大学水泳部のスタッフと選手の皆様に感謝致します。

### 参考文献

- (1) K. Goto, M. Higashiyama, N. Ishii, K. Takamatsu K, “Prior endurance exercise attenuates growth hormone response to subsequent resistance exercise”, *European Journal of Applied Physiology*, Vol.94, No.3 (2005), pp.333-338.
- (2) 森井秀樹, “トレーニングの実施順序が筋力および有酸素性能力の発達に及ぼす影響”, 京都体育学研究, Vol. 24 (2008), 25-31.
- (3) 椿本昇三, 小島勝徳, 下山好充, 仙石泰雄, 野村武男, “競泳コーチングにおける持久期トレーニングの評価 -乳酸カーブテストを用いて-”, 水泳水中運動科学, Vol.9, No.1 (2006), pp.1-8.
- (4) E.W. Maglischo, *Swimming fastest* (2003), pp.593-668, Human Kinetics.
- (5) 田中孝夫, “一流コーチに聞く (第 4 回) 鹿屋体育大学水泳部のコーチング”, トレーニング科学, Vol. 21, No. 1 (2009), pp.105-108.
- (6) 野村武男, 下山好充, “水泳競技のピーキング”, 体育の科学, Vol. 52, No. 7 (2002), pp.537-542.
- (7) D. G. Sale, “Postactivation potentiation: role in human performance”, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol.30, No.3 (2002), pp.138-143.
- (8) 小野寺孝一, 宮下 充正, “全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性: Rating of perceived exertion の観点から”, 体育学研究, Vol.21, No.4 (1976), pp.191-203.
- (9) 山地啓司, こころとからだを知る心拍数, 第 1 版 (2013), pp.223-244, 杏林書院.

(2022年8月4日受理)