

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：32519

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01600

研究課題名(和文)パドリングエルゴメータを用いたボードパドリングのバイオメカニクス的研究

研究課題名(英文)A biomechanical analysis of lifesaving board paddling on a paddle board ergometer

研究代表者

深山 元良 (Miyama, Motoyoshi)

城西国際大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：60406759

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ライフセービングにおけるボードパドリングは、サーフレスキューのための有効な技術である。本研究は、ライフセービングのボードパドリング用エルゴメータ(BPエルゴメータ)を用いてボードパドリング中の作業成績、3次元動作を明らかにすることを目的とした。被験者に、BPエルゴメータを用いた全力ニーリングパドルを行わせ、熟練者と未熟練者の間で諸量を比較した。その結果、600mタイムトライアルにおける作業成績において、熟練者は未熟練者に比べて、所要時間、ボード速度、発揮パワーがより優れていた。また、40m全力パドリングにおける3次元動作において、熟練者と未熟練者のパドリング動作には異なる特徴が認められた。

研究成果の概要(英文)：Board paddling in lifesaving is an effective technique for surf rescue. The purpose of this study was to clarify the ergometer performance and three-dimensional kinematics during knee paddling on a surf lifesaving paddle board ergometer. The subjects performed maximal knee paddling on the paddle board ergometer, and various parameters were compared between elite and sub-elite board paddlers. The result showed that in the ergometer performance in a 600-m time trial, the required time, board velocity, and power output in the elite board paddlers were superior to those in the sub-elite board paddlers. Moreover, in the three-dimensional kinematics of 40-m maximal knee paddling, different paddling motion characteristics were found between the elite and sub-elite board paddlers.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ライフセービング サーフレスキュー ボードパドリング ニーリングパドル エルゴメータ 作業成績 3次元動作分析 ボード速度

1. 研究開始当初の背景

(1) サーフレスキュー（海での救助）においてボードを用いた救助は、溺者に対して迅速に接近することができるため世界的にも使用頻度が高い。また、ボードはサーフレスキューの技能を競い合うライフセービング競技種目の中にも多く使用されている（深山ら 海洋人間学雑誌 2013）。ボードの推進力を得るためのパドリング動作のひとつに、ニーリングパドルがある（図1）。

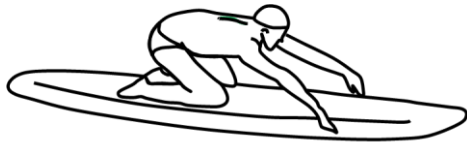


図1. ニーリングパドル

このニーリングパドル動作は、他のスポーツ競技では見られない独特の運動様式であり、効率的なパドリング動作を解明することによってライフセービングにおける救助力や競技力を高めることができる。

(2) 申請者らは、これまで学術的な研究報告が少なかったボードパドリングについて、室内50mプールで40mの全力パドリングを行わせることによって自然環境の影響を受けない実験方法を確立し、ボード速度（Board Velocity：BV）、ストローク頻度（Stroke Rate：SR）、ストローク長（Stroke Length：SL）、およびパドリング動作の特徴を報告した（科研費課題番号 24500752 研究成果報告書）。しかし、次のような研究課題が残されており、いずれの課題もこれまで報告がなされていない。

- ① ボードレース（約600m）の距離におけるストローク特性や動作の経時変化
- ② 水面下におけるプル動作
- ③ ストローク長を増大させるための筋活動様相

カヤック、カナディアンカヌー、およびローイング等の水上スポーツ競技では、これらの課題を明らかにするための有効な実験方法としてエルゴメータを用いたバイオメカニクス的分析が行われている。ライフセービングにおいても、近年、図2のようなボードパドリング用エルゴメータ（BPエルゴメータ）（KayakPro社製）が市販されるようになり、カヤック等に倣った陸上での測定やトレーニングの可能性が高まっている。

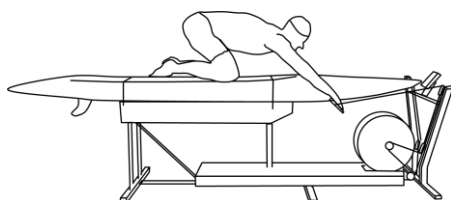


図2. BPエルゴメータ

このBPエルゴメータは、フライホイールに流入する空気の抵抗を利用し、水上でのボードパドリングと同様の運動様式を陸上で行うことができる。最大の特徴は、スプリングのついた測定機器の台の上に実際のボードを設置することが可能で、実施者は水上での不安定なボードパドリングに近い感覚で運動を行うことができる点にある（図2）。

2. 研究の目的

本研究では、BPエルゴメータを用いた先駆的な研究として、以下のことを明らかにすることを目的とした。

BPエルゴメータを用いて全力ニーリングパドルを行ったときの、

(1) 熟練者と未熟練者の所要時間、心拍数、BV、SR、SL、および発揮パワーの経時変化を比較し、熟練者と未熟練者の作業成績の相違点を明らかにする。

(2) 熟練者と未熟練者の動作を3次元分析により比較し、熟練者と未熟練者のパドリング動作（特に水中動作）の相違点を明らかにする。

(3) 熟練者と未熟練者の筋活動様相を比較し、熟練者と未熟練者の筋活動の相違点を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) BPエルゴメータによる600mニーリングパドルの競技レベル間比較

被験者は、熟練者男子8名（熟練者群：全日本ライフセービング選手権ボードレース決勝進出者）と未熟練者男子7名（未熟練者群：大学生有資格ライフセーバー）とした。BPエルゴメータにForce Field社製レーシングボード（全長3.20m、全幅0.50m、重量9.10kg）を固定した。また、室内（気温20—24℃、湿度21—43%）でBPエルゴメータのフライホイールの風量負荷調節（パドルの負荷）を3に揃え、600mニーリングパドルのタイムトライアルを行わせた。被験者には、水上でのパドリングと同様のフォームでパドリングすること、できるだけ短時間で600mに到達できるようにすること、および600mの速度ペースは極端な変化をつけないようにすることを教示した。BPエルゴメータから得られた所要時間、総ストローク数、BV、SR、SL、体重あたりの発揮パワー、およびポラール社製心拍計で計測した心拍数を両群間で比較した。BV、SR、SL、および体重あたりの発揮パワーの分析区間は600m中の7区間（各10m）とし、各区間内のすべてのストロークの平均値を区間の値として分析した。また、測定項目毎に全被験者の7区間の平均値を算出し、相関分析を行った。

群間の比較には、対応のないt検定または反復測定による二元配置分散分析（2群×7区間）を行った。多重比較検定には、ボンフ

エローニ法を用いた。また、相関分析には、ピアソンの相関係数を用いた。統計的有意水準はすべて5%とした。

(2)BP エルゴメータによるニーリングパドル中の上肢運動の特徴：3次元動作分析による競技レベル間比較

被験者は、熟練者男子9名（熟練者群：全日本ライフセービング選手権ボードレース決勝進出者）と未熟練者男子8名（未熟練者群：一般有資格ライフセーバー）とした。BPエルゴメータにForce Field社製レーシングボード（全長3.20m、全幅0.50m、重量9.10kg）を固定した。また、室内（気温20—24℃、湿度21—43%）でBPエルゴメータのフライホイールの風量負荷調節（パドルの負荷）を6に揃えた。被験者は、40m全力ニーリングパドルを1回行った。その際、水上でのパドルングと同様のフォームでパドルングすることを教示した。15—25m区間の3ストロークを3次元動作解析システム（VICON）により分析した（250Hz）。1ストローク中の局面を図3のとおり定義したうえで1ストローク時間を100%に規格化し、関節角度・角速度について競技レベル間で比較した。

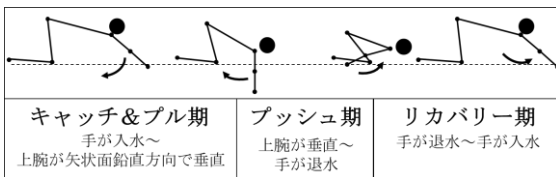


図3 ニーリングパドル動作の期分け

統計処理は、規格化した時間1%毎に対応のないt検定を行い、統計的有意水準はすべて5%とした。

4. 研究成果

(1) BP エルゴメータによる600mニーリングパドルの競技レベル間比較

- ①熟練者群の所要時間（3分34秒0）は、未熟練者群（4分11秒9）より有意に短かった（図4）。
- ②総ストローク数（熟練者群：245.0回、未熟練者群：263.9回）は、両群間で有意差がなかった。
- ③600mにおける経時的変化（2群×7区間）において、熟練者群のBVは未熟練者群に比べて有意に高値だった。また、SLは両群間で有意な交互作用が見られた。しかし、SRは両群間で有意差が見られなかった（図5）。
- ④最高心拍数は両群ともに490—500m区間で見られ、熟練者群で175.1bpm、未熟練者群で184.0bpmであった。また、600mにおける経時的変化（2群×7区間）において、両群間の心拍数に有意差は見られなかった。

⑤600mにおける経時的変化（2群×7区間）において、熟練者群の体重あたりの発揮パワーは、未熟練者群に比べて有意に高かった（図6）。

⑥体重あたりの発揮パワーは、15—25m区間と比べ、熟練者群ではすべての区間で有意な低下が見られなかったのに対して、未熟練者群では「290—300m」「390—400m」および「490—500m」区間で有意に低下した（図6）。

⑦全被験者の7区間の平均値を相関分析した結果、体重あたりの発揮パワーは、SLおよびBVと有意な正の相関が見られた。しかし、体重あたりの発揮パワーとSRには有意な相関はなかった。

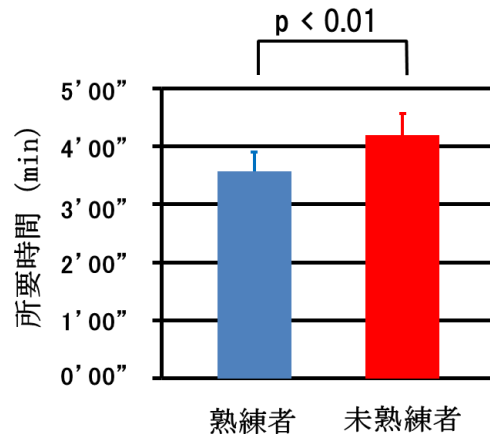


図4 600mニーリングパドルにおける所要時間の比較

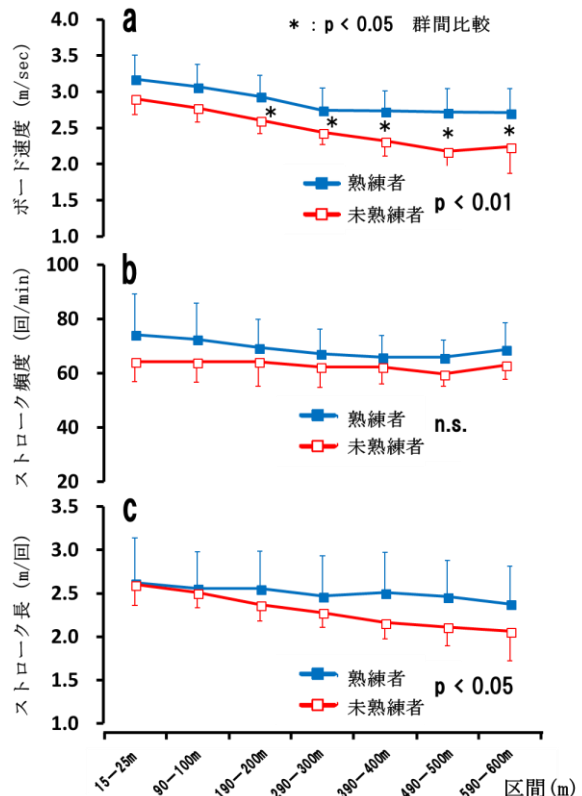


図5 600mニーリングパドルにおけるBV、SR、およびSLの比較

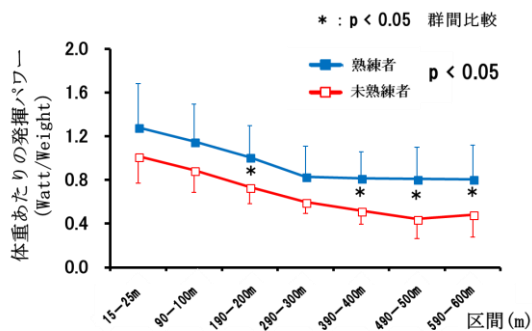


図6 600mローリングパドルにおける体重あたりの発揮パワーの比較

(2)BP エルゴメータによるローリングパドル中の上肢運動の特徴：3次元動作分析による競技レベル間比較

熟練者群は未熟練者群に比べて、

- ①キャッチ&プル期で両手の入水動作を行った後、肘関節の伸展速度(1-3%)がより速く、その後、肘関節の屈曲速度(13-16%)がより速かった。これは、入水動作後、キャッチおよびプル動作をより速く行っていたと考えられる。
- ②キャッチ&プル期(32-36%)で、肩関節内旋速度がより速かった。これは、キャッチ&プル期において水をかく動作をより速く行っていたと考えられる。
- ③キャッチ&プル期からプッシュ期にかけて肩関節水平内転角度(10-61%)がより大きく、肩関節内転速度(14-27、33-43%)もより速かった。これは、キャッチ&プル期からプッシュ期にかけて、両腕をより深く入水することができる動作であり、かつ、水をより速くかく動作を行っていたと考えられる。
- ④プッシュ期(50-55%)で肩関節伸展速度がより速かった。これは、プッシュ期末で両手・両腕の退水動作をより速く行ったためであると考えられる。

なお、熟練者と未熟練者の筋活動様相の比較については分析中であり、今後、研究成果を公表していく予定である。

<引用文献>

- ①深山元良、植松梓、遠藤大哉、荒井宏和、中塚健太郎、荒木雅信、全力ボードパドルにおける速度、ストローク頻度、およびストローク長：パドルリング方法および性差の比較、2013、海洋人間学雑誌、査読あり、Vol.2、No.1、pp.1-8、http://www.jsmta.jp/jsmta/wp-content/uploads/2013/09/jpn_j_marit_activity_vol2_nol.pdf

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ①深山元良、ライフセービングにおけるボー

ドパドルリング技術：エビデンスに基づいた指導法の確立(シンポジウム原稿)、2017、海洋人間学雑誌、査読なし、Vol.5 特別号、pp.20-25、http://www.jsmta.jp/jsmta/wp-content/uploads/2017/04/jpn_j_marit_activity_vol5_suppl.pdf

[学会発表] (計3件)

- ①深山元良、浦田達也、山本真史、植松梓、原怜来、荒木雅信、パドルボードエルゴによるローリングパドル中の上肢運動の特徴：3次元動作分析による競技レベル間比較、2017、日本体育学会第68回大会(静岡大学)
- ②深山元良、ライフセービングにおけるボードパドルリング技術—指導法を確立するためのエビデンス—、2016、日本海洋人間学会第5回大会(招待講演)(東京海洋大学)
- ③深山元良、山本真史、浦田達也、植松梓、原怜来、荒木雅信、パドルボードエルゴによる600mローリングパドルの競技レベル間比較、2016、日本体育学会第67回大会(大阪体育大学)

6. 研究組織

(1)研究代表者

深山 元良 (Miyama, Motoyoshi)
城西国際大学・経営情報学部・総合経営学科・准教授
研究者番号：60406759

(2)研究分担者

荒木 雅信 (Araki, Masanobu)
大阪体育大学・体育学部・教授
研究者番号：50159498