

【研究資料】

男子水球競技選手の競技レベルの違いによる基礎体力、 泳パフォーマンス及び血中乳酸動態の比較

黄 仁官¹⁾, 小林 哲郎¹⁾, 大本 洋嗣²⁾

¹⁾ 日本体育大学運動処方研究室

²⁾ 日本体育大学水泳研究室

Comparison of basic physical strength, swimming performance and blood lactate kinetics due to differences in competition level among male water polo players

Inkwan HWANG, Tetsuro KOBAYASHI and Yoji OMOTO

Abstract: The purpose of this study was to compare basic physical strength, swimming performance and blood lactate kinetics between male national level and college level water polo players. 5 male national level (NL) and 7 college level (CL) water polo players were participated in this study. Body composition (Inbody430), basic physical strength (grip strength, back strength, standing long jump, sit-up, side step, sit and reach and middle power) and swimming performance (50 m maximum swimming test) were tested. Blood lactate concentration (BLC) at after middle power test and swimming performance test was also measured. Grip strength, back strength, standing long jump, sit and reach, middle power and swimming performance were significant higher in NL than in CL, as well as BLC at both after middle power test and swimming performance test was higher in NL than in CL. However, experience of competition and body composition were no significant differences in both groups. It was suggested that improving basic physical strength based on swimming performance and playing performance is important for Japanese water polo players.

要旨: 本研究の目的は、男子水球国内代表級選手と大学級選手における基礎体力、泳パフォーマンス及びその時の血中乳酸動態を比較することであった。男子水球国内代表級選手5名(NL群)及び大学級選手7名(CL群)が本研究に参加した。体組成、基礎体力(握力、背筋力、立ち幅跳び、上体起こし、反復横跳び、長座体前屈及びミドルパワー)及び泳パフォーマンス(50m全力泳テスト)を測定した。ミドルパワーテスト及び泳パフォーマンステスト後の血中乳酸濃度についても測定した。握力、背筋力、立ち幅跳び、長座体前屈、ミドルパワー及び泳パフォーマンスに限らず、ミドルパワーテスト及び泳パフォーマンステスト後の血中乳酸濃度についてもNL群がCL群よりも有意な高値を示した。しかしながら、両群間における競技歴や体組成には有意な差が認められなかった。以上のことから、泳パフォーマンスやプレーパフォーマンスの基盤となる基礎体力を改善することが日本人水球競技選手にとって重要であることが示唆された。

(Received: 17 October, 2018 Accepted: 21 January, 2019)

Key words: male water polo players, basic physical strength, blood lactate kinetics

キーワード: 男子水球選手, 身体能力, 血中乳酸動態

1. 緒 言

水球競技は、1チーム7名のプレーヤー(ゴールキーパー1名、フィールドプレーヤー6名)が水深1.8m以上あるプールに設置された、縦30m、横20mの

フィールドで得点を競い合う球技である。選手は試合中、プール底に足をついてプレーすることは許されず、泳ぎや巻足(立ち泳ぎ)、スカーリングという技術を用いてフィールドを移動し、ゴールキーパーを除くプレーヤーは片手でのみボールを扱うことができるという

特徴を有する¹⁾。

一般に各種競技は、個人競技（記録競技）、対人競技、団体競技に大きく分類することができる。いずれにおいてもその種目を問わず、アスリートにとって目標とする大会での最高パフォーマンスを発揮することは非常に重要なことであるが、容易なことではない。チームや個人が試合で最高のパフォーマンスを発揮することは様々な要素が組み合わされることで可能になるものと考えられる。競技力向上を目的としたこれまでの研究についてみると、ピーキングやテーパリング等のコンディショニングに関する報告²⁻⁵⁾、記録競技、対人競技及び団体競技などの研究報告では、その殆どが動作・心理・ルール分析が主流であり、いずれにしても、各競技種目に特化したトレーニングの必要性和重要性を報じている⁶⁻¹⁰⁾。その中でも水球競技は、陸上で行われる団体（球技）競技等と比較すると、より高い全身持久力とパワーの維持力を要求されると予想されるが、他の競技に比べてポジションやチーム全体に要求される体力的特徴やトレーニング手法は具体化されていないのが現状である。

そこで、本研究では、水球競技を専門とする代表級選手と大学級選手を対象に競技能力の違いによる基礎体力及び泳パフォーマンス、その時の血中乳酸濃度との関連性を検討し、水球競技選手に必要とされる体力的側面について検討した。

II. 方 法

1. 対象

対象者は、N 体育大学の水泳部に所属し、水球競技を専門とする男子水球レギュラー選手12名とした。そのうち日本代表選手5名を代表レベル選手群(National Level Group, 以下 NL 群)、それ以外の7名を大学レベル選手群 (College Level Group, 以下 CL 群) として群分けした。対象者の身体的特徴は Table 1 に示した。なお、対象者の競技歴、身体的特徴には有意な差は認められなかった。

対象者には、事前に本研究の主旨と調査期間・測定内容、得られたデータの利用目的等について十分に説明し、インフォームド・コンセントを得てから実験を

開始した。なお、本研究における個人情報保護及び倫理的配慮については、日本体育大学倫理審査委員会の承認を得たものである（承認番号：第 010-H09 号）。

2. 実験設定

実験測定は、シーズン OFF の鍛錬期に2日間に渡り全対象者同日に実施した。1日目には、身体組成測定、基礎体力測定（握力、背筋力、上体起こし、立ち幅跳び、反復横跳び、長座体前屈及び30秒間全力ペダリング）を実施し、2日目には、泳パフォーマンス測定を実施した。

3. 測定・分析方法

対象者の身体組成は、身長、体重、体脂肪率（以下 %Fat）、除脂肪体重（LBM）を指標として用いた。体重、%Fat、LBM については、部位別直接多周波数測定法（InBody430, Biospace 社製）にて測定した。

筋力測定として、各対象者に等尺性最大筋力（握力、背筋力）の測定を実施した。測定は、いずれもデジタル筋力計（竹井機器社製）を用いてそれぞれ2回実施し（握力は左右それぞれ2回）、高い値を採用した。その他に、筋持久力（30秒間上体起こし）、下肢のパワー（立ち幅跳び）、敏捷性（反復横跳び）、柔軟性（長座体前屈）測定をそれぞれ行った。なお、これらの測定方法については、新・日本人の体力標準値2000の方法¹¹⁾に従い実施した。

ミドルパワーの測定は、パワーマックス V II（コンビ社製）を用い、下肢による30秒間全力ペダリングの運動様式にて実施した。負荷強度は各対象者の体重の5%に設定した。パワーマックス V II に発揮されたパワー値は、パワーマックス V II に装着した専用接続ケーブルからパーソナルコンピューターに取り込み、POWERMAX-V II データ収集プログラム I（コンビ社製）を用いて30秒間の平均パワーを求め、その値を各対象者のミドルパワー値とした。なお、終了直後には、血中乳酸濃度測定のため、指先より血液サンプルを採取した。

泳パフォーマンス測定は、最大努力での50m、5回連続（間休息1分）クロール泳を屋外50mプールに

Table 1 Physical characteristics of the subjects.

	National level (n=5)	College level (n=7)
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
Age (yr)	19.8 ± 0.8	19.7 ± 1.5
Experience of competition (yrs.)	9.6 ± 2.9	8.6 ± 2.0
Height (cm)	177.8 ± 9.8	178.4 ± 5.4
Weight (kg)	78.1 ± 12.6	78.9 ± 7.1
Lean body mass (kg)	66.9 ± 8.8	67.8 ± 5.4
%Fat (%)	13.9 ± 3.8	14.0 ± 3.7

て実施した。泳パフォーマンスは泳タイムとし、タイム計測はストップウォッチにて手動計時した。各試技の終了直後には血中乳酸濃度測定の為、指先より血液サンプルを採取した。

血液サンプルは、採血キャピラリー (20 µl) で採取後、直ちにサンプル容器に投入し、分析を行うまで冷蔵保存した。分析は、血中乳酸及び血糖測定装置 (BIOSEN C-line, EKF-diagnostic 社製) を用いて 3 回実施し、その平均値を血中乳酸濃度とした。

4. 統計処理

全ての値は、平均値±標準偏差で示した。NL 群と CL 群における各測定項目の比較には対応のない t 検定を用いた。なお、泳パフォーマンス測定における本数毎の泳タイムと血中乳酸濃度との関係を示すために、ピアソンの相関係数を用いた。いずれの統計処理においても分析ソフト SPSS (version 11) を用い、危険率 5% 未満をもって有意水準とした。

III. 結 果

1. 基礎体力の比較

筋力についてみると、体重当たりの握力では、NL 群 (0.70±0.06 kg/BW) は CL 群 (0.61±0.07 kg/BW) と比較して有意に高い値を示し (p<0.05)、体重当たりの背筋力においても NL 群 (2.60±0.34 kg/BW) は CL 群 (2.04±0.19 kg/BW) に比べて有意に高い値を示し

た (p<0.01)。立ち幅跳び (NL 群:243.6±5.1 cm, CL 群 236.0±4.3 cm) と長座体前屈 (NL 群:54.7±6.8 cm, CL 群 45.2±7.2 cm) では、いずれも NL 群は CL 群と比較して有意に高い値を示した (いずれも p<0.05)。体重当たりのミドルパワーとその測定直後の血中乳酸濃度についてみると、ミドルパワーでは、NL 群 (8.1±0.6 Watt/BW) は CL 群 (6.9±0.4 Watt/BW) に比べて有意に高い値を示し (p<0.05)、血中乳酸濃度においても NL 群 (10.2±1.0 mmol/L) は CL 群 (7.3±0.6 mmol/L) に比べて有意に高い値を示した (p<0.01)。上体起こし (NL 群:38.8±3.6 回, CL 群 38.0±5.3 回) 及び反復横跳び (NL 群:52.6±3.4 回, CL 群 50.7±4.8 回) においては、NL 群が CL 群に比べて高い値を示すものの統計学的に有意な差は認められなかった (Table 2)。

2. 泳パフォーマンス及び測定時血中乳酸濃度変化の比較

50 m 泳タイムについてみると、NL 群 (1 本目:28.36±0.69 sec, 2 本目:28.85±0.78 sec, 3 本目:29.14±0.76 sec, 4 本目:29.58±0.76 sec, 5 本目:29.60±0.51 sec) は CL 群 (1 本目:31.09±0.76 sec, 2 本目:31.43±0.79 sec, 3 本目:31.77±1.00 sec, 4 本目:32.53±1.27 sec, 5 本目:33.04±1.14 sec) と比較して 1 本目から 5 本目まで、いずれも有意に低い値を示した (いずれも p<0.01) (Fig. 1)。

Table 2 Comparison in physical capacity of the national level group and college level group.

	National level (n=5)	College level (n=7)
	Mean ± S.D.	Mean ± S.D.
Grip strength (kg/BW)	0.70 ± 0.06*	0.61 ± 0.07
Back strength (kg/BW)	2.60 ± 0.34**	2.04 ± 0.19
Standing long jump (cm)	243.6 ± 8.1*	236.1 ± 4.3
Sit-up (N/30 sec)	38.8 ± 3.6	38.0 ± 5.3
Side step (N/20 sec)	52.6 ± 3.4	50.7 ± 4.8
Sit and reach (cm)	54.7 ± 6.8*	45.2 ± 12.2
Middle power (W/BW)	8.1 ± 0.6*	6.8 ± 0.8
BLC after middle power (mmol/L)	10.2 ± 1.0**	7.3 ± 0.6

*: p<0.05, **: p<0.01: National level group vs College level group
BLC: Blood lactate concentration

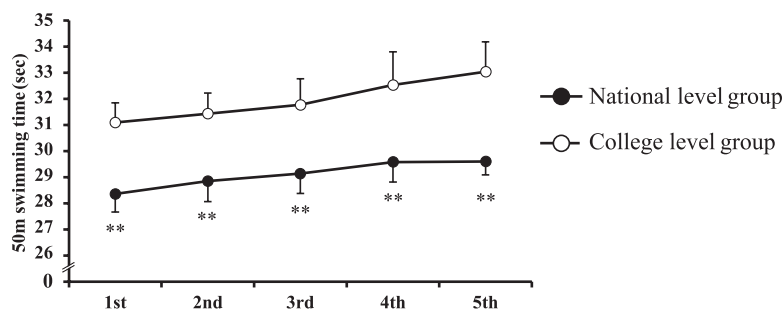


Fig. 1 Change in time of 50 m maximum swimming. **: p<0.01: National level group vs College level group.

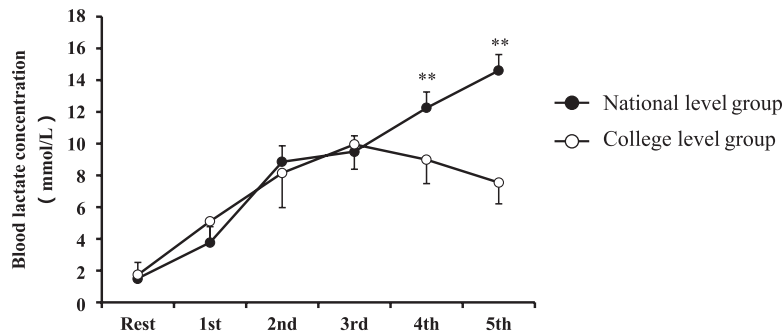


Fig. 2 Change of Blood lactate concentration at the time of 50 m maximum swimming in each set.

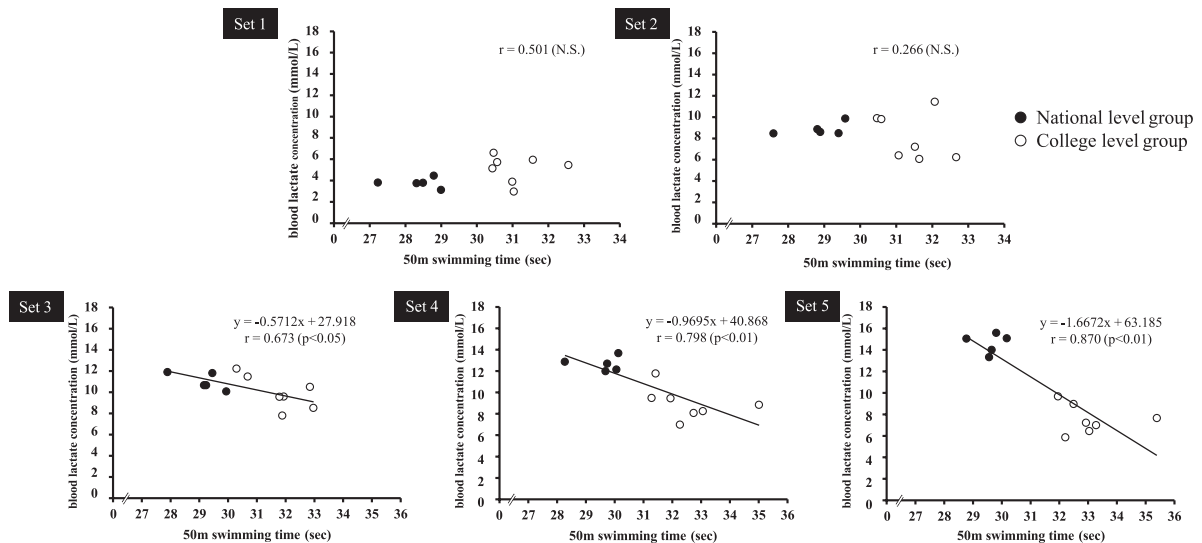


Fig. 3 Relationship between record of 50 m maximum swimming and blood lactate concentration (rest between sets is 1 minute).

両群の50 m最大努力泳の5回実施時における血中乳酸濃度の変化についてみると、NL群（1本目：3.77 ± 0.47 mmol/L，2本目：8.86 ± 0.58 mmol/L，3本目：9.49 ± 0.79 mmol/L，4本目：12.25 ± 0.67 mmol/L，5本目：14.61 ± 0.91 mmol/L）では、1本目以後上昇し始め、実施回数を重ねる毎に血中乳酸濃度の上昇がみられ、5本目に最高値を示した。一方、CL群（1本目：5.10 ± 1.26 mmol/L，2本目：8.15 ± 2.18 mmol/L，3本目：9.95 ± 1.57 mmol/L，4本目：8.98 ± 1.51 mmol/L，5本目：7.55 ± 1.35 mmol/L）においては、3本目までは上昇するが、それ以後は低値を示した。なお、両群の血中乳酸濃度を比較すると、3本目までは両群間に有意な差はみられなかったが、4本目と5本目においてはいずれもNL群はCL群と比較して有意に高い値を示した（いずれも $p < 0.01$ ）（Fig. 2）。

3. 50 m 最大努力泳と血中乳酸濃度との関係

全対象者の泳パフォーマンス測定における本数毎の泳タイムと血中乳酸濃度との相関関係についてみると、1本目と2本目では両者間に有意な相関関係は認

められなかった。しかし、3本目（ $r = 0.673$, $p < 0.05$ ）以後（4本目： $r = 0.798$, $p < 0.01$, 5本目： $r = 0.870$, $p < 0.01$ ）本数を重ねる毎に高い r 値を示し、いずれにおいても泳タイムが早いほど血中乳酸濃度が高いという有意な負の相関関係が認められた（Fig. 3）。

IV. 考 察

本研究は、水球競技を専門とする代表級選手と大学級選手を対象に競技能力の違いによる基礎体力及び泳パフォーマンスとその時の血中乳酸濃度との関連性を検討し、水球競技選手に必要なとされる体力的側面について検討することを目的とした。

各種競技における体力や血中乳酸濃度について調べた研究をみても、世界トップのスピードスケート短距離選手や、日本トップの競泳短距離選手においてその競技能力を高めるために乳酸性トレーニングにより最大血中乳酸濃度が25 mmol/Lまで上昇したと報じている¹²⁾。さらに、大西ら¹³⁾は、400 m走の記録とピーク血中乳酸濃度との間に高い相関関係がみられたとし、特に乳酸系によるエネルギー供給が主となる競

技種目においては、競技能力の高い選手ほどピーク血中乳酸濃度が高いとしている。Hwang et al.¹⁴⁾は、陸上競技の十種競技を専門とする男子大学選手と日本選手権優勝者を対象に最大筋力、最大パワー、ミドルパワーや血中乳酸濃度と競技パフォーマンスとの関連性を検討したところ、競技能力が優れている選手ほど最大パワーや特にミドルパワー発揮及びその際の血中乳酸濃度が高く、トップ選手はさらに高値を示していることから、競技の特性上、体格的要素も関連性は高いが、競技パフォーマンス向上のためには乳酸性作業能力が最も重要であるとしている。また、上田ら¹⁵⁾によると、陸上競技の400 mを専門とする競技者を対象に、競技能力と上肢と下肢による30秒間の全力ベダリングを行った結果、競技記録の良い選手ほど、乳酸性パワー値とピーク血中乳酸濃度において、上肢と下肢との間に有意な相関関係が認められたとし、競技力向上のためには、乳酸性作業能力の向上が要求されるとしている。

本研究の結果は、基礎体力（握力・背筋力・立ち幅跳び・長座体前屈・ミドルパワー）及び50 m泳パフォーマンスにおいて、NL群はCL群と比較して顕著に優れているものであった。さらに、ミドルパワー測定時の血中乳酸濃度や、50 m泳パフォーマンス測定時（50 m最大努力でのクロール泳5回実施）の血中乳酸濃度の変動のいずれにおいてもNL群はCL群と比較して有意に高い値を示した。これらは、特にミドルパワーを必要とする競技種目において競技能力の高い選手の場合、身体能力が高く、乳酸性作業能力が高いことを示すこれまでの関連研究報告¹²⁻¹⁵⁾を支持するものである。水球競技は、短い休息でダッシュを繰り返すことが要求されることや、全選手における1試合での平均出場時間（各ピリオドのインターバルを除く競技時間）が40分を超えると報告されている¹⁶⁾。そのため、瞬発力及び持久力双方の資質を要する必要があるものと考えられ、本研究におけるより高いパフォーマンスを発揮する代表級選手においてより高い基礎体力（握力・背筋力・立ち幅跳び・長座体前屈・ミドルパワー）、泳パフォーマンス及び血中乳酸濃度を示したものと考えられる。

以上のことから、代表級選手が大学級選手と比較して基礎体力及び泳パフォーマンス、更には血中乳酸濃度においても有意に高値を示したことや、体組成や競技歴に差がなかったことを考慮すれば、少なからず日本人同士のプレーパフォーマンスは泳力やその維持力、そしてそれらの基盤となる基礎体力の向上が重要であるものと推考される。

V. ま と め

本研究は、水球競技能力（ボールスキルを含む）の差異があると予想される代表級選手と大学級選手間で、基礎体力及び泳パフォーマンス、その時の血中乳酸濃度との関連性を検討し、水球競技選手に必要とされる体力的側面について検討した。その結果、代表級選手は大学級選手と比較して基礎体力及び泳パフォーマンス、更には血中乳酸濃度においても有意に高値を示した。一方で、体組成や競技歴に差異はみられなかった。以上の結果より、日本人同士のプレーパフォーマンスは泳力やその維持力、そしてそれらの基盤となる基礎体力の向上が重要であることが示唆された。

しかしながら、今回の結果は、横断的側面の比較であることから、現時点でのトレーニングプログラムの作成に直接利用することは難しいことも事実である。したがって、今後更なる実験・計測・調査を行い縦断的要素と実践的要素をさらに追及し、水球競技のパフォーマンス向上を目的としたトレーニングプログラムの確立を目指す。

VI. 文 献

- 1) 公益財団法人日本水泳連盟, 水球競技ハンドブック, 第8版, 株式会社API, 東京, 2015.
- 2) 石井源信: ピーキングの心理. 体育の科学, 52(7): 508-514, 2002.
- 3) 黄仁官, 別府健至, 山木俊彦, 水野増彦, 石井隆士, 上田大, 山田保: 大学駅伝ランナーの年間における各時期別の走行距離とクリアチンホスホキナーゼ(CPK)との関係について. NITTAI Sports Training Journal, 6: 7-14, 2009.
- 4) 黄仁官, 別府健至, 原健介, 山木俊彦, 杉本昇三, 水野増彦, 小林史明, 福島裕之, 向本敬洋, 石井隆士: 大学男子駅伝チームにおける競技力向上を目的としたトレーニングサポート活動に関する報告—2012年シーズン—. 日本体育大学紀要, 43(2): 45-55, 2014.
- 5) 別府健至, 黄仁官: 大学駅伝ランナーの年間トレーニングにおける各時期別の血液検査項目の動態. 日本体育大学スポーツ科学研究, 2: 58-65, 2013.
- 6) 大田穂, 木塚朝博: ソフトボールにおける状況判断を伴う捕送球技能の評価. 体育学研究, 59: 17-28, 2014.
- 7) 藤田将弘, 谷釜尋徳: バasketボールにおけるパッシング・ゲームの特徴について—プレーの原則に着目して—. 運動とスポーツの科学, 18(1): 125-139, 2012.
- 8) 下門洋文, 仙石泰雄, 椿本昇三, 高木英樹: 屋内プールおよび回流水槽におけるドルフィンキック泳のキネマティクスと競泳泳者が抱く身体感覚. 体育学研究, 59: 237-249, 2014.
- 9) 山口豊, 久保田辰政: テニスプレー課題へのユニバーサル心理支援について. 運動とスポーツの科学, 18(1): 105-110, 2012.

- 10) 船木浩斗, 會田宏: ハンドボール競技のセットディフェンスにおける1対1のプレー方法に関する研究. 体育科学研究, 59: 329-343, 2014.
- 11) 東京都立大学体力標準値研究会編: 新・日本人の体力標準値. (株) 不昧堂出版. 東京. 2000.
- 12) 根本勇, 入澤孝一, David, J. Smith: 血中乳酸濃度をモニタリングしてのスピードスケート滑走トレーニング処方. 日本体育協会スポーツ科学研究報告書, 3: 402-408, 1990.
- 13) 大西崇仁, 水野増彦, 中川一紀, 江田茂行, 上田大, 植木貴頼, 黄仁官, 堀居昭: 陸上400m走の記録向上を目的としたインターバルトレーニング内容の検討—血中乳酸濃度を指標として—. 日本体育大学紀要, 27(2): 259-267, 1998.
- 14) Hwang, IK., Ueda, D., Horii, A.: Relationship between anaerobic capacity and athletic performance in decathlon players. J. Physical Fitness, Nutrition and Immunology, 14(2): 80-86, 2004.
- 15) 上田大, 黄仁官, 山田保, 堀居昭: 上肢及び下肢の乳酸性作業能力が陸上競技400mのパフォーマンスに及ぼす影響. 運動とスポーツの科学, 12(1): 25-33, 2006.
- 16) 清水信貴, 高木英樹: 水球競技におけるルール改正に伴うゲーム構成の変化に関する研究. Japanese Journal of Sciences in Swimming and Water Exercise, 10(2): 38-43, 2007.

<連絡先>

著者名: 黄 仁官

住 所: 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町 1221-1

所 属: 日本体育大学運動処方研究室

E-mail アドレス: hwang@nittai.ac.jp