

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：37402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13202

研究課題名（和文）クロール泳におけるストロークレートに基づいた効果的なプル泳トレーニングの検討

研究課題名（英文）Arm stroke swimming training based on stroke rate in front crawl.

研究代表者

府内 勇希（Funai, Yuki）

熊本学園大学・社会福祉学部・准教授

研究者番号：40646832

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、上肢のみで泳ぐプル泳トレーニングにおいて泳ぎのテンポ（ストロークレート）をコントロールした際の運動強度や泳技術への影響を検討した。その結果、ストロークレートに基づいて強度を設定をすると、中強度から高強度へ移行する閾値が泳速度によって設定した場合よりも約4%高いことが明らかになった。また、ストロークレートをコントロールしたインターバルトレーニングでは、序盤以降に泳技術が安定することが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

競泳選手において、クロールを泳ぐ際の推進力のほとんどは上肢によって獲得され、泳ぐ距離が長いほど上肢の貢献率が高くなる。このため、特に長距離泳者ではプル泳が重要であると認識されているものの、プル泳の研究は数少ないのが現状であった。こうした点では、プル泳においてストロークレートをを用いることで泳技術を安定させたトレーニングができるという点では従来のトレーニングよりも有効である可能性があり、競泳の指導現場に対してプル泳の新たなトレーニング法を提示できると考えられた。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to determine how controlling stroke rate influences the training intensity and stroke variables. As a results, although there was no difference in inflection point of blood lactate concentration between stroke rate-based and velocity-based training, velocity at inflection point was approximately 4% higher with stroke rate-based training. Moreover, In 100-m interval training, wherein the intensity was set based on stroke rate, the swimming technique stabilized after the initial stage.

研究分野：トレーニング生理学

キーワード：競泳 上肢 泳技術 ストロークレート 運動強度 持久的トレーニング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

競泳のパフォーマンスは、上肢(プル)と下肢(キック)で産み出される推進力で構成される。クロールの泳パフォーマンスにおいて、その推進力の80~90%はプルに依存する(田口, 1991)とされていることから、クロールの泳力強化にはプルによる推進力を高めることが極めて重要であると考えられる。

競泳選手のトレーニングにおいて、上肢のみで泳ぐプル泳トレーニングが代謝能力やストローク技術の改善を目的として頻繁に行われている。しかしながら、プル泳による生理的負荷は全身泳やキック泳よりも低いことが明らかにされている(Ogita et al., 1996)。こうしたエビデンスがありながらも、プル泳のトレーニング法を改善する試みはほとんど行われていない。

競泳の持続的トレーニングにおいて、強度の設定を行う場合には心拍数や血中乳酸濃度などの生理学的指標や、Critical Velocity (CV)などの各種フィールドテストから算出したタイムで泳ぐように指示されるのが一般的である。こうした中、府内ら(2016)は疲労困憊に至ることなく泳ぎ続けることのできるストロークレート(SR)と定義されているCritical Stroke Rate (CSR)をプル泳の持続的トレーニングの強度指標として用いた。その結果、CSRによってSRをコントロールすることで、従来のタイム指示のトレーニングと比較してストローク長(SL)を低下させることなくトレーニングできる点で有効であることを明らかにした。

しかしながら、こうした研究結果だけではコーチングの現場におけるCSRの汎用性は極めて低いと考えられる。CSRをプル泳の持続的トレーニングに導入するにあたって、CSRに基づいて強度設定した場合の閾値について検証を行う必要があり、これに加えてCSRに基づいて強度を高めた持続的トレーニング中の運動強度や泳技術について検証することでCSRの活用幅は一層広がるものと考えられる。

2. 研究の目的

(1) プル泳において、CSR および CV に基づいて決定したトレーニング強度の閾値に違いがあるか検証すること。

(2) プル泳において、CSR に基づいて強度を高めたインターバルトレーニング中の生理学的反応やストロークのパラメーターを検証すること。

3. 研究の方法

(1) 研究対象者は、全国大会に出場するレベルの男子大学競泳選手8名であった。この実験は50m屋内プールで実施し、すべての測定をクロールのプル泳で行った。まず、CSRとCVを決定するために、研究対象者は200mおよび400m全力泳を行った。これらの泳距離と総ストローク数との直線を求め、この傾きをCSRとした。また、両全力泳の泳距離と泳時間の直線を求め、この傾きをCVとした。その後、CSRあるいはCVに基づいて強度を高めた100m×6試技(試技間の休息は5分)を行った(それぞれ、「CSRテスト」と「CVテスト」と略す)。CSRテストでの各試技のSRは95%CSR、CSR、105%CSR、110%CSR、115%CSR、120%CSRと

し、水中運動対応型メトロノームをゴーグルに装着しSRをコントロールした。また、CVテストでの各試技の泳速度は98%CV、CV、102%CV、104%CV、106%CV、108%CVとした。両テストでの測定項目は、泳速度と血中乳酸濃度(BL)、SRを測定した。得られた結果のうち、泳速度とBLの関係からBLが急変する値(BL_{inf})とそれに相当する泳速度($V@BL_{inf}$)をBeaver et al. (1985)の方法を用いて算出した(図1)。また、泳速度とSRの関係からSRが急変する値(SR_{inf})とそれに相

当する泳速度($V@SR_{inf}$)を同方法によって算出した。

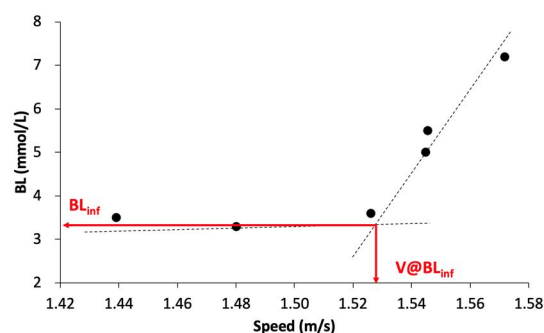


図1. BL_{inf} と $V@BL_{inf}$ の算出例

(2) 研究対象者は、全国大会に出場するレベルの男子大学競泳選手9名であった。この実験は50m屋内プールで実施し、すべての測定をクロールのプル泳で行った。まず、(1)と同様の方法でCSRを決定した。その後、CSRに基づいて強度を設定した100m×6試技(試技間の休息は10秒)×3セットのインターバルテストを行った。それぞれのセットのSRはCSR、105%CSR、110%CSR(以下、それぞれ「set@CSR」, 「set@105%CSR」, 「set@110%CSR」と略す)とし、セット間の休息は60秒間とした。このテストにおいても、SRをコントロールするために水中運動対応型メトロノームを用いた。なお、インターバルテストでの測定項目は、泳タイムに加え生理学的反応として心拍数(HR)、主観的運動強度(RPE)およびBLとし、ストロークのパラメーターとしてSRとストローク長(SL)を算出した。

4. 研究成果

(1) 表1には本研究結果を示した。CSRテストとCVテストにおいて、 BL_{inf} は両テスト間に有意差はなかった($P>0.05$)。一方、 $V@BL_{inf}$ はCSRテストの方が有意に高かった($P<0.05$)。このことから、両テスト間で BL_{inf} での身体的な負担度に違いはないにもかかわらず、無酸素性代謝が急激に亢進する泳速度はCSRテストの方が高いことを示していると考えられる。

また、 SR_{inf} と $V@SR_{inf}$ はCSRテストの方が有意に高かった($P<0.05$)。ストロークのパラメーターにも急変する泳速度があるとされており(Figueiredo et al., 2013)、本研究ではその閾値が $V@SR_{inf}$ であったと考えられる。さらに、先行研究において、BLの急増とストロークのパラメーターが急変する泳速度に違いはないことが明らかにされており(Figueiredo et al., 2013)、本研究においても両テストでの $V@BL_{inf}$ と $V@SR_{inf}$ に差異はなかったと考えられた。したがって、CSRテストではSRをコントロールしたことで泳ぎが乱れ始める泳速度がCVテストより高まり、このことにより $V@BL_{inf}$ はCSRテストの方が高かったことが示唆された。

以上のことから、プル泳トレーニングにおいて、コーチはSRと泳速度に基づく場合とでは中強度から高強度への移行を示す泳速度に違いがあることを認識しトレーニング計画を行うべき

である。また、このことは、閾値レベルのトレーニングを行う場合には SR に基づいた方が速い泳速度でトレーニングを遂行できることを示しており、持久的パフォーマンスを向上させるための有効なトレーニング法となる可能性を示していると考えられる。

表 1 . BL_{inf}, V@BL_{inf}, SR_{inf} および V@SR_{inf} の結果

	CSR テスト	CV テスト
BL _{inf} (mmol/L)	3.6 ± 1.0	3.1 ± 1.0
V@BL _{inf} (m/s)	1.54 ± 0.05 *	1.49 ± 0.03
SR _{inf} (cycles/min)	39.29 ± 4.62 *	35.01 ± 3.03
V@SR _{inf} (m/s)	1.54 ± 0.05 *	1.48 ± 0.07

*, P < 0.05

(2) set@CSR, set@105%CSR, set@110%CSR の HR は、それぞれ 147.89 ± 11.87 bpm、158.67 ± 14.20 bpm、163.78 ± 13.65 bpm、また RPE は 12.44 ± 2.13、13.78 ± 2.05、15.33 ± 2.00 となり、HR と RPE はすべてのセット間で有意に上昇した (P < 0.05)。一方、BL は 3.3 ± 1.4 mmol/L、3.5 ± 1.5 mmol/L、5.1 ± 1.6 mmol/L となり、set@CSR と set@105%CSR 間では差がなく (P > 0.05)、set@110%CSR は set@CSR、set@105%CSR よりも有意に高い値であった (P < 0.05)。このことから、105%CSR と 110%CSR との間でエネルギー供給動態に違いがあったと考えられた。

SR は水中運動対応型メトロノームを用いたことにより、すべてのセットで変化することはなく一定であった (P > 0.05, 表 2)。一方、SL は set@CSR において、1 試技目と比較して 2~6 試技目以降で有意に低く、set@105%CSR、set@110%CSR では 1 試技目と比較して 4~6 試技目以降で有意に低かった (P < 0.05)。しかしながら、すべてのセットで 2 試技目以降では試技間に有意差はなく、一定とみなされた。また、泳タイムは、set@CSR と set@105%CSR において 1 試技目と比較して 2~6 試技目で有意に遅くなり (P < 0.05)、set@110%CSR では、試技間で有意差こそなかったものの 1 試技目がもっとも速かった。したがって、SR をコントロールした本研究では SL の低下が泳タイムの変化に影響を与えたことが示唆された。トレーニング中の泳技術は疲労の蓄積にともなって低下するが (Keskinen and Komi, 1993; Dekerle et al., 2005)、本研究の運動強度や研究対象者の競技レベルから、疲労の蓄積によって 1 試技目と比較して SL が低下したとは考えにくい。こうしたことから考えられることは、本研究では 2 試技目以降で泳者が筋出力を自ら調整した可能性である。つまり、すべてのセットにおいて 2 試技目以降で試技間に有意差がなく SL が安定したのは、インターバルテスト中に泳者自身が設定された SR に対して持続可能な最大の SL を選択したことによって起こったと考えられた。

以上より、SR に基づいて強度を高めたインターバルトレーニングでは、強度が高まることによるトレーニング中の泳技術の変化の様相に違いはないことが示唆された。

表 2 . インターバルテストにおける泳タイム、ストロークレート、ストローク長の変化

		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
Swimming time (s)	CSR	71.13 ± 2.47	71.98 ± 2.73 ¹	72.09 ± 2.80 ¹	72.41 ± 2.73 ¹	72.41 ± 2.82 ¹	72.32 ± 2.52 ¹
	105%CSR	69.68 ± 2.09	70.36 ± 2.19	70.58 ± 1.88 ¹	70.95 ± 2.06 ¹	70.75 ± 2.10 ¹	70.69 ± 1.83 ¹
	110%CSR	68.73 ± 2.05	69.23 ± 1.65	69.34 ± 1.47	69.33 ± 1.35	69.34 ± 1.86	69.26 ± 1.60
Stroke rate (cycles/min)	CSR	33.39 ± 3.80	33.69 ± 3.70	33.97 ± 3.87	33.66 ± 3.64	33.70 ± 3.85	33.67 ± 3.44
	105%CSR	35.23 ± 3.78	35.34 ± 3.90	35.24 ± 3.88	35.24 ± 3.73	35.41 ± 3.76	35.21 ± 3.69
	110%CSR	36.84 ± 4.10	37.00 ± 4.00	36.89 ± 3.73	37.17 ± 3.89	37.16 ± 4.15	37.17 ± 4.11
Stroke length (m/cycle)	CSR	2.55 ± 0.22	2.50 ± 0.21 ¹	2.47 ± 0.21 ¹	2.48 ± 0.20 ¹	2.48 ± 0.22 ¹	2.48 ± 0.20 ¹
	105%CSR	2.47 ± 0.27	2.44 ± 0.22	2.44 ± 0.23	2.42 ± 0.22 ¹	2.42 ± 0.21 ¹	2.43 ± 0.21 ¹
	110%CSR	2.39 ± 0.21	2.37 ± 0.22	2.37 ± 0.21	2.35 ± 0.22 ¹	2.35 ± 0.21 ¹	2.35 ± 0.22 ¹

¹, P < 0.05 (vs 1 試技目); Swimming time, 泳タイム; Stroke rate, ストロークレート; Stroke length, ストローク長

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 府内 勇希
2. 発表標題 ストロークレートに基づいたプル泳トレーニングの特徴
3. 学会等名 九州体育・スポーツ学会
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
--	---------------------------	-----------------------	----