

競泳選手の陸上における有酸素トレーニング実施時機 が最大酸素摂取量に及ぼす影響

The effect of timing of aerobic dry round exercise on
maximal oxygen uptake in competitive swimmers

林 享¹ 草薙 健太²

Akira HAYASHI¹ Kenta KUSANAGI²

¹東海学園大学 スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科 ²中京大学 スポーツ科学部

¹Department of Sport and Health Science, School of Sport and Health Science,
Tokai Gakuen University

²School of Health and Sports Sciences, Chukyo University

キーワード：競泳選手、最大酸素摂取量、自転車、有酸素運動

Key words : competitive swimmers, maximal oxygen uptake, bicycle, aerobic

要約

本研究は、競泳選手における水中トレーニングの直前または、直後に持久的自転車トレーニングが、最大酸素摂取量の向上に関係があるか否か検討することを目的とした。被験者は大学水泳部に所属する競泳選手 23 名（男子 13 名、女子 10 名）であった。被験者は水中トレーニング直前に持久的自転車トレーニングを行ったグループ、水中トレーニング直後に持久的自転車トレーニングを行ったグループおよび、水中トレーニングのみで持久的自転車トレーニングを行わないコントロールグループの 3 つのグループに分けた。なお、最大酸素摂取量の測定は、5 週間のトレーニング期間の前後に最大酸素摂取量を測定した。その結果、水中トレーニング直後の持久的自転車トレーニンググループは、水中トレーニング直前グループおよびコントロールグループより有意に最大酸素摂取量が増加した ($p < 0.01$)。以上のことから、競泳選手における最大酸素摂取量を向上させる持久的自転車トレーニングのタイミングは、水中トレーニング直後に行うことがより効果的であることが考えられる。

Abstract

The aim of the present study was to examine how endurance cycling immediately before or after training in water affects the increase in maximal oxygen uptake in competitive swimmers. The subjects were 23 competitive swimmers who belong to the

University's swim team (13 men, 10 women). They were divided into 3 groups: one group who performed endurance cycling immediately before training in water, one group who performed endurance cycling immediately after training in water, and a control group who did not perform endurance cycling immediately before or after training in water. Maximal oxygen uptake was measured in the subjects before and after the 5-week-long training period. The group who performed endurance cycling immediately after training in water exhibited a significantly higher increase in maximal oxygen uptake than the group who cycled before training and the control group ($p < 0.01$). This suggests that endurance cycling to increase maximal oxygen uptake is best performed immediately after training in water.

1. 緒言

体力科学研究の歴史は、最大酸素摂取量の値が有酸素作業能力を評価する指標の一つとして確立したことを示唆した (Costill, 1967; 鎌田, 1956; Magel ら 1967; 山地, 2001)。特に、競泳選手の酸素需要量と泳速度との関係は、これまでにいくつかの研究がなされているが、それによると、酸素需要量は泳速度の 2~4 乗に比例して増加するとされている (阿久根, 1964; Karpovich ら, 1944; 荻田ら, 1998; 山岡, 1958)。また、Åstrand ら (1963) は、スウェーデン女子競泳選手を対象として、最大酸素選手量と競泳成績の間には高い相関があることを報告している。加えて、Åstrand ら (1963) は水泳記録から得点化された水泳能力と自由水泳による最大酸素摂取量との間には、高い相関 ($r=0.747$) があると報告した。また同様に、宮下 (1970) はオリンピック選手 (男 20 名、女 13 名) を対象に最大酸素摂取量と 100m 泳記録との間に男女それぞれに高い相関関係を報告した ($r=0.865$ と $r=0.892$)。以上のことから、競泳選手における最大酸素摂取量の向上は、パフォーマンス向上に密接な関係があると考えられる。

全身持久力は、これまで水中で泳ぐことによって向上を図ってきた。しかし、最近では、陸上において自転車エルゴメーターを使用し、有酸素トレーニングを計画的に処方する傾向がある。この内容は、全身持久力の向上を目的とした自転車エルゴメーターの利用による 30 分以上の持久的自転車運動が行われているということである。しかし、自転車エルゴメーターによる全身持久トレーニングをトレーニングプログラムに組み入れるのが効果的であるのかについて実証された研究は見当たらない。

以上のことから、本研究は競泳選手の有酸素的作業能力向上のための自転車エルゴメーターによる全身持久力トレーニングの時機、すなわち、水中トレーニングの直前もしくは直後の 2 種類の実施時機のケースについてコントロールグループと対比させトレーニング効果を検討した。

2. 方法

1) 被験者

被験者は、大学水泳部に所属する 18 歳から 21 歳の熟練された競泳選手 23 名（男子 13 名、女子 10 名）であった。また、被験者の身長、体重、体脂肪率および競技歴の各グループの平均値を表 1 に示した。加えて、実験トレーニング前の 1 週間に及ぶ練習休止期間を行って本実験参加しており、多少体力が低下した状態だったと考えられる。なお、全ての被験者には、実験の趣旨と内容および危険性の有無について事前に説明を行い、書面にて参加の同意を得た。

表 1 被験者の特徴

| | 身長(cm) | 体重(Kg) | 体脂肪率(%) | 競技歴(年) |
|---------------------------|-------------|------------|------------|------------|
| 水中トレーニング 直前グループ N=8 | 168.76±7.56 | 65.04±7.94 | 16.70±5.05 | 12.34±3.78 |
| 水中トレーニング 直後グループ N=8 | 165.51±8.27 | 62.61±7.23 | 17.96±5.05 | 15.43±4.32 |
| コントロール N=7 | 164.90±6.99 | 65.91±6.04 | 17.96±5.05 | 11.98±2.82 |
| 平均 | 166.46±7.51 | 64.24±6.94 | 17.51±5.20 | 13.52±3.77 |

(Mean ± S.D.)

2) 測定およびトレーニング計画

被験者は水中トレーニング直前（水中トレーニング開始の約 30 分前から）に持久的自転車トレーニング（自転車エルゴメーター：COMBI 製）を行うグループ 8 名（男子 5 名、女子 3 名）、水中トレーニング直後（約 30 分間）に持久自転車トレーニングを行うグループ 8 名（男子 4 名、女子 4 名）および、水中トレーニング直前および直後に持久手自転車トレーニングを行わないコントロールグループ 7 名（男子 4 名、女子 3 名）の 3 つのグループをランダムに分けた。そして、全ての被験者は、5 週間の実験トレーニング期間中の開始直前および終了後に自転車エルゴメーター（エアロバイク 2100U：COMBI 製）を用いて漸増負荷運動によって最大酸素摂取量の測定（ARCO-2000：アルコシステム製）を行った（図 1）。

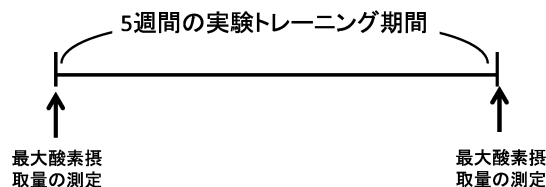


図 1 最大酸素摂取量の測定プロトコル

水中トレーニング直前に持久的自転車トレーニングを行うグループは5週間の実験トレーニング期間中の水中トレーニングの直前に自転車エルゴメーターを用いて130拍/分から140拍/分の範囲内で30分間の持久的トレーニングを行った。同様に、水中トレーニング直後に持久的自転車トレーニングを行うグループは、水中トレーニングの直後に自転車エルゴメーターを用いて130拍/分から140拍/分の範囲内で30分間の持久的トレーニングを行った。また、実験トレーニング期間中におけるコントロールグループは、持久的自転車トレーニングを行わなかった。なお、各グループのプロトコルを図2に示した。

| | 月曜日 | 火曜日 | 水曜日 | 木曜日 | 金曜日 | 土曜日 | 日曜日 |
|-----|---------------|-----------|-------------|-----------|---------------|-----------|-----|
| 午前中 | 水中 2時間 | 水中 2時間 | 水中 2時間 | 水中 2時間 | 水中 2時間 | 水中 2時間 | 休養 |
| 午後中 | W.T. 1.5時間 | 休養 | 水中 1.5時間 | 休養 | W.T. 1.5時間 | 休養 | |

水中: 水中トレーニング
 W.T.: ウェイトトレーニング
: 水中トレーニングの前または後に
 持久的自転車トレーニング

図2 週単位でのトレーニング計画例

水中トレーニングは、週6回行われ、一回当たりの練習時間は2時間であった(図3)。また、水中トレーニングでの泳距離は、4000mから6000mであり、運動強度は平均心拍数が130拍/分から150拍/分であった。なお、水中トレーニングにおけるトレーニング内容はMaglicol(1999)の方法を参考に行った。

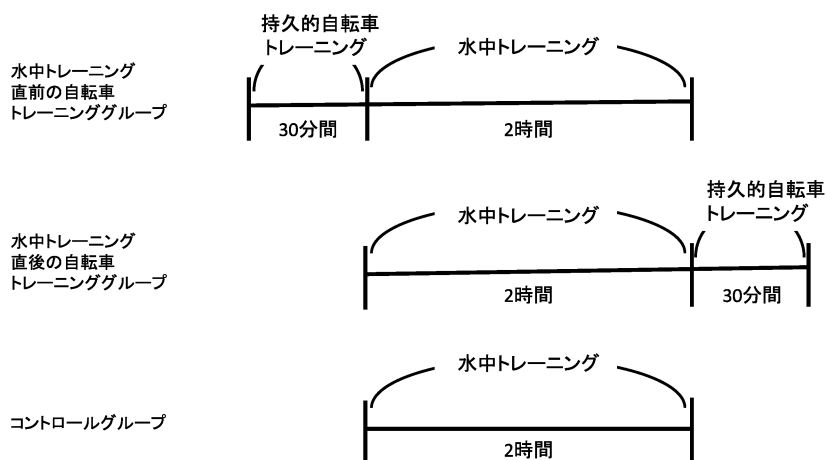


図3 各グループのトレーニングプロトコル

測定項目は、体重あたりの最大酸素摂取量、最大酸素摂取量の絶対値、体重、体脂肪率であった。また、体重および体脂肪率の測定は、体組成計(カラダスキャン HBF-215F: OMRO

N社製)用いて最大酸素摂取量測定の前に行った。

3) 統計分析

各測定結果の平均値の差の検定においては、3群で群間でのN数が異なるので、一元配置分散分析多重比較(Bonferroni)による群間検定を行った。なお、統計処理の有意水準は危険率5%未満とした。

3. 結果

1) 体重あたりの最大酸素摂取量

体重あたりの最大酸素摂取量において、5週間の実験トレーニング期間の各グループの変化を図4に示した。その結果、全てのグループで実験トレーニング後、体重あたりの最大酸素摂取量の増加がみられた。中でも、水中トレーニング直前および直後に持続的自転車トレーニングを行ったグループは、5週間の持続的自転車トレーニングによって、有意に体重あたりの最大酸素摂取量の増加がみられた($p < 0.01$)。また、水中トレーニングの直後の持続的自転車トレーニンググループは、直前の持続的自転車トレーニンググループおよびコントロールグループより、有意に体重あたりの最大酸素摂取量が高かった($p < 0.01$)。加えて、水中トレーニング直前の持続的自転車トレーニンググループは、コントロールグループより、有意に体重あたりの最大酸素摂取量が高かった($p < 0.01$)。

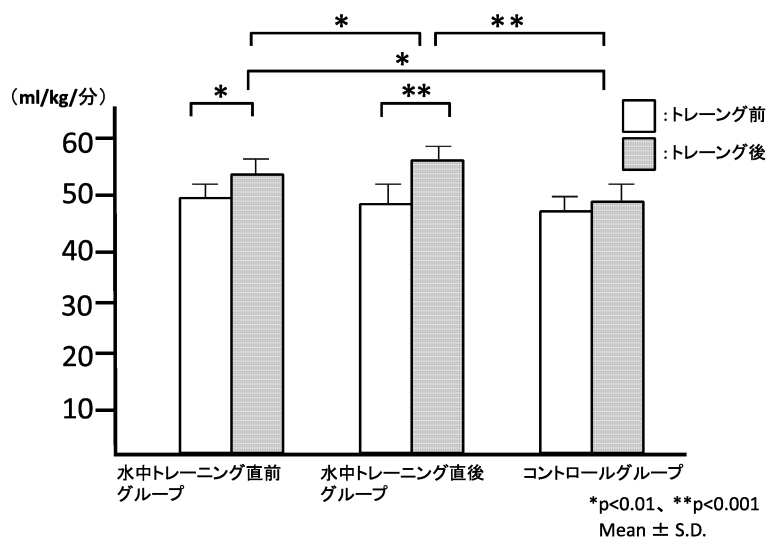


図4 体重あたりの最大酸素摂取量の変化

2) 最大酸素摂取量の絶対値

最大酸素摂取量の絶対値においては、5週間の実験トレーニング期間の各グループの変化を図

5に示した。結果、全てのグループで実験トレーニング後、最大酸素摂取量の絶対値の増加がみられた。その中でも、水中トレーニング直前および直後に持久的自転車トレーニングを行ったグループは、5週間の持久的自転車トレーニングによって、有意に最大酸素摂取量の絶対値の増加がみられた ($p<0.01$)。また、水中トレーニング直前および直後の持久的自転車トレーニンググループは、コントロールグループより、有意に最大酸素摂取量の絶対値が高かった ($p<0.01$)。しかし、水中トレーニング直前および直後の間には、最大酸素摂取量の絶対値においての有意な差はみられなかった。

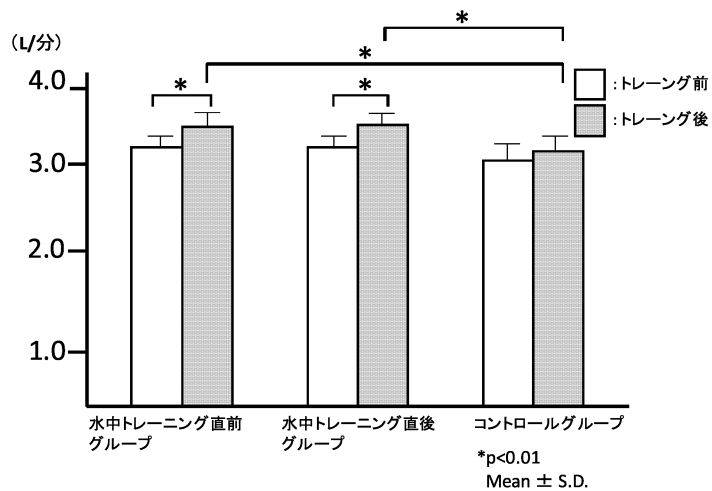


図5 最大酸素摂取量の絶対値の変化

3) 体重および体脂肪率の変化

体重および体脂肪率においては、5週間の実験トレーニング期間の各グループの変化を図6および図7に示した。結果、全てのグループ間において、有意な差はみられなかった。

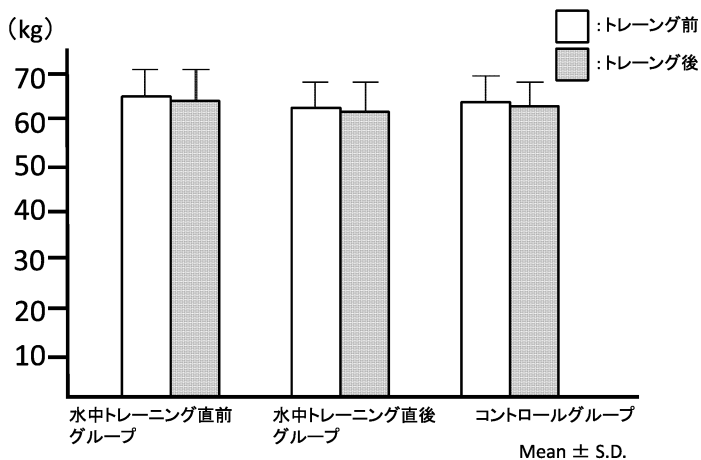


図6 トレーニング期間の体重の変化

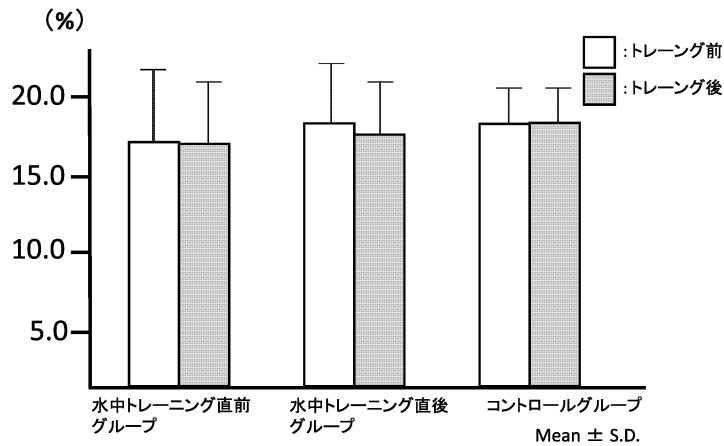


図7 トレーニング期間の体脂肪率の変化

4) トレーニング後におけるの諸測定項目の変化率

本研究における、実験トレーニング期間終了後の測定結果および実験トレーニング期間前と実験トレーニング期間後の変化率を表2に示した。結果、水中トレーニング直後の持久的自転車トレーニンググループは、体重あたり最大酸素摂取量および、最大酸素摂取量の絶対値の増加率において水中トレーニング直前および、コントロールグループより有意に高い値がみられた (p<0.01)。また、水中トレーニング直前の持久的自転車トレーニンググループは、体重あたり最大酸素摂取量および、最大酸素摂取量の絶対値の増加率においてコントロールグループより有意に高い値がみられた (p<0.01)。加えて水中トレーニング直後の持久的自転車トレーニンググループは、体脂肪率の減少率において水中トレーニング直前およびコントロールグループより有意に高い値がみられた (p<0.01)。なお、体重においては、全てのグループ間において有意な差はなかった。

表2 トレーニング後の測定結果および増加率

| | 体重 (Kg) | 体脂肪率 (%) | 最大酸素摂取量 絶対値 (L/分) | 最大酸素摂取量 体重あたり (ml/kg/分) |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 水中トレーニング 直前グループ N=8 | 64.14±7.82 (-1.41±0.13) | 16.58±5.06 (-0.72±0.13) | 3.51±0.21 (7.27±0.77) | 54.56±2.20 (8.47±0.88) |
| 水中トレーニング 直後グループ N=8 | 61.75±7.19 (-1.39±0.36) | 17.20±4.86 (-4.44±0.63) | 3.54±0.22 (13.79±1.21) | 57.28±2.16 (14.95±1.26) |
| コントロール N=7 | 65.19±5.83 (0.00±0.24) | 18.00±3.38 (-0.38±0.24) | 3.20±0.15 (3.59±0.53) | 49.29±3.56 (3.86±0.33) |

*p<0.01 Mean ± S.D. (増加率%)

4. 考察

本研究において問題として考えられるのは、グループ編成に男女が混合していることである。宮下（1970）は、最大酸素摂取量には男女差があると報告しているが、近年、Ekelund（2005）は、自転車エルゴメーターを用いた最大酸素摂取量の測定において男女混合のグループ間の比較を変化率で行っている研究報告もある。本研究も同様に各被験者間およびグループ間の変化率においても評価を行った（表2）。この結果から、水中トレーニング直後の持続的自転車トレーニンググループは、体重あたり最大酸素摂取量および、最大酸素摂取量の絶対値の増加率において水中トレーニング直前および、コントロールグループより有意に高い値がみられたこと（ $p<0.01$ ）、また、水中トレーニング直前の持続的自転車トレーニンググループは、体重あたり最大酸素摂取量および、最大酸素摂取量の絶対値の増加率においてコントロールグループより有意に高い値がみられたこと（ $p<0.01$ ）、さらに、体重および体脂肪率においては、全てのグループ間において有意な差がなかったこと、その結果を考えあわせると、男女混合のグループであるが、グループ間の差は妥当なものであると考えられる。

次に5週間の実験トレーニングの結果、全てのグループにおいて、体重あたりの最大酸素摂取量および最大酸素摂取量の絶対値の増加傾向がみられた。つまり、全身持久性向上のための自転車エルゴメータートレーニングを実施しなかったコントロールグループにおいても増加傾向がみられたことであり、このことについては、実験トレーニング前の1週間に及ぶ練習休止期間が大きく影響しているものと考えられる。しかしながら、体重あたり最大酸素摂取量の増加傾向を各グループ間で見れば、水中トレーニングの直後の持続的自転車トレーニンググループは水中トレーニングの直前の持続的自転車トレーニング、コントロールグループと比較して有意に増加していることが分かった（ $p<0.01$ ）。この差異については、自転車エルゴメータートレーニング前の4000mから6000mの中程度の負荷による水中トレーニングが影響を及ぼしていると考えられる。Maglicol（1999）は、水泳選手において、水中のトレーニング前の安静値における乳酸値は約0.5mmol/Lであり、水中トレーニング直後は1.0 mmol/Lから2.0 mmol/Lまで乳酸値が増加傾向があると報告しており、その結果を考えあわせると、水中トレーニング後の持続的自転車エルゴメータートレーニングは、水中トレーニング前の持続的自転車エルゴメータートレーニングより運動強度が高くなるため、トレーニング効果が表れたのではないかと考えられる。

一方、実験トレーニング後の最大酸素摂取量の絶対値において水中トレーニング直前および直後の自転車持続的トレーニンググループはそれぞれ、ほぼ同じ値であった（ 3.51 ± 0.21 L/分 および、 3.54 ± 0.22 L/分）。しかし、体重あたりの最大酸素摂取量でみると、水中トレーニング直後の持続的自転車トレーニングは、直前の持続的自転車トレーニングより、有意に体重あたりの最大酸素摂取量の値が大きかった（図4、 $p<0.01$ 、 54.56 ± 2.20 ml/kg/分 および、 57.28 ± 2.16 ml/kg/分）。この理由として考えられることは、水中トレーニングの直後に持続的トレーニング

グを行うことで、効果的に脂質代謝が行われ、体重および体脂肪率の減少に関係したと考えられる。

以上のことから、本研究によって、水中トレーニング直後の持久的自転車トレーニングは、最大酸素摂取量を増加だけでなく、体脂肪率の減少にも関係すると考えられる。

5. まとめ

本研究は、競泳選手における水中トレーニングの直前または、直後に持久的自転車トレーニングが、最大酸素摂取量の向上に関係があるか否か検討することを目的とした。その結果、水中トレーニング直後に持久的自転車トレーニングを行ったグループは、水中トレーニング直前に持久的自転車トレーニングを行ったグループおよび持久的自転車トレーニングを行わなかったコントロールグループより、有意に最大酸素摂取量の増加がみられた ($p < 0.01$)。以上のことから、全身持久力の指標である水泳選手の最大酸素摂取量向上には、水中トレーニングの直後に 30 分間程度の持久的自転車トレーニングの処方があると考えられる。

文献

- Åstrand, P.O., et al., 1963. Girl swimmers with special reference to respiratory and circulatory adaptation and gynaecological and psychiatric aspects. *Acta Paediatrica Sup* : 147.
- 阿久津邦男, 1964. 水泳のエネルギー代謝に関する研究 その 1 水泳スピードと酸素需要量の関係. *体力科学* 13 : 173-179.
- Costill, D.L., 1974. The relationship between selected physiological variables and distance running performance. *J Sports Med and Phys Fit* 7 : 187-196.
- Ekelund, U., 2005. Physical activity energy expenditure predicts progression toward the metabolic syndrome independently of aerobic fitness in middle-aged healthy Caucasians: the Medical Research Council Ely Study. *Diabetes Care* 28 : 1195-200.
- Hill, A.V., Lupton, H., 1923. Muscular exercise, laid, and the supply and utilization of oxygen. *Quatr J Med* 16 : 135-171.
- Ishiko, T., 1987. Aerobic capacity and external criteria of performance. *Canad Med Ass J* 96 : 746-750.
- 鎌田善雄, 1956. 最大酸素債と疾走能力との関係について. *体力科学* 5 : 176-79.
- Karpovch, P.V., Millman, N., 1944. Energy expenditure in swimming. *Am J Physiol* 142 : 140-144.
- Katch, V., Heygen, F.M., 1982. Prediction of running performance from maximal oxygen debt and intake. *Medicine and Science in Sports* 4 : 187-191.
- Magel, J.R., Faulkner, J.A. 1967. Maximal oxygen uptake of college swimmers. *J Appl Physiol* 22 : 929-933.
- Magel, J.R., Foglia, G.F., McArdle, W.D., Gutin, B., Pechar, G.S., Katch, F.I., 1975. Specificity of

- swim training on maximal oxygen uptake. J Appl Physiol 38 : 151-155.
- Maglicol EW 著, 野村武男, 田口正公 監訳, 1999. スイミング・イーブン・ファースター. ベースボール・マガジン社 154-198.
- 荻田 太, 1998. 超最大強度におけるブル、キック、スイム中の代謝特性. 水泳水中運動科学 1 : 13-18.
- 宮下充正, 1970. 水泳の科学. 杏林書院 : 136-142.
- 山岡誠一, 1958. 遊泳スピードと酸素需要量の関係—スポーツのエネルギー代謝に関する研究第9報— 体育学研究 3 : 42-47.
- 山地啓司, 2001. 改訂 最大酸素摂取量の科学・杏林書院.