

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17803

研究課題名（和文）オープンウォータースイミングトップ選手の生理学的特性と競泳競技への影響について

研究課題名（英文）Physiological characteristics of elite open water swimmers and influence to a competitive swimming race.

研究代表者

原 怜来（HARA, Reira）

日本大学・スポーツ科学部・講師

研究者番号：20759790

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、2018年度～2022年度のオープンウォータースイミング（OWS）強化指定選手を対象に、流水プールにおいて最大酸素摂取量、乳酸性作業閾値の測定を行うことで、OWSトップ選手の生理学的特性を明らかにすると共に、OWSレースへの参加が競泳の競技成績に影響するか否かを明らかにすることを目的とした。その結果、2019年度のナショナルチームに所属している男子選手において、最大酸素摂取量と競技成績で有意な強い相関関係が認められた。一方で、相関関係が認められない年度があったことから、OWSは最大酸素摂取量以外の要素も競技成績に影響する可能性があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オープンウォータースイミング（OWS）選手の生理学的特性について、先行研究ではOWSが五輪種目として採択される前の選手を対象としており、OWSの競技レベルが向上する中、現在のトップ選手の生理学的特性は明らかにされていなかった。

本研究では五輪代表選手を含むOWSトップ選手の生理学的特性を明らかにすることができた。このことにより、国内外のOWSの指導現場において、客観的な指標を示すことができたと考えられる。

また、今回の測定項目以外の要因がOWSの成績に影響していることが示唆されたことから、今後は他の測定項目も増やし、研究を進めることで、世界におけるOWSの競技力向上に寄与できると考える。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to determine the physiological characteristics of top OWS athletes. We measured the maximal oxygen uptake and lactate work threshold in a flowing water pool for open water swimming (OWS) enhancement designated athletes for the 2018-2022. And we determined whether or not participation in OWS races affects competitive swimming performance. The results showed a significant and strong correlation between maximal oxygen uptake and OWS performance among male athletes on the 2019 national team.

On the other hand, there were some years in which no correlation was observed. These results suggest that some other factors may also influence competitive performance in OWS.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：水泳 オープンウォータースイミング 競泳 生理学的特性 最大酸素摂取量 血中乳酸濃度

### 1. 研究開始当初の背景

オープンウォータースイミング(OWS)は、2008年にオリンピック種目に採択されてから世界各国で強化が進み、レーススピードも年々速くなっている<sup>1)</sup>。OWSのオリンピックディスタンスは10kmで、運動時間は約2時間であり、マラソンとほぼ同等であることから、OWS選手の持久的能力は高く、最大酸素摂取量や乳酸性作業閾値も高いと考える。これらから、近年、競泳長距離自由形の強化の一環として、OWSに参加することが有益なのではないかという声が国内外からあがっている。しかし、OWSトップ選手の生理学的特性については明らかとなっておらず、OWSに参加することが競泳自由形の競技成績を向上するか否かも明らかとなっていない。

現在、国内外を通して、OWSに関する生理学的研究は2本のみである。2008年に小林ら<sup>2)</sup>がOWSの競技記録と有酸素性作業能の関連性を明らかにした研究では、OWSの競技記録は、2mmol/Lの血中乳酸濃度を示す際の泳速度とほぼ同等であることを明らかとした。しかし、この研究の研究対象者は競泳選手であり、データも約10年前のものである。また、海外では、アメリカのOWSトップ選手を対象に行った研究において、乳酸性作業閾値に相当する泳速度を向上させることがOWS競技成績向上に必須であることが示されている<sup>3)</sup>。しかし、これも2004年に行っている研究であり、現在のトップ選手のパフォーマンスを評価した研究ではない。このように近年、OWSトップ選手に関する研究は国内外を通して行われておらず、今後のOWSの競技力向上のためには、現在のトップ選手の特性を明らかにすることが重要である。新興競技であるため、競技レベルが年々あがっていることから、複数年にわたりOWSトップ選手の生理学的データを取る必要がある。また、OWSに出場することで、競泳の競技成績が向上したか否かを明らかにしていくことは必須である。

### 2. 研究の目的

本研究では、OWSトップ選手の生理学的特性を明らかにし、また複数年実施することで体力特性やOWS及び競泳の競技成績の変化を明らかにした。また、OWSトップ選手の最大酸素摂取量と乳酸作業閾値を明らかにすることで、OWSが競泳の競技力向上に影響しているかを明らかにした。

### 3. 研究の方法

被験者は、2018年度から2022年度における公益財団法人日本水泳連盟が定めるOWS日本代表強化指定選手男女各10名とした(東京五輪代表選手を含む)。

最大酸素摂取量の測定は、VO<sub>2</sub>maxの測定は、レベリングオフを確認する必要があるが、今回はレベリングオフを確認できなかった選手が若干名いたため、測定項目はVO<sub>2</sub>peakとした。

また、VO<sub>2</sub>peakは筋肉量に依存することから体重で除することで、示されることが多い。一方で水泳やボート、自転車など、自身の体重を直接運ばないような種目は絶対値で示す方が良いとされている。このことから、絶対値(L/min)と体重当たりのVO<sub>2</sub>peak(ml/kg/min)を求めた。本研究では流水プール(株式会社ジャパンアクアテック社製)でクロール泳動作中のVO<sub>2</sub>peakを測定した。測定前のウォーミングアップは、流水プールに不慣れな被験者であったことから、30分間行わせた。ウォーミングアップは測定の最初の泳速度とした。男子は1.30 m/s、女子は1.25 m/sの速度で15分間泳動作を行い、それ以外の15分間は自由な泳速度で実施させた。流水プールの流速を、男子は1.30 m/sから、女子は1.25 m/sの流速からスタートし、1分ごとに0.05 m/sずつ3分まで増速させ、それ以後は1分毎に0.02~0.03 m/sずつ増速してオールアウトまで泳がせた。オールアウトの判定は、設定した泳速度を維持できなくなり、測定開始時よりも身体が1m後方に下がった時とした。被験者は呼気ガス採取用シュノーケルを装着し、ダグラスバック法を用いてVO<sub>2</sub>peakを測定した。その際、選手の鼻から呼気がでないように、防水テープ(日本光電工業株式会社製:フォームパッド75A)で鼻を塞ぎ、口呼吸のみで行わせた。換気量は乾式ガスメーター(品川製作所社製)で測定し、呼気ガスの分析には自動呼気ガス分析装置(ミナト医科学社製:AE-310S)を用いた。採気は運動開始から30秒ごとに運動終了まで連続して行った。

乳酸性作業閾値については、vLT、vOBLAを算出した。vLT、vOBLAともに流水プールにおいて、3分間のクロール泳による運動と5分間の休息を挟んだ乳酸カーブテストを実施した。また、開始の流速は、VO<sub>2</sub>peak測定時にVO<sub>2</sub>peakが出現した速度を100%とした時の60%を1セット目とし、1セットごとに5%ずつ速度を増加させ9セット行った。血中乳酸濃度は測定前、各セット終了直後の計10回測定した。測定に伴い、穿孔部位をアルコール綿で消毒し、十分に乾かした後に被験者自身で指先を穿孔させた。穿孔後は、少量の血液を出し、その後ガーゼで一度血液をふき取り、再度5μl程度の血液を出させ、携帯型簡易血中乳酸濃度測定器(アークレイ社製:Lactate Pro2)を用いて測定した。

vLTは、泳速度と血中乳酸濃度の値を指数変換してから近似直線を用いて、2本の近似曲線の

交点を LT とし、その時の泳速度とした。vOBLA は泳速度と血中乳酸濃度の値を指数変換してから近似直線を用いて、血中乳酸濃度が 4mmol/L に相当する泳速度とした。

競泳、及び OWS 競技成績について、2018 年度～2022 年度の競泳及び OWS 競技成績を公式結果より集約した。

#### 4. 研究成果

2018 年度から測定を行うことができたが、2020 年度以降、新型コロナウイルス蔓延により、測定ができない年度が生じた。また、競技会についても中止が続き、想定していた被験者数を集めることができなかった。

VO<sub>2</sub>peak は、男子が 4.62～4.90 L/min で、女子は 3.07～3.29 L/min であった。また、2019 年度の名ナショナルチームに所属している男子選手においてのみ、VO<sub>2</sub>peak と競技成績で有意な強い相関関係が認められた(図 1 :  $r = 0.739$ 、 $p < 0.05$ )。

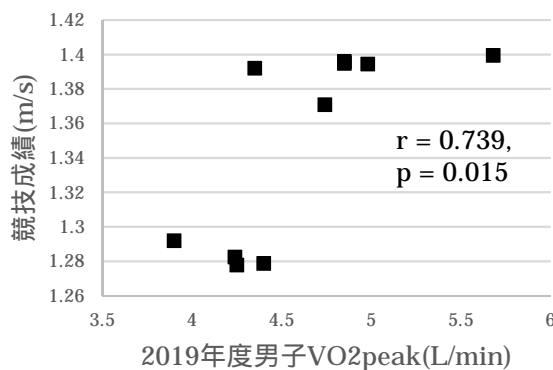


図 1 . 2019 年度男子選手の VO<sub>2</sub>peak と OWS 競技成績の関係

VO<sub>2</sub>peak については、男女ともに、先行研究で明らかとなっているイタリアやアメリカの選手と比較すると日本人選手の方が低い値であった。イタリアやアメリカは OWS 強豪国であり、日本人 OWS 選手は VO<sub>2</sub>peak を向上させる必要が示唆された。実際に、本研究において 2019 年度の男子選手は OWS の競技成績が良いほど、高い VO<sub>2</sub>peak を有していたことから持続的能力の必要性が考えられた。女子については、VO<sub>2</sub>peak と競技成績において有意な相関関係が認められなかった。これは、国内大会でも優勝を果たしたロンドン・リオデジャネイロ・東京五輪の 3 大会で五輪代表となった 1 名の女子選手が高い VO<sub>2</sub>peak を有していなかったことがなかったことが影響していると考えられる。この選手は、レース経験値が他の選手よりも高く、OWS の戦略・戦術作りに優れていることから、VO<sub>2</sub>peak が低くても国内大会では優勝できたと考える。しかし、五輪で入賞は果たせておらず、国際大会において上位入賞を果たすためには、より高い VO<sub>2</sub>peak を有している必要があると考える。

vLT は男子が 1.21～1.26 m/s で、女子が 1.16～1.22 m/s であり、先行研究と比較して、遅いことが明らかとなった。東京五輪では、アメリカ選手やイタリア選手が日本人選手よりも上位の成績を収めていたことから、日本人選手は vLT や VO<sub>2</sub>max の向上が必要であることが示唆された。

vOBLA は男子が 1.33～1.35 m/s で、女子は 1.25～1.30 m/s であった。vOBLA については、これまでに測定がなされたことはない。2008 年に小林ら<sup>2)</sup>は、OWS 競技中の泳速度は血中乳酸濃度が 2mmol/L の時と同速度であると報告しているが、現在では 2008 年より OWS 競技のスピード化が進んでいることも考慮すべきである。実際に本研究で対象とした OWS レースの泳速度は男子で 1.35m/s、女子で 1.29 m/s であり、vOBLA と近似している泳速度となっていたことから、OWS は潮流があるため、プールでの速度との比較が妥当かの議論はあるものの、今後は vLT だけでなく、vOBLA も測定していくべきであることが示唆された。

また、競泳の競技成績の変化については、2018 年度から 2022 年度にかけて競泳の成績は向上した者もいれば、低下した者もあり一定の結果は認められなかった。しかし、特に OWS レース出場に向けて OWS トレーニングを行った被験者の中では、競泳 1500m 自由形の記録向上が見られた被験者がおり、OWS トレーニング特有の長距離トレーニングをおこなうことで、競泳の距離に対する不安感が取り除かれ、競泳 1500m の記録向上がみられている可能性も示唆された。

#### < 引用文献 >

(1) Analysis of 10km swimming performance of elite male and female open-water swimmers .

Pascale V, Chritoph AR, Thomas R, Romuald L, Beat K. Springerplus. 2: 603. 2013.

(2) オープンウォーター水泳の競技記録と有酸素性作業能の関連性. 小林生海, 綾部誠也, 鈴木大地, 内藤久士, 青木純一郎. 体力科学. 57: 443-452. 2008.

(3) Characteristics of elite open-water swimmers. Vanheest JL, Mahoney CE, Herr L. J Strength and Cond Res. 18: 302-305. 2004.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 原怜来, 馬場康博, 上野広治, 鈴木典	4. 巻 7
2. 論文標題 オープンウォータースイミング選手の生理学的特性について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 スポーツ科学研究	6. 最初と最後の頁 7-14
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 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 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------