

氏名・（本籍） 府内 勇希（熊本県）

学位の種類 博士（体育学）

報告番号 乙 第65号

学位授与年月日 2020（令和2）年3月20日

学位授与の要件 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）

第4条第2項該当

論文題目 競泳のクロールにおけるトレーニング強度指標としての critical swimming velocity と critical stroke rate の検証とその応用

審査委員（主査） 高橋 繁浩

桜井 伸二

梅村 義久

## 博士学位審査の経過報告

学位審査委員会

委員長・主査 高橋 繁浩

梅村 義久

桜井 伸二

本学位審査委員会（2019年10月9日設置）は、府内勇希氏から提出された博士学位請求論文「競泳のクロールにおけるトレーニング強度指標としての critical swimming velocity と critical stroke rate の検証とその応用」について下記のとおり審査したことを報告致します。

### 記

2019年10月9日（水） 博士学位請求論文の受理、学位審査委員会の設置

2019年10月9日（水） 第1回学位審査委員会（審査日程および本委員会運営方針の確認）

2019年11月20日（水） 第2回学位審査委員会（論文の評価、問題点の整理）

2019年12月12日（木） 第3回学位審査委員会（問題点についての質疑応答、口述試験）

2020年1月9日(木) 第4回学位審査委員会(稟議)(論文の最終確認、学位審査報告書の確認)  
2020年1月21日(火) 博士課程委員会において審査結果の報告  
2020年1月28日(火)～2020年2月5日(水) 論文の公示  
2020年2月12日(水) 可否の判定、博士課程委員会

## 論文審査および最終試験の結果

### 1. 論文審査の結果

#### 1) 提出論文の構成

本論文の構成は次の通りである。

第1章 序論

第2章 全身泳、プル泳およびキック泳におけるトレーニング強度指標としての critical swimming velocity

第3章 全身泳におけるトレーニング強度指標としての critical stroke rate

第4章 プル泳におけるトレーニング強度指標としての critical stroke rate

第5章 総括

#### 2) 提出論文の概要

第1章においては本論文の背景がまとめられている。それによれば、競泳選手のトレーニングは、全身泳だけでなく、上肢のみ(プル泳)や下肢のみ(キック泳)が行われている。その目的は、局所的に代謝能力や泳技術の改善を図ることにある。また、競泳種目の自由形で用いられるクロールは、50mから1500mの泳距離で競うため、様々な強度に対応ができるインターバルトレーニングが用いられている。競泳選手にとって、強化したい体力要素に対して適切な強度でトレーニングを行うことがパフォーマンスを向上させるためのカギとなる。そのための強度設定として、これまで主に生理学的な手法をもって評価されてきた。それらは信頼性の高い方法であるが、その測定には高度な専門知識や設備が必要とされるため、実際のトレーニング現場において用いることは容易ではない。その一方、各泳距離と全力泳の泳タイムとの回帰直線の勾配が、疲労困憊に至ることなしに長時間泳ぎ続けられる最大乳酸定常レベルの泳速に相当することが明らかにされており、この泳速は critical swimming velocity (以下 CV) と称され、インターバルトレーニングの強度指標や、泳者の持続的パフォーマンスを評価する指標として、その有用性が認められている。その後、CVの概念を応用し、クロールの全身泳における各泳距離での全力泳タイムとストローク数の間に直線関係が成立すること、これより求めた泳速が CV と差異がないことから、この泳速を critical stroke rate (以下 CSR) と称し、疲労困憊に至ることなく泳ぎ続けることのできる最大のストロークレートになることが報告されている。

こうした中、CVおよびCSRは、これまで全身泳のみで研究が進められており、プル泳やキック泳では十分な検討がなされていない。また、CSRにおいては、全身泳の連続泳でのトレーニング強度や泳技術の検証が行われているのみであり、インターバルトレーニングにおけるトレーニング強度やプル泳でのCSRの有用性を検証する余地がある。そこで本研究では、1) クロールの全身泳、プル泳、キック泳におけるCVでのインターバルトレーニング中の強度を明らかにすること、2) クロールの全身泳においてCSRを用いることの利点、3) プル泳におけるCSRの有用性について検証することを目的とした。

第2章においては、大学競泳男子選手14名を対象に回流水槽を用いて、全身泳、プル泳、キック泳のそ

それぞれの泳様式で5つの泳速度での全力泳タイムと泳距離からCVを決定し、その泳速で5分間×4試技の間欠泳テストを行い、酸素摂取量、心拍数、血中乳酸濃度を測定した。その結果、三つの泳様式におけるCVは生理学的反応に違いがあるものの、全ての泳様式において持久性を高めるトレーニング強度指標の基準になることを明らかにした。また、全身泳とプル泳のCVとの間に高い相関関係が認められたことから、クロールにおいてプル泳のCVを高めることは、全身泳の持続的パフォーマンス向上の重要な要因であることを示唆した。

第3章では、大学競泳男子選手6名と女子選手1名を対象に、50mプールにおいて、クロールの全身泳で200mと400mの全力泳を行わせ、各泳距離と泳タイムからCVを推定した。同様に、200mと400mの全力泳タイムと総ストローク数との回帰直線の勾配をCSRとした。対象者は、クロールにおける全身泳のCSRで、400m×4試技のインターバルテストを行った。なお、ストロークレートのコントロールは、水中運動対応型メトロノームをゴーグルに装着し、電子音に合わせて泳ぐよう指示した。各試技中の泳タイム、心拍数、血中乳酸濃度、RPEと、各試技でのストロークレートとストローク長を測定した。その結果、インターバルテスト中の平均泳タイムとCVから推定した400mの泳タイムとの間には有意差がなかった。一方、ストロークレートは一定であったが、テスト後半にストローク長が延伸したことで泳タイムが短縮した。これは上肢筋の力発揮が増大したことが要因と考えられた。これらのことから、CSRのインターバルトレーニングでは、持続的能力の改善を目的としたトレーニング強度指標の目安になるうえ、泳タイムの変化によってストローク長をモニタリングできることを示唆した。

第4章では、大学競泳男子選手7名を対象に、50mプールにおいて、クロールのプル泳で200mと400m全力泳を行い、第3章と同じ方法で、プル泳におけるCSRとCVを決定した。対象者は、プル泳のCSRとCVで、400m×4試技（それぞれ、CSRテストとCVテスト）のインターバルテストを行った。CSRテストでは、水中運動対応メトロノームを用いてストロークレートをコントロールした。また、CVテストでは、プールサイドを歩く検者を目視しながら泳ぐことで、泳速度をコントロールした。各試技中の泳タイム、心拍数、RPE、テスト終了後の血中乳酸濃度と、ストロークレートとストローク長を測定した。その結果、泳タイム、心拍数、RPEは、全ての試技で両テスト間に有意差はなかった。一方、テスト終了後の血中乳酸濃度は両者間に有意差はあったものの、何れも持続的トレーニング強度の範疇であったことから、プル泳において、CSRでのトレーニング強度はCVと差異がないことを示した。また、CSRテストでは、ストロークレートとストローク長は変化しなかったのに対し、CVテストではストローク長の低下に伴ってストロークレートが上昇したことから、ストロークレートをコントロールしないトレーニングでは泳技術の低下を招きながらトレーニングしていると考えられる。これより、CSRでのインターバルトレーニングでは、持続的能力の改善を目的としたトレーニング強度指標の基準になるうえ、総泳距離が1200mを超える場合はCVよりも泳技術を安定させ、上肢による推進効率を維持するのに役立つことを示した。

第5章は総括として、1)CVを用いたインターバルトレーニングでは、クロールの全身泳、プル泳、キック泳で生理学的反応には違いがあるものの、全ての泳様式において持続的能力を高めるトレーニング強度指標の基準になるうえ、プル泳のCVを高めることが全身泳の持続的パフォーマンスの改善に重要であること、2)全身泳でのCSRは、CVに相当するトレーニング強度であり、CSRでは泳時間の変化により泳技術をモニタリングできること、3)プル泳でのCSRは、CVに相当するトレーニング強度になるうえ、CSRの方がCVよりも泳技術が安定することを示した。

### 3) 提出論文の評価

本論文は、競泳のクロールの練習におけるトレーニング強度を考えるうえで、有用性があり理論的かつ簡易的な手法について検討している。内容的には、各泳距離と全力泳タイムから求めた CV が、クロールの全身泳、プル泳、キック泳のインターバルトレーニングの強度指標の基準になること、また、各泳距離と総ストローク数から求めた CSR も同様に、インターバルトレーニングの強度指標の基準として活用できることを示した。そして、CSR はトレーニング中の上肢ストロークの安定化に役立つ点で有効である可能性を示唆した。本研究から得られたこれらの結果は、水泳指導の現場において極めて実用性が高く、多くの水泳指導者に活用されうるものであり、高く評価できる。

以上のように本論文には評価される点があるが、同時にいくつかの問題点が指摘される。第一に、実験方法の妥当性について、CV と CSR インターバルテストの実験プロトコルにおけるインターバル中の休憩時間が三つの研究間で40秒から90秒と異なっており、研究結果に与える影響は否定できない。この点において、今後は休憩時間や泳距離を変えて同様の検証をすることが求められる。第二には、本研究での研究対象者は、競技レベルが高くかつ日常的にトレーニングを積んでいる競泳選手であり、CSR がジュニア選手やマスターズスイマーのトレーニングでも活用できるかという点である。また、本研究では、水中運動対応型メトロノームを用いてストロークレートをコントロールしたが、このことがトレーニング強度や泳技術に与える影響は明らかになっていない。しかしながら、これらの問題点は本論文の価値を否定するものではなく、今後の研究の発展に委ねられるところであると考えられる。

以上より、本学位審査委員会は、本論文を体育学分野での博士学位論文として適格である、との結論に達した。

### 4) 提出論文と既刊論文との関係

本論文を構成する各章は、以下の学術雑誌に掲載された既刊論文に基づいて書かれている。

#### 〈第2章〉

府内勇希、北島正樹、若吉浩二、野村照夫、荻田 太、高橋繁浩、北川 薫

三つの泳様式における critical swimming velocity の検討.

日本水泳・水中運動学会年次大会論集, 43-46, 2006.

#### 〈第3章〉

府内勇希、松波 勝、田場昭一郎

競泳選手のインターバルトレーニングにおける Critical Stroke Rate の活用

水泳水中運動科学, 19 : 1-7, 2016.

#### 〈第4章〉

Funai Y., Matsunami M., Taba S.

Physiological responses and swimming technique during upper limb critical stroke rate training in competitive swimmers.

Journal of Human Kinetics, 70: 61-68, 2019.

## 2. 最終試験の結果

本論文の内容に関して2019年12月12日に口述試験を実施した。その内容は、提出論文の研究手法の背景、critical swimming velocity と critical stroke rate 決定法の理論的背景、本研究手法の特長、研究結果や字句の解釈と表現などについて、その見解及び研究能力を確認するものであった。その結果、論文提出者は専門

領域について十分な学識と研究能力を有していると判定した。

### 3. 学力の確認

本論文の提出者は、本研究科の指導指針にのっとり、学会誌に原著論文筆頭著者として複数の論文を発表しており、その内の1編が英文にて掲載されていること等を勘案し、博士の学位を授与されるに値する学力のあることを確認した。

### 4. 結論

本学位審査委員会は、提出された博士学位請求論文が博士の学位を授与されるに値するものであり、かつ論文提出者はその専門分野における十分な学識と研究能力とを有するものであることを確認したので、博士（体育学）の学位を授与するのに適格であると判断した。

以上