

## 2011年にFINA（国際水泳連盟）が承認した水着が 競泳におけるラクテートカーブテストに与える影響

### The influence of 2011 FINA-approved swimsuits on the lactate curve test in competitive swimmers

松本高明\*, 内藤祐子\*, 橋本恵一\*\*\*, 佐野秀匡\*\*\*  
高橋雄介\*\*, 阿部太輔\*\*\*\*, 浅井泰詞\*\*\*\*, 和田壮生\*  
和田匡史\*\*\*, 井上大輔\*\*\*\*, 篠原一之\*\*\*\*\*

Takaaki MATSUMOTO\*, Yuko NAITO\*, Keiichi HASHIMOTO\*\*\*, Hidemasa Sano\*\*\*  
Yusuke TAKAHASHI\*\*, Daisuke ABE\*\*\*\*, Taishi ASAI\*\*\*\*, Masaki WADA\*  
Tadashi WADA\*, Daisuke INOUE\*\*\*\* and Kazuyuki SHINOHARA\*\*\*\*\*

#### ABSTRACT

**【Purpose】** The purpose of the research is to clarify the influence of FINA-approved swimsuits made in 2011 on the lactate curve test in competitive swimmers. **【Method】** 14 male Japanese Collegiate Student Championship participants were evaluated. These students were divided randomly into two groups. All of the participants performed their main practice routines of the same intensity for one week. Seven of the people wore swimming suits used in the Japan Intercollegiate championships and the remaining people wore four different preferred swimming suits made by different swimsuit makers (Arena: aquaforce one, Mizuno: GX, Asics: Topimpact, Speed: Lazer racer Elite), and all of the members did the lactate curve test in a 25m indoor pool authorized by the Japan Amateur Swimming Federation on the same day. After seven days, 14 people performed the main practice routines of the same intensity. Each one wore a different swimming suit, and did the 2nd lactate curve test. On the lactate curve test, all members performed a 200m free style swim four times each (+40 seconds of best time, +30 seconds, +20 seconds, maximal effort). The rest time for each time was considered to be 15 minutes, and immediately after swimming, the lactic acid and HR and computed velocity from the time required (m/second) were measured. The lactic acid was measured using Lactate pro® (Arclay company, Kyoto, JAPAN) by the CDD enzyme-electrode method. I described the lactate curve using analysis software MEQNET Lactate Manager® from the acquired value, and computed the velocity of lactic value at

\* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan UNIV.)

\*\* 中央大学工学部 (Faculty of Science and Engineering, CHUO UNIV.)

\*\*\* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate school sports system family, Kokushikan UNIV.)

\*\*\*\* 国士舘大学工学部 (School of Science and Engineering, Kokushikan UNIV.)

\*\*\*\*\* 東京慈恵会医科大学 (The Jikei University School of Medicine)

\*\*\*\*\* 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 (Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences)

4mmol. 【Results and Conclusions】 No difference was observed in swimming velocity, lactic acid values, and cardiac beat rates acquired from the lactic curve test between swimmers wearing different swimming suits used for the Japan Inter-collegiate Championships and the other swim suits which were chosen from among four items in maximum effort. Moreover, differences were not observed in swimming velocity in the lactic acid value of 4mmol/L, nor were differences observed in cardiac beat rates. Furthermore, the same results were obtained also in comparison with the swimming suit made by Arena which the contestants preferred most and other swimming suits. It is thought that the justification of the regulations regarding swimming suits designated by the International Amateur Swimming Federation defined is proven.

*Key words; competitive swimming, lactic acid, Fina-approved swimsuits*

## はじめに

2008年に開催された北京オリンピックでは、競泳で使用される水着のメーカーによる性能の違いについて論じられる機会が多かった。この年までは、FINA（国際水泳連盟）が水着を承認認可するというシステムはなかった。

このような、2008年に登場した水着は、高速水着といわれる。水着による身体に対する影響を調査した報告では、Chatardによるウェットスーツに関する報告<sup>1)</sup>や、富樫らの報告があり<sup>2)</sup>、水着の素材や形状により浮力や抵抗が異なることが指摘されている。競泳水着に関してもシドニーオリンピックで話題になったサメの皮膚を模したとされるFastskinに対する報告<sup>3) 4)</sup>、水着の素材やサイズについての報告<sup>5) 6)</sup>、水着による抵抗に関する報告<sup>7) 8)</sup>がある。このように水着

の性能による差に関する報告は散見されるものの、2008年に登場した高速水着に関する性能についての生理学的な検討は少なく、我々は、高速水着は、従来の水着と性能に差があることを報告してきた<sup>9) 13)</sup>。

更に、2009年にローマで開催された世界選手権において新たな水着開発に関する話題が世界中のメディアで取り上げられ、新たな水着メーカーが台頭するなど、選手の記録が、水着の性能により左右されることに対する危惧についても議論さ



図1 英国スピード社製レーザーレーザー® (LZR)  
左：2008年北京オリンピックで使用されたモデル  
中：2011年のFINA承認モデル レザーレーザーエリート  
右：FINA承認水着を証明する水着に貼付される証

れるようになった。国際水泳連盟（FINA）は、2009年からFINAが公認する水着で出した記録のみが、世界記録として公認されるとし、以後水着が審査承認されることになり、承認された水着のみがFINA公認の大会で着用可能となり、承認された水着がFINAのホームページ（HP）で公開されることとなった<sup>10)</sup>。日本においても、財）日本水泳連盟による競技会はこのFINA承認水着の着用を義務つけることとなった。Jean-Claudeによれば<sup>3)</sup>上半身を覆う水着と下半身を覆う水着では、その性能に差がみられると報告しており、実際、国際水泳連盟は2010年4月より、織物以外の水着を一切禁止し、男性はへそ下かつ膝関節の上までのスパッツタイプの事前承認を受けた水着の試合での着用を義務化することになった。この、承認の基準は毎年更新されている。2011年の基準は更に、織物素材にコーティングを行うといった二次加工の禁止や、表面に抵抗を減じるような素材の貼り付けが禁止され、従来制限されなかったチーム名称の水着表面へのマーキングに対しても、水着メーカーのロゴも含め表面積を20cm<sup>2</sup>以内とするなど、水着による競技力の差を生まないようなさらなる規準の強化がなされた。その結果1社のみならず嗜好が偏るといった現象は少なくなり、選手は水着のブランドイメージや着易さや着心地などを判断基準にして水着を選ぶようになり、競技会で着用する水着のメーカーの偏りは減少した。このような水着の規制の実施により、世界記録、日本記録の更新が一時止まる傾向にあったが、オリンピックイヤー前年の2011年に上海

で開催された世界水泳2011では、世界記録が打ち立てられたり、日本開催の競技会でも日本記録の更新が見られるようになった。

このように、FINAの水着規制により水着の性能の差をコントロールしようとする試みがなされているものの、実際にFINA承認水着による性能の差が有るか無いかについての検証は筆者の検索した範囲内では報告されていない。そこで、今回われわれは、2011年FINA承認水着を用いたラクトートカーブテストからみた水着の性能の差を検討することを目的とした。

## 方 法

### I. 被験者

被験者は、日本学生選手権に出場経験のある男子自由形大学生競泳選手14名とした。これら被験者に対し、ヘルシンキ宣言に基づき、研究の目的、方法、手順について十分に説明し、書面にて同意を得た。選手には、研究の参加は自由で、途中で中止することも可能であることも説明した。研究の成果については、個人が特定されない方法で公表することにも同意を得た。

被験者の、身体的な特徴を表1に示す。

### II. 実験手順と測定項目

14名の被験者を7名ずつランダムに2つのグループに分け、測定1回目において7名は、日本学生選手権で着用した水着を着用し、別の7名はFINA承認水着の中から日本で使用されている類

表1 被験者の身体的特徴

(n)	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
14	20.0±1.0	172.5±12.5	69.0±11.0	22.8±3.0

Values are mean ± S.D.

度の高いトップアスリート向きの水着、アリーナのアクアフォースワン、ミズノのGX、アシックスのトップインパクト、スピードのレーザーレーサーエリートの中から着てみたい水着を1種類選択し、図4に示すプロトコルにてラクトートカーブテストを行った。次に7日間14名全員が同じ運動強度のメイン練習を各自の所有する水着でおこなった。最初の測定から8日目に、最初日本学生選手権にて着用した水着で測定を行った7名のグループが今度は着てみたい水着を選択し、残りの7名のグループが日本学生選手権で着用した水

着で2回目のラクトートカーブテストを行った。プール水温は両日もとも30℃であった。また、プールサイドの室温は両日もとも32℃、湿度は50%であった。選手が着用した水着の内訳を図2、3に示す。

ラクトートカーブテストは、若吉<sup>12)</sup>らの方法に準じ、200mを4回(1回目 個人のベストタイム+40秒、2回目 個人のベストタイム+30秒、3回目 個人のベストタイム+20秒、4回目 最大努力泳)自由形で泳ぎ実施した。一回ごとの休息時間は15分とし、安静時と、泳いだ直後に、

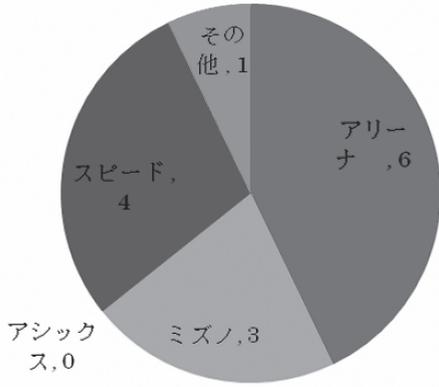


図2 14名の選手が日本学生選手権で着用した水着メーカー (その他は、ジャケド社の水着)

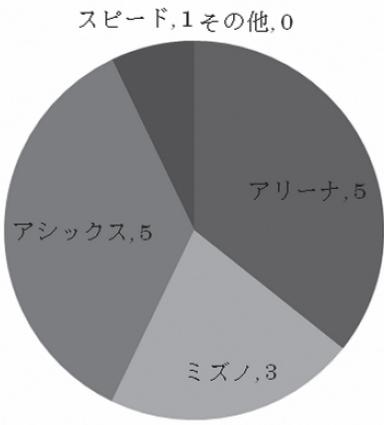


図3 14名が測定の際に選んだ日本学生選手権で着用した以外の水着のメーカー

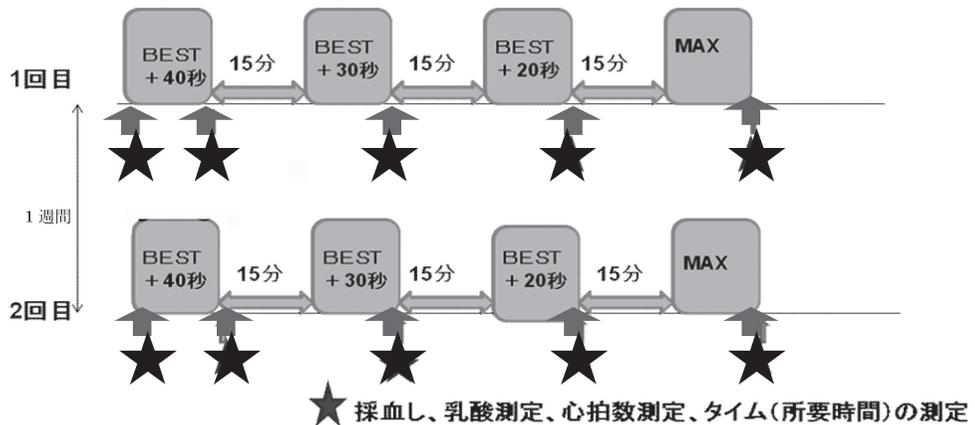


図4 ラクトートカーブテストのプロトコル

乳酸、心拍数を測定し、所要時間から泳速度を算出（m/秒）した。得られた値から解析ソフトMEQNET LT Manager<sup>®</sup>（アークレイ社）を用いてラクテートカーブを描出し、乳酸値4 mmol/L相当の泳速ならびに推定心拍値を算出した。

乳酸の測定は、手指の先をアルコール綿にて消毒し、十分に清潔なガーゼで拭き取ったのち、穿刺針にて血液を採取して、CDD酵素電極法にてラクテートプロ（アークレイ社 京都）を用いて測定した。（図5）採血には、感染防止に十分注意し、かつ汗や消毒液の影響を考慮し、2番血を使用した。測定場所の気温は、32℃であった。



図5 感染防止策を施した新しい穿刺器具（左）とラクテートプロ<sup>®</sup>（右）

### Ⅲ. 統計処理

得られた結果に対し、T-testを用い検定（P<0.05）をおこなった。統計ソフトはMicrosoft Excel<sup>®</sup>を用いた。

### 結 果

【結果1】日本学生選手権での着用水着と選択した水着との最大努力泳での泳速度、血中乳酸値、心拍数の比較

日本学生選手権での着用水着での最大努力泳後の泳速度は1.65 ± 0.07m/sec、血中乳酸値は14.3 ± 1.1mmol/L、心拍数は181.4 ± 20.5回/分、選択した水着における最大努力泳後の泳速度は1.66 ± 0.08m/sec、血中乳酸値は13.6 ± 1.6mmol/L、心拍数は178.4 ± 12.0回/分であり、図6に示すようにすべてで有意差を示さなかった

【結果2】日本選手権での着用水着と選択した水着との乳酸値4 mmol/L（OBLA相当）における泳速度、心拍数の比較

OBLA相当である4 mmol/Lでの日本選手権での着用水着の泳速度は1.38 ± 0.05m/sec、心拍数は136.2 ± 15.0回/分、選択した水着での泳速度

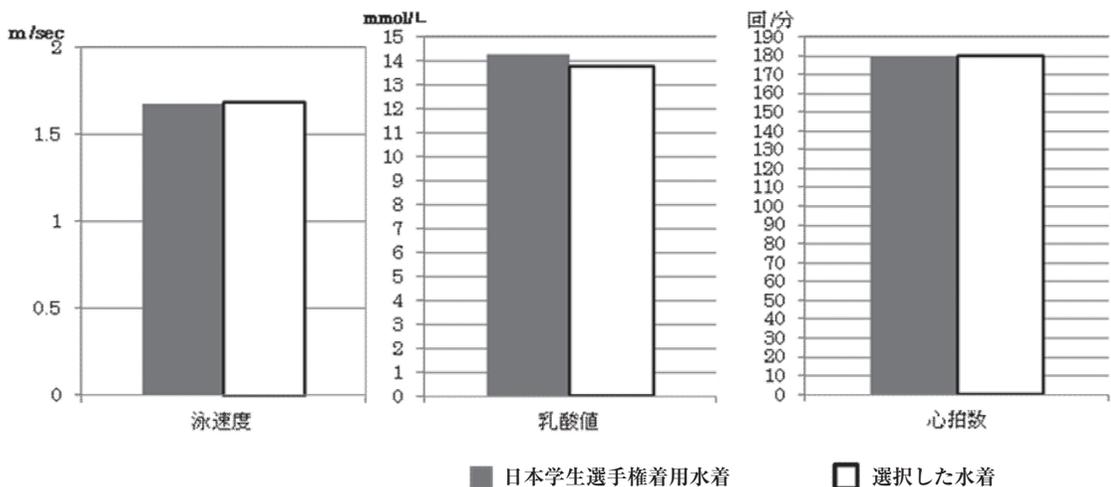


図6 日本学生選手権での着用水着と選択した水着との最大努力泳での泳速度、血中乳酸値、心拍数の比較

は  $1.39 \pm 0.05$  m/sec、心拍数は  $133.8 \pm 12.4$  回/分であり、図7に示すように両者とも有意差を示さなかった

【結果3】選手が最も多く選択したA社の水着と他社の水着との最大努力泳での泳速度、血中乳酸値、心拍数の比較

次に、図2に示したように、選手が最も多く選択したA社の水着を着用した選手を抽出した。このA社の水着を着用した選手11名のラクトエトカー

ブテストの結果と、それ以外の水着を着用したときのラクトエトカーブテストの結果を比較した。

その結果、A社製着用水着での最大努力泳後の泳速度は  $1.68 \pm 0.07$ m/sec、血中乳酸値は  $14.2 \pm 1.4$  mmol/L、心拍数は  $179.1 \pm 19.6$ 回/分、他社の水着を着用したときにおける最大努力泳後の泳速度は  $1.68 \pm 0.05$ m/sec、血中乳酸値は  $13.8 \pm 1.3$ mmol/L、心拍数は  $180 \pm 15.2$ 回/分であり、図8に示すようにすべての測定項目で有意差を示さなかった

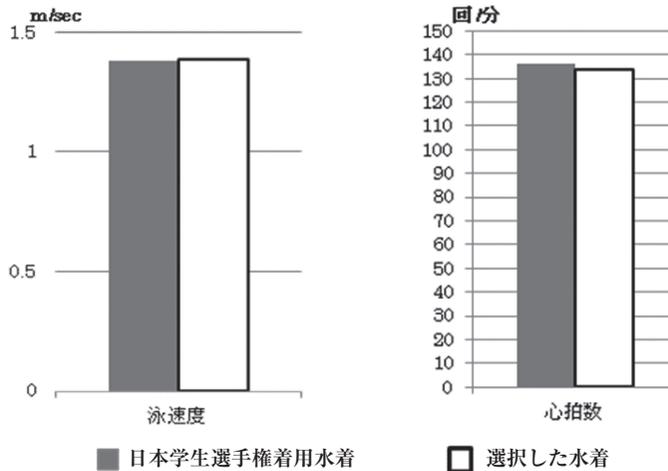


図7 日本学生選手権での着用水着と選択した水着との乳酸値4mmol/L(OBLA相当)における泳速度、心拍数の比較

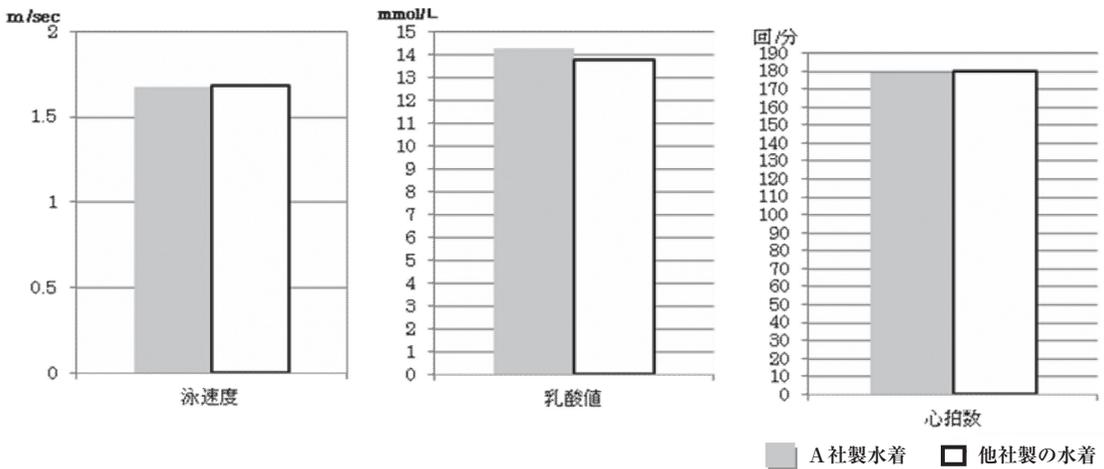


図8 A社の水着と他社製の水着との最大努力泳での泳速度、血中乳酸値、心拍数の比較

【結果4】選手が最も多く選択したA社の水着と他社の水着との乳酸値4mmol/L（OBLA相当）における泳速度、心拍数の比較

結果3と同様に、OBLA相当である4mmol/LでのA社製着用泳水着での泳速度は $1.40 \pm 0.04\text{m/sec}$ 、心拍数は $134.8 \pm 9.7$ 回/分、他社の水着を着用したときにおける泳速度は $1.39 \pm 0.03\text{m/sec}$ 、心拍数は $137.2 \pm 12.1$ 回/分であり、図9に示すように両者とも有意差を示さなかった。

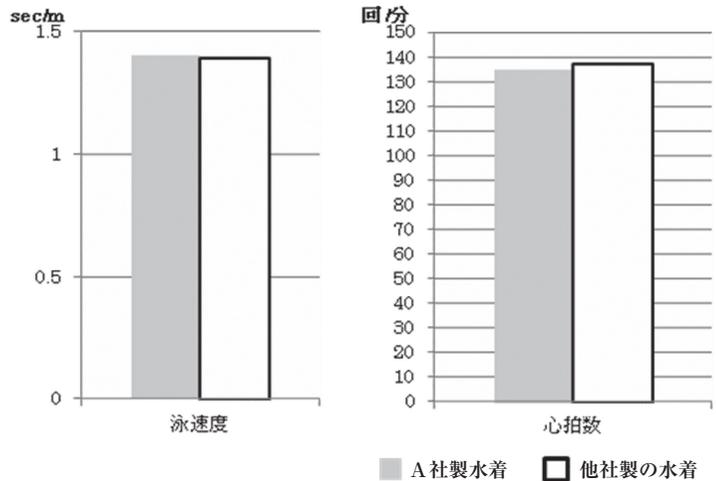


図9 A社の水着と他社の水着との乳酸値4mmol/L（OBLA相当）における泳速度、心拍数の比較

## 考 察

今回、結果1で示したように自らが選択した日本学生選手権で着用したFINA承認水着の最大努力泳における泳速度と、乳酸値、心拍数にそれ以外に着てみたいと選択した水着との間で統計学的な有意差は見いだせず、乳酸代謝からみた最大努力泳における水着の性能の差は見いだせなかった。実際のレースに用いている好みの水着と、選択した初めて着る水着との間で差が認められなかったのは、やはり、浮力や撥水、体を覆う面積で規制されているFINAの規定に正当性があるものと考えられる。

さらに、結果2で示したように、体内に急速に乳酸が蓄積してくる運動強度の目安とされるOBLAでの泳速度、心拍数でも差が認められず、やはり、乳酸の代謝から見た水着の性能の差は認められなかったと考えられた。ラクトートカーブテストは、競技力の指標として競泳では一般的に行われているテストである<sup>12)</sup>が、FINA承認水着着用においても、このテストの指標が従来の評価と同様に用いることができると考えられた。

また、今回、選手がチョイスした水着の種類が多岐に渡っていたため、水着同士の比較が困難であり、かつ結果1ならびに結果2から水着による

乳酸代謝の差が認められなかったことから、14名中、6名と日本学生選手権で最も多く着用され、且つこの研究で日本学生選手権において選択しなかったが着てみたいと感じた水着で、8名中5名が選択したArena（A社製）の水着で泳いだ11名のラクトートカーブテストと、A社製以外の水着を着用したときのラクトートカーブテストの結果を比較してみた。結果3で示したように、この結果も最大努力泳での泳速度、乳酸値、心拍数でも差が認められなかった。また、OBLAでの泳速度、心拍数でも差が認められず、やはり、A社製の水着は、乳酸の代謝から見た水着の性能の差は他社の水着との間で認められなかった。

以上のことから、2011年のFINAが承認している水着の規制は正当性があり、水着の性能の差について以前論じられてきたような問題が解決してきているように思われた。

しかしながら、2012年の水着が新たに各社から発売されている。以前の高速水着は女性では30分以上も着る時間がかかったり、締め付けが厳しく体調を壊したり、水着の継ぎ目がはがれたりするなどの問題があった。オリンピックイヤーになると各水着メーカーの新たなコンセプトが発

表され、水着の性能の差についての新たな議論が生じることが多い。また、これら2012年モデルの水着は発表段階のものが多く、いまだ市場に出回っているものは少ない。そのため、オリンピックタイヤーに発売される新たな水着についても今後性能の差や健康に与える影響などさらなる検証を進めていきたい。

なお、この研究は、平成22年度国士舘大学体育研究所の助成金によって行われ、かつ水着メーカーからの研究費の助成は受けていない。

## ま と め

2011年FINA承認水着においては、高速水着に見られたような水着による性能の差が認められなくなっている。

ただ、規制の範囲内で性能に差を生じる水着が登場する可能性があるため、今後も、水着による性能の差に関する研究を行っていきたい。

## 引用・参考文献

- Chatared J.C., X. Senegas, M. Selles, P. Doreanot, A. Geysat. Wet suit effect : a comparison between competitive swimmers and triathletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* **27** : 580-586, 1995
- 富樫泰一、野村武男、藤本昌則 競泳用低抵抗水着に関する研究. *デサントスポーツ科学*, **10** : 75-82, 1989
- Chatared J.C., Wilson B. Effect of Fastskin suits on performance, drag, and energy cost of swimming *Med. Sci. Sports Exerc.* **41** : 1149-1154, 2008
- Benjamin S.R., Khaled S. K., Clay E. H., Scott P. M., Rick L. S., Effect of a Fastskin suit on submaximal freestyle swimming *Med. Sci. Sports Exerc.* **35** : 519-524, 2003
- 高木英樹 日本人競泳選手の抵抗係数. *体育研究* **41** (6) 484-491, 1997
- 田古里哲夫 水泳における人体まわりの水流および水着の影響の実験的研究. *デサントスポーツ科学* **15** : 173-184, 1984
- 野村武男、大庭昌昭、富樫泰一 水着が水中牽引抵抗に及ぼす影響について 筑波大学・運動学研究 **1421-27**, 1998
- 清水幸丸、鈴木利明、松崎 健、森健次郎 競泳用水着に関する研究 (境界層制御による水着抵抗の削減について) *日本機械学会論文集 (B編)* **64** : 2644-2651
- 和田匡史、大浦邦彦、小崎充、松本高明ら 競泳の水中ドルフィンキックの動作解析 平成21年度電気学会電子情報システム部門大会OS5-1, 2009
- 水着の新規制施行がもたらす現実: *SWIMMING MAGAZINE* **34** (1) ベースボールマガジン社 78-79, 2010
- 第3巻 第10号 通巻29号 (2008) 高性能スイムウェア最前線: *SWIM* (株) ランナーズ **10** (3) 29-34, 2008
- 若吉 浩二 水泳のトレーニングにおける血中乳酸濃度の活用 乳酸をどう活かすか 八田秀雄編著 杏林書院 135-148, 2008
- 足立哲司 乳酸分析の測定精度を高める測定手法 乳酸をどう活かすか 八田秀雄編著 杏林書院 27-40, 2008
- 岩原 文彦、松本 高明、浅見 俊雄: 4mMOBLAを基準としたクーリングダウン泳について、*トレーニング科学*, **12** (1), 1-8, 2000
- Nielsen OB, de Paoli F, Overgard K Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle, *J. Physiol.*, **536** : 161-166, 2001
- Zamparo P, Pendergast DR, Termin A, Minetti AE : (2005) Economy and efficiency of swimming at the surface with fins of different size and stiffness. *European Journal of Applied Physiology* **96** (4) : 459-470.
- 中橋美幸、諸岡晴美、眞鍋郁代 競泳用水着のサイズが水泳時の衣服圧 水泳前後の体表面温度および圧快適感評価に及ぼす影響 富山大学教育学部研究論 **63-66**, 2002
- 高木英樹 日本人競泳選手の抵抗係数. *体育研究* **41** (6) 484-491, 1997
- 田古里哲夫 水泳における人体まわりの水流および水着の影響の実験的研究. *デサントスポーツ科学* **15** : 173-184, 1984
- 田古里哲夫 水泳における人体の姿勢と水着に関する流体力学的研究 *デサントスポーツ科学V* **16** 185-203, 1985
- 松本高明ら 競泳におけるラクテートカーブテストから見た高速水着と通常水着との違い 国士舘大学体育研究所報 **2010**