

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 17 日現在

機関番号：31301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750289

研究課題名(和文)呼吸法の違いは泳者の受動抵抗軽減に寄与するか？

研究課題名(英文) Does the difference in breathing technique contribute to reducing the passive drag of the swimmer?

研究代表者

渡邊 泰典 (WATANABE, YASUNORI)

仙台大学・体育学部・講師(移行)

研究者番号：50638418

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、呼吸様式の違いが水中牽引時抵抗に及ぼす影響を検証し、水泳パフォーマンス向上のための新たな姿勢保持方法について検討することであった。すべての試技はストリームライン姿勢で実施した。呼吸様式の違いは、被験者の胸部と腹部に取り付けたピックアップ装置にて評価した。水中牽引時抵抗は、漁労用電動リールに力センサ、回転計を取り付けた装置にて測定した。検証の結果、腹式呼吸は胸式呼吸と比べて肺換気量が増加し、牽引時抵抗は減少した。この結果は、腹式呼吸が低抵抗姿勢の実現に貢献する可能性を示唆するものであった。

研究成果の概要(英文)：This study aims to investigate the effect of breathing technique on passive drag during underwater towing. We attempted to evaluate the breathing technique in swimmer's streamline posture by simultaneously measuring lung capacity and passive drag under water. Differences in breathing technique were evaluated with a pickup device attached to the chest and abdomen of the subject. Resistance was measured by the device equipped with a force sensor and a tachometer on the electric reel. The abdominal breathing increased ventilation compared to chest breathing, resistance at towing decreased. The results suggested that abdominal respiration may be contribute to reducing resistance during the streamline posture under water.

研究分野：水泳・水中運動 コーチング トレーニング科学

キーワード：浮心重心間距離 水中牽引時抵抗 腹式呼吸 ストリームライン

1. 研究開始当初の背景

水泳技能の善し悪しを決定する要因は様々あるが、“姿勢”もそのひとつである。水中をヒトが移動する際、最も抵抗が少ないとされるストリームライン姿勢は、水泳の基本であるが、水中環境では、泳者は浮力と重力の影響を受け、浮心と重心の位置関係に“ずれ”がある(Hay, 1993)ことからトルクが働き下肢が沈む。下肢が沈むと進行方向に対する迎角が大きくなることから背部での流れの剥離が顕著となり(高木, 2001)。圧力抵抗の増大を招いてパフォーマンスが低下する。

呼吸サイクルは浮力の増減をもたらす。たとすれば、浮力と重力の大小関係に変化が生じるので、水平姿勢に影響を及ぼすことになる。より高いパフォーマンスの実現には、浮力と重力の大小関係と浮心と重心の位置関係を調整し、進行方向に対して水平姿勢を維持することが重要となる。それでは果たして、水泳中に、ヒトは肺内に取り込む空気量(肺換気量)や、空気の取り込み方で、浮心位置と重心位置をどの程度移動させるのか?もし、泳者が浮心重心間距離を調整することができれば、水から受ける抵抗が軽減され、より効率的に泳ぐことが可能になるのではないか?

浮心重心間距離の先行研究は、測定法に関する研究(宮畑と小林, 1973) 性差、肺気量、パフォーマンスとの関係(McLean ら, 2000)などがあるが、呼吸法の違いが水中牽引時抵抗に及ぼす影響について検討した報告はほとんど見当たらないようである。

2. 研究の目的

本研究では、肺換気量の違いが水中牽引時抵抗に及ぼす影響を調査するとともに、腹式呼吸と胸式呼吸の違いが、肺換気量と水中牽引時抵抗に及ぼす影響を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究の対象者は、大学水泳部に所属する男子学生スイマー10名であった。対象者は週に6日、20時間程度トレーニングに励み、かつ、健康状態は良好な者であった。

身体重心位置(Center of Mass, 以下 CoM と略す)の測定はリアクションボード法(Hay, 1993)を参考に、重心動揺測定システム G-Gravity (フォーアシスト社)を使用して陸上にて実施した。対象者は、仰臥位上肢拳上姿勢(ストリームライン姿勢)を保持した(図1参照)。対象者は吸気状態で息を止めて3秒間静止した。ストリームライン姿勢において、足部(外果)から手部(握り拳の中心)までの長さを x 、足部から身体重心位置までの長さを y とし、体重(W)は手部($F1$)と足部($F2$)にかかる鉛直方向の力の和とし、身体重心位置を次の式より求めた。

$$y = F1 \cdot x / (F1+F2)$$

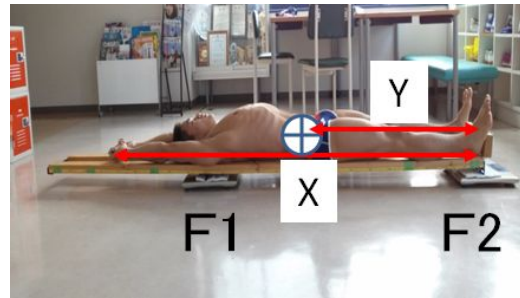


図1 身体重心位置の測定

浮力測定は、McLean ら(2000)の手法を参考にした。プールサイドに身体固定用のフレームを設置し、手部と足部の鉛直方向に、それぞれ引張圧縮両用型小型ロードセル LUR-A-200NSA1(共和電業社)を取り付け、手部および足部の鉛直方向の力の荷重から求めた。サンプリングされた信号は小型計装用デジタル指示計 TD-250T(ティアック社)によって増幅され、コンピュータで記録した。それぞれ対象者には、すべての測定においてスノーケルを通して呼吸をおこなうことを教示し、口以外から空気が漏れ出ること防ぐためにノーズクリップの着用を指示した。スノーケルの先にはニューモタコグラフ方式センサ(アルコシステム社)を取り付け、専用アンプ FM-200XB(アルコシステム社)に接続し圧力差を導出した。圧力差は専用アンプで速度データに変換、出力されるので、これらをデジタル変換し、コンピュータで記録した。流量は、その速度データを積分することによって求めた。手部($F1$)にはハンドグリップを、足部($F2$)には両足の外踝を揃えて固定するためのテザーを設置し、対象者がストリームライン姿勢を保持した時、手部と足部を結ぶ線が水面と平行となるように、ハンドグリップと足部テザーの高さを調整した。また、ハンドグリップと足部テザーには、それぞれ 4.5 kg と 2 kg の錘を設置し、対象者が安定したストリームライン姿勢で水中にとどまることができるよう配慮した(図2参照)。

浮心位置(Center of Buoyancy, 以下 CoB と略す)は、次の式より求めた。まず、対象者が、水中で静止した状態で留まっており、

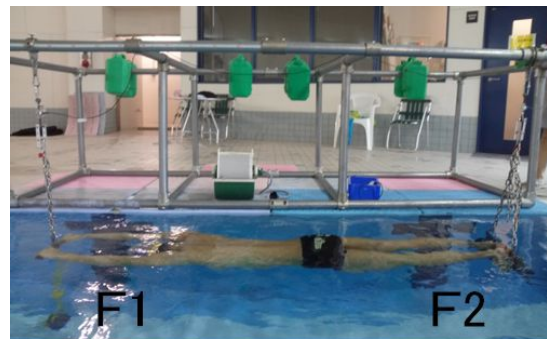


図2 浮力・浮心位置の測定

身体に作用する全ての力が釣り合っていると仮定すると、下記の式により浮力 (= Buoyancy force, 以下 B と略す) を求めることができる。

$$B + W + F1 + F2 = 0$$

$$B = -W - F1 - F2$$

足部からの浮心位置 (z) は、下記の式により求めることができる。

$$F1x + Bz - Wy = 0$$

$$z = (F1x + Wy) / W$$

従って、水中水平姿勢での浮心重心間距離 (d) は下記の式により求めることができる。

$$d = z - y$$

1 回の試技における測定時間は 60 秒、サンプリング周波数は 100 Hz とした。対象者には、測定開始の合図とともに吸気を開始するよう指示した。対象者の呼吸はメトロノームによって 6 呼吸 / 分 (5 秒吸気 - 5 秒呼気) にコントロールした。

水中牽引時抵抗は、漁労用電動リールに力センサ、回転計、可変式滑車を取り付けて構築したスイムシステム (フォーアシスト社) を用いて測定した。牽引速度は 3 段階 (ハイスピード: 1.08 m/s、ミドルスピード: 0.88 m/s、ロースピード: 0.76 m/s) に設定した。

呼吸ピックアップ装置 (フォーアシスト社) は、対象者の胸部と腹部にそれぞれ取り付け、呼吸に伴う胸部・腹部の周径変化から生じる電圧差によって呼吸様式の違いを評価した (図 3 参照)。

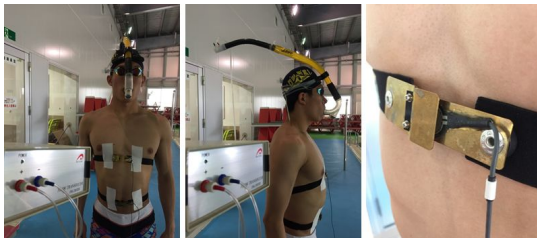


図 3 呼吸ピックアップ装置の概要

4. 研究成果

(1) 肺換気量と浮心重心間距離の関係

肺換気量が増減に同調し、手部・足部の鉛直方向の力も変化したことから、肺換気量と鉛直方向の荷重は正の直線関係となり、 $y=ax+b$ の一次式が作成できた。浮心重心間距離と肺換気量についても同様に、生の直線関係が認められた (図 4 参照)。

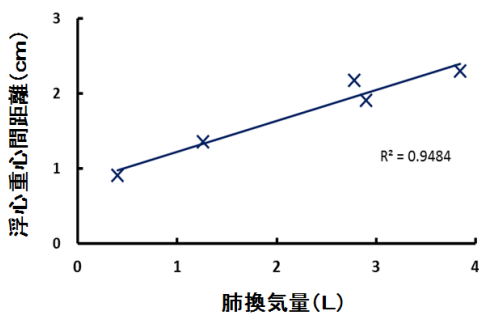


図 4 肺換気量と浮心重心間距離の関係

(2) 浮心重心間距離と牽引抵抗の関係

最大吸気及び最大呼気時の水中牽引抵抗は大きく、浮心重心間距離とは関係性がなかった。これは、最大吸気時では、浮力が大きく、浮心重心間距離が大きいことから、重心を回転中心とするトルクが大きくなり、下肢が沈んで、水中牽引時抵抗が大きくなったことが要因の一つとして考えられた。一方で、最大呼気時では、浮力が小さく、浮心重心間距離も小さいが、身体全体が水中のより深いところに沈んだことによって水中牽引時抵抗が大きくなったことが推察された。また、抵抗最小時の浮心重心間距離は、中性浮力時より短かった (図 5 参照)。

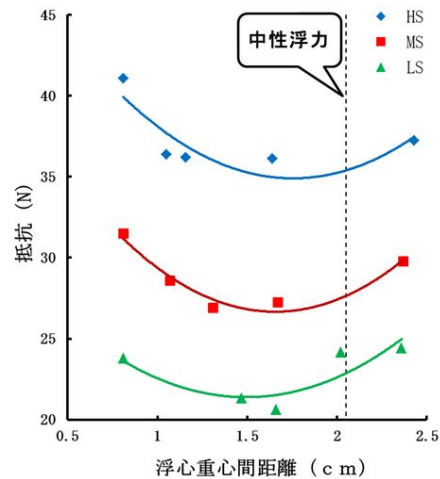


図 5 浮心重心間距離と牽引時抵抗の関係

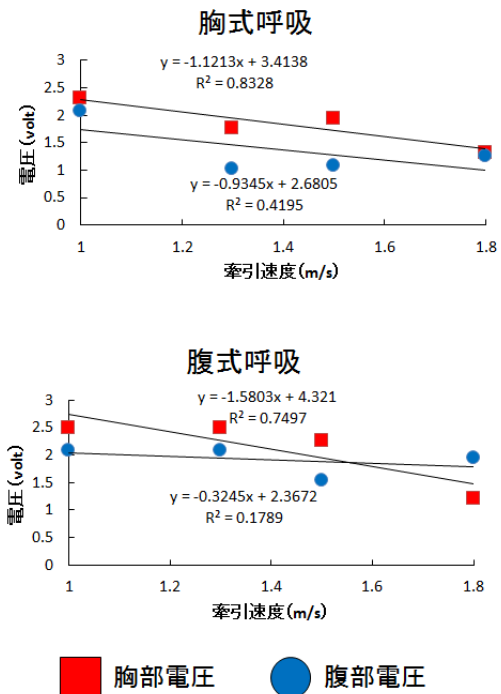


図 6 呼吸様式と胸部・腹部電圧の変化

(3) 呼吸様式の違いと牽引時抵抗関係

対象者それぞれに腹式呼吸と胸式呼吸の2条件で水中牽引時抵抗を測定したところ、各部位の電圧差から周径変化に特徴が見られた。このことから、ヒトはストリームライン姿勢状態でも、呼吸様式を切り替えることが可能であることが明らかとなった(図6参照)。また、腹式呼吸は胸式呼吸よりも肺換気量は増加させ、水中牽引時抵抗の低減することが示された(図7参照)。

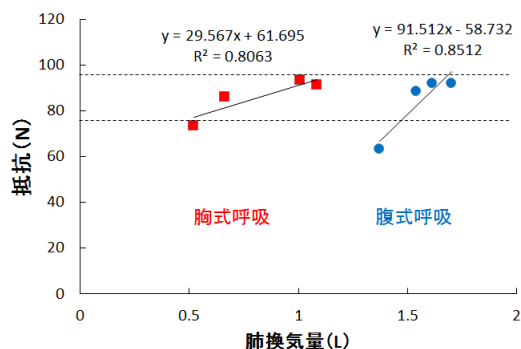


図7 呼吸様式の違いと牽引時抵抗の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2件)

渡邊泰典、若吉浩二、浮力・浮心重心間距離が水中牽引時抵抗に及ぼす影響、日本コーチング学会第28回大会兼第10回日本体育学会体育方法専門領域研究会、査読無、2017、p. 34.

渡邊泰典、森翼、若吉浩二、大学女子水球選手の移動手段別にみた牽引泳によるパワー評価法の検討、2016年日本水泳・水中運動学会年次大会論文集、査読無、2016、pp. 100-101

[学会発表](計 2件)

渡邊泰典、若吉浩二、浮力・浮心重心間距離が水中牽引時抵抗に及ぼす影響、日本コーチング学会第28回大会兼第10回日本体育学会体育方法専門領域研究会、2017/03/22、早稲田大学東伏見キャンパス(東京都・西東京市).

渡邊泰典、森翼、若吉浩二、大学女子水球選手の移動手段別にみた牽引泳によるパワー評価法の検討、2016年日本水泳・水中運動学会年次大会、2016/10/16、国立スポーツ科学センター(東京都・北区).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 泰典 (WATANABE Yasunoi)

仙台大学・体育学部・講師

研究者番号：50638418

(2) 研究分担者

若吉 浩二 (WAKAYOSHI Kohji)

大阪経済大学・人間科学部・教授

研究者番号：30191729

野村 照夫 (NOMURA Teruo)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：60189438