

2010年に制定されたFINA（国際水泳連盟）承認水着規定の妥当性について

Are the New FINA (Fédération Internationale de Natation, International Swimming Federation) Regulations for Swimwear Enacted in 2010 Appropriate?

松本高明*, 内藤祐子*, 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****

Takaaki MATSUMOTO*, Yuko NAITO*, Hidemasa Sano***
Yusuke TAKAHASHI**, Daisuke ABE****, Taishi ASAI*****
Masaki WADA*, Tadashi WADA**** and Daisuke INOUE*****

ABSTRACT

The Beijing Olympic Games featured swimsuits using new materials or sewing technology, and 94% of gold medalists wore such suits. At ACSMS in 2010, a lactate curve test indicated that the new suits resulted in different performance than did conventional swimsuits. In January 2010, FINA issued new regulations specifying swimsuit materials and limiting the body surface covered. The current study examined differences in performance with swimsuits that were sold in Japan for the London Olympic Games. Methods : Twelve Japanese male undergraduates (5 of whom participated in London Olympic Games tryouts in Japan and 7 of whom participated Inter-College Championships) were evaluated. These 12 athletes were randomly divided into 3 groups and they underwent a lactate curve test three times while wearing swimsuits from Company A, Company B, and Company C. Lactic acid was measured by the CCD enzyme electrode method using the Lactate Pro[®] lactic acid analyzer (Arkray Inc., Japan). The values obtained were used to depict lactate curves with the analytical program MEQNET Lactate Manager[®] (Arkray Inc., Japan), and lactic acid velocity was computed with a value of 4mmol/L. In the lactate curve test, all participants swam 200 m freestyle 4 times (best time +40 seconds, +30 seconds, +20 seconds, and maximum effort). The rest time between each trial was 15 minutes. Immediately after swimming, lactic acid and HR were measured and velocity was computed from the participant's time. Results : With a lactic acid level of 4 mmol/L, the mean velocity equivalents for the 12 athletes were 1.25 ± 0.03 m/sec

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

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

*** 八王子高等学校 (Hachioji High-school)

**** 国士舘大学理工学部 (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)

when they wore the suit from Company A, 1.27 ± 0.03 m/sec when they wore the suit from Company B, and 1.25 ± 0.04 m/sec when they wore the suit from Company C. When swimming 200 m at maximum speed, participants wearing the suit from Company A had a swimming velocity of 1.9 ± 0.1 m/sec, lactic acid level of 11.2 ± 0.3 mmol/L, and heart rate of 198 ± 2.3 bpm. Participants wearing the suit from Company B had a swimming velocity of 1.85 ± 0.3 m/sec, lactic acid level of 11.4 ± 0.5 mmol/L, and heart rate of 195 ± 3.4 bpm. Participants wearing the suit from Company C had a swimming velocity of 1.9 ± 0.2 m/sec, lactic acid level of 11.5 ± 0.4 mmol/L, and heart rate of 195 ± 4.3 bpm. Differences in mean values were not dependent on the swimsuit. Discussion : FINA prepared new swimsuit regulations after the Beijing Olympics. These regulations stipulate fixed effects and are should help resolve problems with records attained as a result of an athlete's swimsuit selection.

Key words; London Olympic Games, FINA-approved swimsuits, Lactic acid

I. はじめに

2012年は、英国にてロンドンオリンピックが開催され、日本競泳選手団は、オリンピック史上最高の11個のメダルを獲得した。ロンドンオリンピックでは選手が着用する水着の性能に関する話題はなかったものの、2008年に開催された北京オリンピックにおいては、参加した96%の競泳金メダリストに使用されたいわゆる「高速水着」と称された英国製スピード社製の水着「レーザーレーサー」についての話題が世界中のメディアで取り上げられ、筆者らも、ラクテートカーブテストから見て「レーザーレーサー」が乳酸の代謝に影響を与え、従来型の水着と比較して有意に速く泳ぐことができる水着であることを本誌で報告した¹⁾。

オリンピック開催年に、水着が改良され、水着のメーカーによる性能の差に関する報告がなされてきた^{2) 3) 4) 5) 6)} ことについては、前回の所報に報告してきた。

2009年にローマで開催された競泳の世界選手権で、水着メーカー各社が新たに開発して使用された水着により世界新記録が多数樹立され、新たな水着の性能について議論がなされ、2010年から

FINAにより、水着に関する規定が制定された⁷⁾。現在の規定では、男性の水着の肌を覆う範囲が膝上から臍下までとなり、水着の素材はファブリック（織物）でかつ、水着上に異なる素材を張り付けたり、二次加工を施したりしてはならないこととなり、FINAで事前承認を得た水着を着用した選手の記録のみが正式記録とし公認されることとなった。

その規制が設けられたのち、FINAの承認水着に対し、その妥当性を見るため、昨年は、男子大学生14名を対象に日本学生選手権で着用した水着と、さらに自分が着てみたい他社製の水着を着用してラクテートカーブテストを行い、結果に差がなくFINAの規制に妥当性があるとの結論を導いた。

しかしながら、オリンピック開催年になると新たな水着が開発され、メーカーによる水着の性能

表1 被験者の身体的特性

| (n) | 年齢 (yrs) | 身長 (cm) | 体重 (kg) | BMI (kg/m ²) |
|----------------------|-------------|------------|------------|-----------------------------|
| 13 | 19.8±0.9 | 175.2±5.3 | 67.5±4.7 | 13.1±2.5 |
| Values are mean S.D. | | | | |



図1 研究に使用したFINA承認水着 2012ロンドンオリンピックモデル

の差がクローズアップされる。そこで我々はFINAの水着規定が制定されてから初めて開催された、2012年ロンドンオリンピックに使用された3社のメーカーのFINA承認水着を用い、昨年と同じプロトコルでラクトレートカーブテストを行い、水着のメーカーによる機能の差の有無を検討し、FINAによる水着に関する規定について、その妥当性について検討することを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者

被験者を男子大学生競泳選手13名とした。選手の競技レベルは、2012年に開催されたロンドンオリンピックの日本での選考会、すなわち日本選手権に参加した選手が5名で、残りの選手は全員日本学生選手権に出場した。これら被験者に対し、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。選手は、研究の参加は任意で、途中で中止することも可能であること、研究の成果を公表することに同意を得た。

参加者の身体的プロフィールを表1に示す。

2. 実験手順と測定項目

被験者をランダムに4名2組、5名1組の3つのグループに分けた。3組各々の組に分けられた

被験者は図1に示した3社（A社、B社、C社）の水着の同じ1種類を着用したうえで、ラクトレートカーブテストを行い、これを同じプロトコルで5日おきに3回繰り返した。プールの水温は3日とも30℃であった。また、プールサイドの室温は両日とも32℃、湿度は50%であった。プールは、公益財団法人日本水泳連盟公認競泳25mプール=FINA公認競泳25mプールを用い、水深は1.0mであった。ラクトレートカーブテストは、若吉¹²⁾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）クロール種目で泳ぎ実施した。一回ごとの休息時間は15分とし、テスト開始直前並びに泳いだ直後に、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[®]（アークレイ社）を用いてラクトレートカーブを描出し、乳酸値4mmol/L相当の泳速ならびに推定心拍値を算出した。ラクトレートカーブテストのプロトコルを図2に示す。

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トレートプロ[®]（アークレイ社 京都）を用いて測定した。（図3）採血には、感染防止に十分

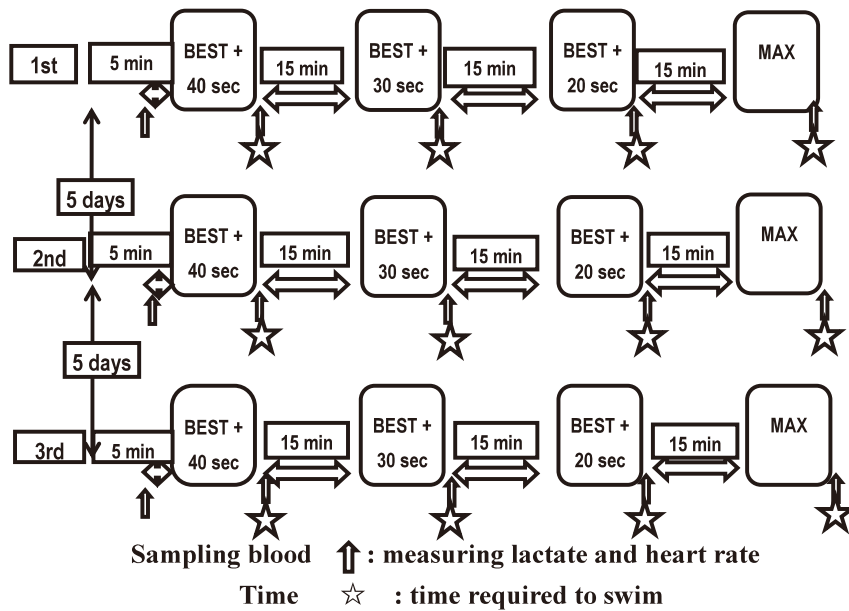


図2 ラクテートカーブテストのプロトコール



図3 使用した乳酸測定器 (左) と、採血用の新型穿刺機器 (右)

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。

3. 統計処理

統計学的検定は、試技ごとに測定した心拍数、泳速、乳酸値について、2way-repeated-ANOVAにより有意差の検定をしたのち、水着による差の有無をBonnferini検定をもちい評価した。どちらも有意水準を $p < 0.05$ とした。統計ソフトはSPSS® (日本IBM) を用いた。

Ⅲ. 結 果

【結果1】水着別時系列での測定値の変化
試技ごとに、心拍数 (図4)、泳速 (図5)、血中乳酸 (図6) は有意に増加した。

【結果2】水着による心拍数の差
水着による心拍数の差について図7に示した。測定直前、各試技直後の心拍数は、水着の種類による有意差を認めなかった。最終試技における最大努力泳後の最大心拍数は、A社が 185.5 ± 15.6 拍/分、B社が 180.5 ± 36.5 拍/分、C社が 186.9 ± 4.8 拍/分であり、この測定値も水着による心拍数の有意差は認められなかった。

【結果3】水着によるラクテートカーブの差
描出したラクテートカーブを図8に示す。ラクテートカーブにおいても、3種類の水着の種類に差が認められる傾向は示さなかった。

【結果4】水着による最大泳速の差 (図9)
最大泳速についても、A社が 1.7 ± 0.05 m/sec、B社が 1.71 ± 0.05 m/sec、C社が 1.7 ± 0.06 m/secと有意差を認めなかった。

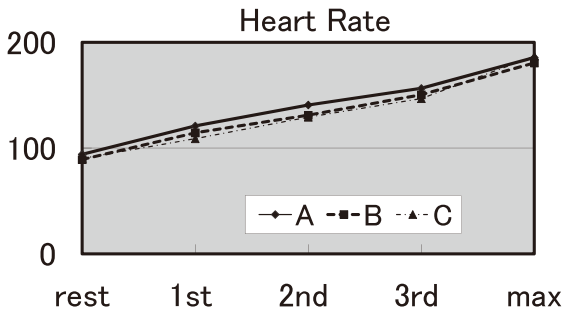


図4 測定時系列に沿った心拍数の変動

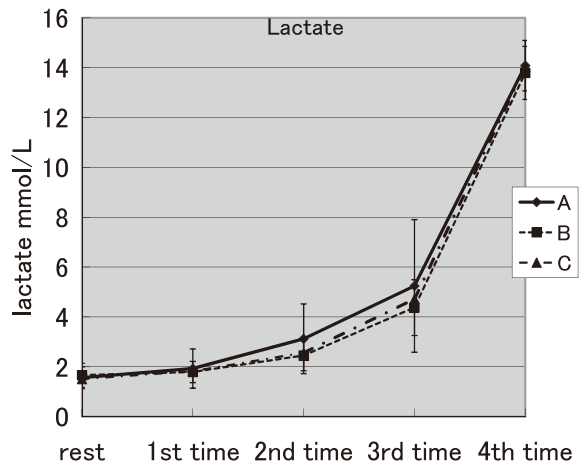


図6 測定時系列に沿った乳酸値の変動

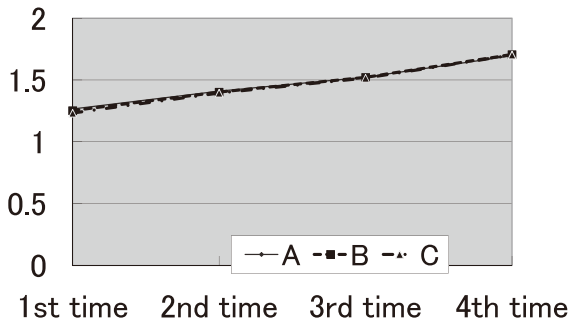


図5 測定時系列に沿った泳速の変動

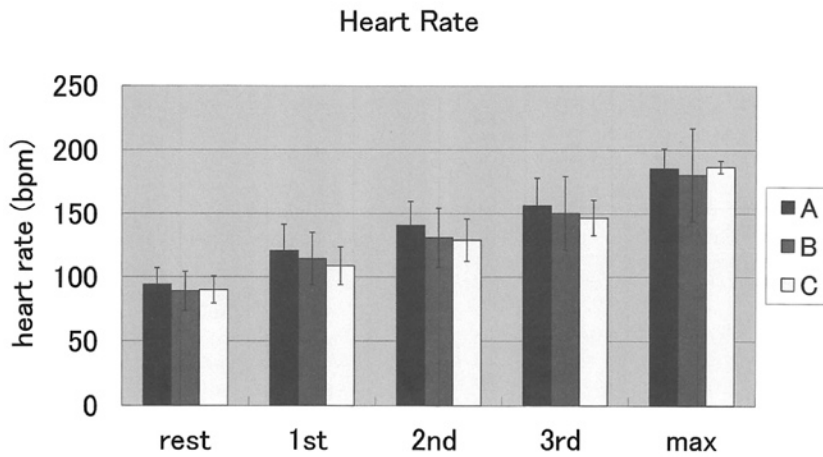


図7 水着による心拍数の差

【結果5】水着によるOBLA（Onset of Blood Lactate Accumuration）相当の乳酸値4 mmol/Lに対応した泳速の差（図9）

OBLA相当の乳酸値4 mmol/Lに対応した泳速も、A社が 1.48 ± 0.05 m/sec、B社が 1.49 ± 0.03

m/sec、C社が 1.47 ± 0.03 m/secと水着による有意差を認めなかった。

【結果6】水着による最大努力泳後の血中乳酸値の差（図10）

最大努力泳後の血中乳酸値も、A社が $14.1 \pm$

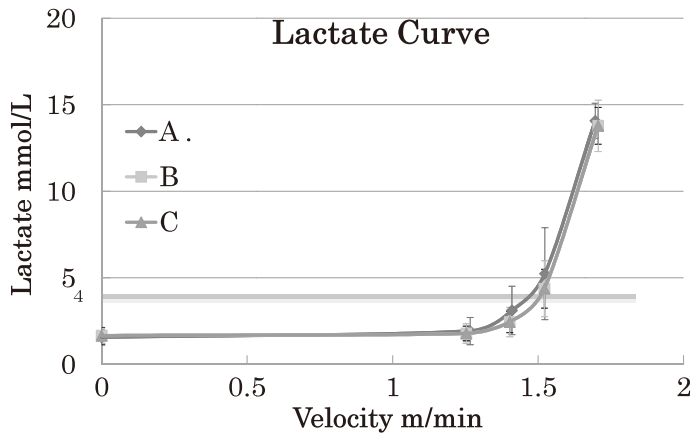


図8 3社の水着によるラクテートカーブ

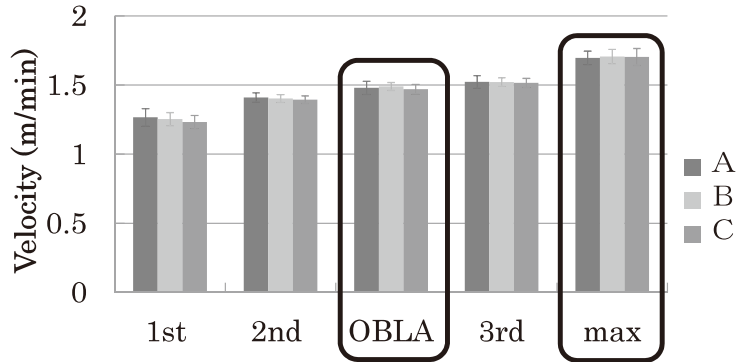
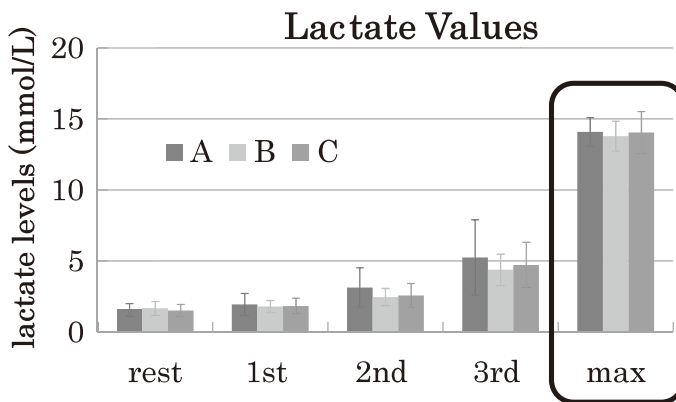


図9 各測定時点での泳速、並びにOBLAにおける泳速



| | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|---------|----------|
| A co. | 1.6±0.4 | 1.9±0.8 | 3.1±1.4 | 5.2±2.7 | 14.1±1.0 |
| B co. | 1.7±0.5 | 1.8±0.4 | 2.5±0.6 | 4.4±1.1 | 13.8±1.1 |
| C co. | 1.5±0.4 | 1.8±0.6 | 2.6±0.9 | 4.7±1.6 | 14±1.5 |

図10 各測定時点における乳酸値

1.0mmol/L、B社が 13.8 ± 1.06 mmol/L、C社が 14.0 ± 1.49 mmol/Lと水着間での有意差は認められなかった。

IV. 考 察

北京オリンピック、2010年開催の世界選手権における世界記録樹立数の急激な増加と、特定の水着メーカー着用による優勝者の偏りが、マスコミでも大きく取り上げられた。以後FINAにより、水着のSurface covered、Material (general, measured values)などに細かな規定が設けられ、承認される水着の基準が明確になった。FINAにより承認された水着を着用することにより、以後ロンドンオリンピックをはじめとしてFINA公認の国際競技会をはじめとして、国内の大会でも、出場者が着用する水着に偏りがなくなり、競技に公平性がさらにもたらされたことは重要であると考えられる。現在のFINAが規定し、承認した着用範囲や素材の水着では、ラクトートカーブテストからみた水着の性能の差は認められず、現在のFINAによる水着の規定において、着用する水着によって競技成績が影響を受けるといった懸念に対して、FINAの水着の規定により、競泳競技における公平性が担保されていると考えられた。しかしながら、一方で競泳競技記録における新記録の更新が困難になったのは明らかである。スポーツに用いられる道具、ウェアが記録に影響することは容易に想像がつくことであり、水着メーカーの開発した機能により、さらに速く泳げるようになることは魅力がある。今後、スポーツに求められる倫理、公平性を維持したうえで、現代科学がもたらす記録向上を追求した新たな水着の開発が期待される。また、FINA承認の公認水着以上に自己の能力を発揮できる非公認水着で自己にとって未知の泳速や、ポディーポジションを体感してトレーニングすることは、競技会で自己ベストを更新するうえで有効な練習方法となりうる可能性があり、今後の課題であろう。

本研究は、平成24年度国土館大学体育研究所研究補助金にて行われた。また、本研究において水着メーカーからの資金提供はない。

V. ま と め

2010年から制定されたFINAにより承認される水着の規定は、競技の公平性を担保するに値すると考えられた。

FINAの規定にとらわれない新たな水着の開発と、その水着でトレーニングすることが競泳の競技力向上に寄与する可能性があると考えられる。

引用・参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 高木英樹 日本人競泳選手の抵抗係数. *体育学研究* : **41** (6) 484-491. 1997
- 6) 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
- 7) 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 **14**:21-27. 1998
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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
- 11) 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
 - 12) 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
 - 13) 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
 - 14) 岩原 文彦、松本 高明、浅見 俊雄 : 4m MOBLA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
 - 15) 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
 - 16) 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.
 - 17) 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文 63-66. 2002
 - 18) 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
 - 19) 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
 - 20) 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