

2016 年度修士論文

水中競技選手における栄養管理

Nutrition management

for aquatic athletes

人間生活学研究科生活科学専攻 修士課程

G15172 來海 由希子

Yukiko Kimachi

## 目次

緒言	1
方法	3
結果	6
考察	9
要約	13
参考文献	14
表、図	16
謝辞	32

## 緒言

スポーツ選手において、試合で最大限の力を発揮するために日頃からコンディションを良好に保つことは重要である。選手一人一人が、日々のトレーニングを充実させ、試合時に最高のパフォーマンスを行うためには、個々に合わせた栄養管理が必要となる。中でも、高い競技力と共に審美性が問われ、より精確な体重管理が求められるシンクロナイズドスイミングでは、徹底した栄養管理が必要である。しかし、水中競技は、その環境特性により、栄養管理を行うために必要なエネルギー消費量や水分補給に関するデータが乏しい。

Ebine ら<sup>1)</sup>は、 $17.6 \pm 1.1$ 歳の女性のシンクロナイズドスイミング競技者が1日4~5時間のトレーニングで $2,738 \pm 672 \text{kcal/day}$ のエネルギーを消費し、その身体活動レベル(PAL)は $2.18 \pm 0.43$ であったと報告している。また、国立スポーツ科学センターより、スポーツ選手を対象とした基礎代謝量推定式や種目カテゴリー別のPALについて基準が示されている。しかし、水中競技はエネルギー消費量の推定が困難であり、個人により体格や練習量の違いがあるため、個々の栄養管理を行う上でエネルギー消費量の算出におけるさらなる検討が必要であると考ええる。

暑熱環境下での運動時には体温調節反応としての発汗により脱水が生じる。その際の水分補給は、発汗に伴う脱水を最小限に食い止め、体温上昇と循環系に対するストレスを軽減して熱障害による危険を回避すると共にパフォーマンスの低下を防止すると考えられている。丹波ら<sup>2)</sup>は、大学生を対象に実際の部活動練習時の飲水量、発汗量の実態調査を行った結果、いずれも運動中には発汗量に見合った飲水が行われていないことを報告している。一方、山本ら<sup>3)</sup>は、水中運動でも大量に発汗することを確認しており、田井村ら<sup>4)</sup>は水温 $30^{\circ}\text{C}$ 前後の環境では水泳練習時にも無視できない程度の発汗量があることを示している。シンクロナイズドスイミングは、水温 $28^{\circ}\text{C}$ 前後で管理された室内プールで年間を通して練習を行っていることから、脱水を予防するための水分管理が必要であると考ええる。しかし、水中という環境特性により、実際の練習中における発汗量や水分補給の必要性についての検討が不十分である。

以上のことから、本研究では、栄養管理を行いながら、個々の特徴を捉え、より詳細に栄養管理を行うための基礎的データを得ることを目的とした。運動時の負荷エネルギー消費量の評価は、実際の現場で継続的に管理ができる方法として、選手に負担が少ない要因加算法と長期的かつ個々の身体的特徴を考慮できる心拍数法を用い、2つの測定方法の比較を行う

こととした。水分管理は、水中競技における水分補給の状況を把握することと、運動による発汗の有無と体温変化について検討を行うこととした。

# 方法

## 1. 対象

広島県のシンクロナイズドスイミング競技者7名（女性13歳～19歳、以下、選手A・B・C・D・E・F・Gとする）を対象とした。選手7名に今回の調査研究の趣旨説明を行い、文書で同意を得たのち実施した。本調査研究は、広島女学院大学人間生活学部倫理審査委員会の承認を得て行った。

## 2. 負荷エネルギー消費量の測定方法の検討

練習時の運動による負荷エネルギー消費量（以下、負荷エネルギー消費量とする）の評価は、要因加算法と心拍数法で行った。本調査の対象は5名（選手A、B、E、F、G）とした。調査期間は、2016年2月16日～8月10日とし、調査日は3～4時間の練習日とした。要因加算法による負荷エネルギー消費量は、Ainsworth<sup>5)</sup>らのMETs一覧表から作成した表1を参照し、(1)式に基づき推定した。なお、負荷エネルギー消費量の推定に用いた各活動時間は観察法により秒毎に動作を確認しながら計測した。

負荷エネルギー消費量(kcal)=

$$(\text{METs}-1) \times \text{時間(時間)} \times \text{体重(kg)} \times 1.05 \cdots (1)$$

心拍数を用いた負荷エネルギー消費量は、Suprrら<sup>6)</sup>と原田ら<sup>7)</sup>の方法（表2）に従い、心拍数と酸素摂取量を用いた関係式（図1）より推定した。心拍数は姿勢、精神的状態、環境温度や湿度、食事摂取およびカフェインなどの刺激物の影響を受けることから、これらの影響を受けやすい低強度の身体活動においては、エネルギー消費量推定の精度が低下する<sup>8)</sup>。そのため、心拍数が低い時を安静時とし、安静時のエネルギー消費量を安静時心拍数の最高値と運動時心拍数の最低値の平均から得られたFlexHR値と安静時の臥位、座位、立位の平均酸素摂取量を用いて算出した。このFlexHR値以下の心拍数を全て安静時として扱った。心拍数は、活動量計・フィットネスウォッチ（ポラール・エレクトロ・ジャパン(株) A300）を用い、心拍センサー（H7心拍センサー）を胸部に接するように着用させ、リストバンドを右手に装着させて計測した。

非練習時のエネルギー消費量は加速度計法で推定し、加速度計法を用いることができない

場合は要因加算法で補填した。加速度計法によるエネルギー消費量の推定は、各選手の腰部に生活習慣記録機（(株)スズケン Lifecorder GS 4 秒版）を装着させて行った。要因加算法による非練習時のエネルギー消費量は、Ainsworth<sup>5)</sup>らの METs 一覧表から作成した表 3 を参照し推定した。

要因加算法あるいは心拍数法により観察された負荷エネルギー消費量の評価は、2016 年 5 月 23 日～27 日の体重変動を指標として行った。以下（方法 4）に示すように同時期にエネルギー摂取量を測定し、5 日間のエネルギー摂取量とエネルギー消費量の差を推定し、7,000kcal を体重 1 kg として体重に換算した。換算した値を初日体重から差し引き、各測定方法から予想される体重とした。

### 3. 水分管理の検討

本調査の対象は 7 名とした。調査期間は 2015 年 7 月 16 日～8 月 17 日、2016 年 2 月 16 日～8 月 10 日とし、調査日は 3～4 時間の練習日とした。尿量は、練習前後ともに体重測定前に計量カップを用いて計測した。練習中にトイレに行った場合も同様に計測した。尿比重は、尿量計測時に尿比重屈折計（(株)アタゴ（ATAGO）ポケット尿比重屈折計 PAL-09S (N04409)）を用いて測定した。体重は、練習前にシャワーを浴びた後、毛髪等の水分を出来るだけ絞って測定し、練習後も練習前と同様に測定した。なお、体重測定は体重計（(株)タニタ（TANITA）innerscan50(BC-310)）を用いて測定した。体温は、婦人用電子体温計（シチズン・システムズ(株) CTEB503L 口中専用）を用い練習前後に舌下で 30 秒間計測した。飲水量は、練習前後に容器のまま計量器（(株)エー・アンド・デイ ホームスケール UH-3201-W（ホワイト））で測り、差引により算出した。脱水率、発汗量は、選手の体重変化、飲水量、尿量から、以下の計算式（3）、（4）に基づきそれぞれ算出した。

$$\text{脱水率(\%)} : (\text{練習前体重} - \text{練習後体重}) / \text{練習前体重} \times 100 \quad \dots (3)$$

$$\begin{aligned} \text{発汗量(g)} : & (\text{練習前体重} - \text{練習後体重}) + \text{飲水量} \\ & - (\text{練習中尿量} + \text{練習後尿量}) \quad \dots (4) \end{aligned}$$

### 4. 栄養管理

本調査の対象は、2015 年に 5 名（選手 A、B、C、D、E）、2016 年に 5 名（選手 A、B、E、F、G）の計 7 名とした。試合に向けた体重管理を目的とし、体重の推移を観察した。体重の測定

は、2015年7月11日～7月28日、2016年3月21日～27日、5月23日～27日、7月21日～25日の間、起床後トイレを済ませ軽装で選手らに測定させた。選手の食事の内容を把握するため、2015年5月7日、6月12日～18日、7月11日～17日、2016年3月21日～27日、5月23日～27日、7月21日～25日の期間に食事調査を行った。食事調査では、1日ごとに食事内容をメールで受け取り、2015年は、栄養計算ソフト『エクセル 栄養君(Ver. 7.0)』、2016年は、栄養計算ソフト『エクセル 栄養君(Ver. 8.0)』((株)健帛社)を用いて食事データの解析を行った。エネルギー及び各栄養素の摂取基準として、小林らの『アスリートのための栄養・食事ガイド』<sup>9)</sup>(以下、アスリート基準とする)及び2010年に国際オリンピック委員会が公表した『スポーツ栄養に関する公式見解』<sup>10)</sup>(以下、IOC基準とする)に示される基準値を参考にした。

## 5. 統計学的処理

各測定値は、平均値±標準偏差で示した。各練習時間割合が測定方法の違いによる負荷エネルギー消費量の差に及ぼす影響の検定には、ピアソンの積率相関係数を求めその有意性を検定した。脱水率、飲水量と発汗量、練習前後の尿比重の変化と練習前後の体温変化は、対応のある  $t$ -検定を用いた。練習内容別の心拍数の検定と栄養素別摂取量の推移の検定には分散分析(ANOVA)を用い、有意な場合はチューキーのHSD法で多重比較を行った。有意水準は5%未満とした。

# 結果

## 1. 負荷エネルギー消費量の測定方法の検討

3～4時間練習時の要因加算法あるいは心拍数法から推定した負荷エネルギー消費量と、要因加算法による推定値から心拍数法による推定値を差し引いた値（表中では、差と示す）を表4に示す。各測定方法による負荷エネルギー消費量は、ほぼ全ての日において要因加算法より心拍数法のほうが高値となった。しかし、差の程度は個人により異なることが示された。選手B、Fについては、他の選手と比べて心拍数が高い傾向にあるため、より差が大きくなったと考えられる。

各測定方法による負荷エネルギー消費量の妥当性を5日間の体重変化からみた（図2）。要因加算法から予想された体重変化は、選手A、Fは減少、選手B、E、Gは不変であった。実体重の変化の様子と比較すると、選手B、E、F、Gでは大きな違いはみられず、選手Aは予想された体重変化が実体重の変化より大きかった。心拍数法から予想された体重変化は、選手Eは不変で、それ以外の4名は減少した。実体重の変化の様子と比較すると、選手Eは大きな違いはみられず、それ以外の4名は実体重の変化より予想された体重変化の方が大きかった。つまり、予想された体重変化と実体重の変化を比べると、5名中3名において心拍数法により推定された体重変化より要因加算法により推定された体重変化の方がより実体重の変化に近かった。また、選手Eのように測定方法による差がなく、実体重の変化と同じ変化を示した場合があった。以上のことから、心拍数法による推定よりも要因加算法で推定した負荷エネルギー消費量の方が実際の様子を捉えていると考えられた。

ここで、各測定方法による負荷エネルギー消費量に差がみられる要因をより詳細に検討した。まず、各練習時間割合が及ぼす測定方法による差への影響をみた（図3）。選手F以外は有意ではないが、演技・指導の練習割合増加に伴い、要因加算法と心拍数法の差の関係式の傾きは負となり、演技・指導の練習時間割合が多くなると心拍数法による負荷エネルギー消費量が高く推定される傾向にあることが示唆された。さらに、練習内容別に心拍数を検討した（図4）。フィギュアと演技はともに、要因加算法においてMETs8.0を算出に用いたが、2つの動作の心拍数は異なる結果となった。比較のためにMETs10.0と示されているクロール（68.6m/分未満）の心拍数をみると、130～170（拍/分）であり、演技時の心拍数はそれと比べ2名が近似し、2名がそれ以上の結果となった。そのため、演技時のMETsは8.0よりも高い可能性が示唆された。また、同じ練習内容でも個人間で心拍数に差がみられ、フィギ



ュアでより大きく示された。

## 2. 水分管理の検討

調査日の室温は  $28.4 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、水温は  $28.3 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $62.8\% \pm 3.5$  であった。なお、選手 C、D については、2015 年の計測データしかないため、春季のデータはない。

水分管理の基準を脱水率 2%以内としたところ、選手 E、G は 2%を超える日があった(図 5)。飲水量と発汗量についてみると、全選手が発汗量に見合った飲水量ではないことが示された(図 6)。脱水率、発汗量は、選手 F において、季節の違いによる有意な差 (F 脱水率:  $p=0.037$  vs 春季、発汗量  $p=0.015$  vs 春季、対応のある  $t$ -検定) がみられたが、それ以外の選手では季節による違いはみられなかった。脱水の指標として、尿比重をみたところ、全選手において練習後の尿比重は練習前と比較すると低下し、選手 B、E、F で有意であった(図 7)。一方、選手 F、G においては練習前尿比重が正常範囲を上回るが多かった。

練習前後の体温変化を時季別にみると、春季では 2 名には変化がなかったが、3 名が有意に低下した。夏季では 4 名において低下傾向を示したが、有意な低下がみられたのは選手 B のみであった。選手 E は上昇傾向にあり、選手 D、F は変化がなかった(図 8)。体温変化に対する計測直前の動作の影響について検討したところ、体温計測を行う直前の練習内容が、演技・指導である場合、春季では選手 E、F、夏季では選手 C、D、E において体温が上昇する傾向にあったが、フィギュアはいずれの時季も全選手において低下していた。また、演技・指導で体温が低下していた選手において、春季の選手 B 以外の 4 名では、フィギュアでより体温の低下が顕著にみられた(図 9)。

## 3. 栄養管理

体重の推移を図 10 に示す。2015 年においては、体重管理の目標を選手 A、B、C は現状維持、選手 D、E は減量とした。最終的に選手 A、C は 0.1 kg の増加、選手 B は変動なし、選手 D、E は 2.1 kg の減少がみられた。全選手、最終的に目標とする体重範囲となった(図 10-1)。2016 年では、体重管理の目標を選手 A、B、G は現状維持、選手 E、F は減量とした。最終的に、選手 A は 0.7 kg の減少、選手 B は 0.5 kg の減少、選手 G は 0.1 kg の増加であった。現状維持が目標である選手 3 名において体重の増減がみられたものの最終的に目標体重範囲内となった。減量を目指していた選手 2 名においては、最終的に、選手 E は 1.7 kg の減少、選手 F は 0.6 kg の減少であり、選手 E は目標体重となり、選手 F も減少量は小さいが目標とする体重の範囲内

となった(図 10-2)。

次に、栄養素別摂取量の推移を表 5 に示す。まず、2015 年においては、栄養教育に関わらず選手 A、D、E において、多くのビタミン、ミネラルが、アスリート基準に比べ不足していた。残りの 2 名(選手 B、C)においてもカルシウムと鉄に課題がみられた。2016 年においては、選手 5 名ともアスリート基準に比べて、ビタミン、ミネラルの摂取量は十分といえない結果となった。

運動時に不可欠な栄養素としてのたんぱく質と炭水化物について、体重あたりの栄養素摂取量をみた(表 6)。2015 年、2016 年ともにたんぱく質の摂取量はほぼ全ての選手が IOC 基準値を満たしていた。しかし、炭水化物の摂取量は、1 日に体重 1kg あたり 7g 程度以上を基準と考えた場合、2 年ともに、ほとんどの選手において不足がみられた。

## 考察

本調査では、水中競技選手の個々の特徴を捉え、より詳細に栄養管理を行うための基礎的データを得ることを目的とした。体重管理を行う上で重要となる負荷エネルギー消費量の推定において、実際の現場で継続的に管理ができる方法として要因加算法と心拍数法を用い、2つの測定方法の比較により検討を行った。その結果、要因加算法と比較して心拍数法の値がほぼすべての選手において高値を示した。測定方法の違いによる負荷エネルギー消費量の差の程度には個人差がみられ、心拍数が高い傾向にある選手B、Fについては、心拍数法により推定される負荷エネルギー消費量がより高くなったと考える。また、心拍数法から予想された体重変化より要因加算法から予想された体重変化の方が、より実体重の変化に近かった選手が多かったことから、心拍数法による負荷エネルギー消費量の推定値は高くなる傾向にあり、要因加算法で推定した負荷エネルギー消費量の方が実際の様子を捉えていると考えられた。

心拍数法による測定は、個人の身体能力を考慮している点から、より個人の状況を反映すると考え本調査に用いた。一方で、引原ら<sup>11)</sup>が、運動強度の強弱が大きい間欠的な身体活動では、運動直後の心拍数が酸素摂取量と比較して安静レベルに戻る時間が遅延すると示しているように、間欠的な動作では正確な心拍を捉えられないという問題点もある。シンクロナイズドスイミングの練習は間欠的な活動であり、特に演技・指導の練習は間欠的な活動が続く。実際に、演技・指導の練習割合増加に伴い、要因加算法と心拍数法の差が有意に大きくなる傾向が見られ、心拍数法による負荷エネルギー消費量が高く推定される傾向にあることが示唆された。また、演技では、シンクロナイズドスイミングの特性により、高い同調性が求められることによる心理的負荷がかかり、心拍数が高くなっている可能性も考えられた。

一方で、練習内容別に心拍数をみたところ、同じMETsの値を用いたフィギュアと演技での心拍数は違う結果となり、個人によりその差は大きく、場合によって、演技・指導ではより高いMETsに相当し、フィギュアでは低いMETsに相当することも予想された。高本ら<sup>12)</sup>によると、心拍数法の測定では演技中の潜水時に徐脈が生じ、明確な運動強度を測定できないとある。本研究では、フィギュアが演技よりも潜水の時間が長く、より潜水徐脈による影響を受けたとも考えられる。要因加算法による負荷エネルギー消費量の推定について、フィギュアでは潜水徐脈により心拍数が減少し、心拍数法から推定したエネルギー消費量が少なく推定されたという可能性も考えられるが、実際の運動強度が演技ほど高くないことも考えられ

た。また、同じ動作でも個人間の心拍数の差が大きく、複雑な動作に対して参照となる METs が少ないことから、適正な数値を当てはめられていないという可能性は残る。

以上のことから、体重変化との検討において、要因加算法による負荷エネルギー消費量の推定が妥当であると考えたが、各測定方法とも、動作により過小あるいは過大評価をしている可能性が示唆された。今回の調査では、各測定方法のどちらかあるいは両方ともにおいて、負荷エネルギー消費量を正確に推定でき、実際の現場で有用かどうかという結論には至らなかった。競技の特性上、各測定方法による負荷エネルギー消費量の推定に課題は残るが、それをふまえた上で、各測定方法の負荷エネルギー消費量の推定を精査していき、練習内容や時間別に負荷エネルギー消費量がどの程度誤差が出るかを明らかにしていくことが必要であると考えられる。

水分管理では、水中という環境特性により、実際の練習中における発汗量や水分補給の必要性についての検討が不十分であるため、運動による発汗の有無と体温変化について検討を行った。日本体育協会の「熱中症予防のための運動指針」<sup>13)</sup>では、熱中症の予防の目安として脱水率が2%を超えないこととしている。本調査では、選手7名のうち2名において脱水率が2%を超える日があり、また、選手全員が発汗量に見合った飲水を行っていなかった。脱水の指標として、尿比重をみたところ、選手F、Gは、練習前の尿比重が正常範囲を上回っていた。

一方で、体温変化の様子は、選手Eは夏季において練習後の体温が上昇する傾向にあったが、ほぼ全ての選手において練習後に低下を示した。体温変化についてより詳しく検討するため、体温計測直前の練習内容についてみたところ、演技・指導では、体温が上昇する傾向にあり、フィギュア練習では全選手において体温が低下していた。時季別にみると夏季において選手E以外の選手でより体温の低下が著しいことが示された。この結果と前述のフィギュアにおける各選手の心拍数の結果から、フィギュアの動作は、選手にとって高強度ではないとも考えられた。また、全てにおいて体温が低下していた選手B、Gは体脂肪率が低かった。このことから、体温保持のためにエネルギー摂取量を増やす必要性も示唆された。

以上のことより、練習後の体温上昇はみられず、練習中の積極的な水分補給の重要性は明らかにできなかった。しかし、脱水率2%を超える場合もあり、個々の管理が必要であると考えられる。また、練習後に体温が低下する傾向にあったことは、体温保持のためのエネルギー摂取量を増やす指導も必要であると示唆された。

2年間栄養管理を行った結果、体重は、最終的に全選手において現状維持あるいは目標体

重の範囲内となった。しかし、計測期間内で大きく体重変動があった選手もみられ、徹底した体重管理は行えていなかったと考える。体重変動が大きくなった理由としては、大会前の7月には練習が一日中行われることにより負荷エネルギー消費量が高くなったこと、1日練習の日は朝早くから夜遅くまで行われるため、朝食と夕食の摂取量が運動量に見合っていなかったこと、また、練習のない日に食事量が増え、エネルギー摂取量がエネルギー消費量より多くなったことが考えられる。

食事内容では、選手にはIOC基準に基づき炭水化物摂取量について7g/体重kg/日以上になるよう指導を行っていたが、ほぼすべての選手において基準値よりも下回っており、特に選手Aの炭水化物の摂取量は2015年、2016年ともに5名の中で最も低かった。選手Bは、2015年の炭水化物の摂取量は5名の中で最も多く、主食の量が多いことや間食におにぎりを食べるという炭水化物に対する理解の高さが伺えた。しかし、2016年では、主食を抜いた食事をする 경우가あり、炭水化物摂取量にばらつきがあった。選手D、E、Fの目標は減量であったが、炭水化物の摂取量を減らすことで、エネルギー摂取量を抑えた食事を行っていた。選手Gは、午後の練習量が多いとき夕食を欠食することがあり、また、毎日朝食はパンであることから炭水化物摂取量が少なくなったと考えられる。近藤らによると、減量に際して主食だけを減らしたり、若い女性にありがちな穀類軽視が推測された<sup>14)</sup>とある。今回の選手達も、体重増加を気にして主食を多く食べようとしめない傾向がみられ、炭水化物に関する誤った知識を持っている選手が多くいたと考える。スポーツ選手にとって炭水化物は重要な栄養素であるため、スポーツ選手としての食事の摂り方について、理解を促す教育が必要である。具体的な内容としては、体重減少を目標とする場合には、十分な炭水化物摂取量を確保しながら、脂質を抑えた食事となるような教育をし、体重維持を目標とする場合、エネルギー摂取量はそのままに、炭水化物摂取量が増やせるような教育を行う必要があると考える。

微量栄養素について、スポーツや成長期に重要となるカルシウムと鉄に注目したところ、多くの選手で摂取不足がみられた。選手B、C、Eはヨーグルトなどの乳製品の摂取頻度が高く、選手B、Cはさらに小魚類の摂取頻度が多かったことから、他の選手と比べカルシウム摂取量が高かったと考えられる。しかし、アスリート基準と比べると不足がみられ、選手A、D、F、Gにおいては、日本人の食事摂取基準（2015年版）<sup>15)</sup>による推定量（以下、食事摂取基準値とする）も満たしていなかった。したがって、食事摂取基準値不足がみられた選手を中心に牛乳・乳製品などの摂取を促し、スポーツをする上でのカルシウムの重要性を伝える教育が必要である。特に成長期である選手Gには、積極的に摂取を促す必要がある。鉄摂取量

について、選手Cは、大豆などの豆類や、海藻など鉄分を多く含む食品を多く摂取していたため、摂取量が多かったと考える。しかし、選手C以外の6名の選手で不足がみられ、選手A、D、F、Gでアスリート基準を満たしていなかった。鉄は不足しやすい栄養素であるため、鉄が多く含まれる食品を紹介し、積極的な摂取を促すための教育が必要である。今回の結果より、定期的かつ継続的な栄養教育でも、選手への意識づけは難しいことが示唆された。適切な体重管理とともに、食事内容や不足しやすい栄養素について練習内容に合わせた栄養教育が必要である。

## 要約

本研究では、水中競技選手の個々の特徴を捉え、より詳細に栄養管理を行うための基礎的データを得ることを目的とし、負荷エネルギー消費量の評価と水分補給に関する調査を行った。3～4時間練習において、負荷エネルギー消費量の推定を要因加算法と心拍数法から行ったところ、ほぼ全ての選手において心拍数法による負荷エネルギー消費量が高値を示した。体重変化を指標として、各測定方法による負荷エネルギー消費量の妥当性を検討したところ、要因加算法から予想された体重変化の方がより実体重の変化に近くなることが明らかとなり、要因加算法で推定した負荷エネルギー消費量の方が実際の様子を捉えていると考えられた。しかし、演技・指導の練習時間割合の増加に伴い、心拍数法で高値に推定される傾向にあったことや、同一METsと考えていたフィギュアと演技の心拍数は個々で異なることが明らかとなった。そのため、各測定方法とも、練習時間や動作により過小あるいは過大評価をしている可能性が残った。

水分管理は、水分補給状況の把握、運動による発汗の有無と体温変化について検討を行った。脱水率2%を超える選手は2名であり、選手全員が発汗量に見合った飲水量ではなかった。また、選手2名で練習前の尿比重が正常範囲を上回っていた。一方で、体温変化の様子は、ほぼ全ての選手において練習後に低下を示した。体温計測直前の練習が演技・指導の場合、体温が上昇する傾向にあり、フィギュア練習の場合には、全選手において体温が低下することが明らかとなった。練習後の体温上昇はみられず、練習中の積極的な水分補給の重要性は明らかにできなかったが、脱水率2%を超える場合もあり、個々に管理が必要であると考えられる。また、練習後に体温が低下する傾向にあったことは、体温保持のためのエネルギー摂取量を増やす指導も必要であると示唆された。

栄養管理の結果としての体重変化をみると、最終的に全選手において現状維持あるいは目標体重の範囲内となったが、計測期間内で大きく体重変動があった選手もみられ、徹底した体重管理は行えていなかった。食事内容では、炭水化物、カルシウムと鉄の摂取不足がみられ、定期的かつ継続的な栄養教育でも、選手への意識づけは難しいことが示唆された。適切な体重管理を行うために、食事内容や不足しやすい栄養素について練習内容に合わせた栄養教育が必要である。

## 参考文献

- 1) Naoyuki Ebine, Jian-Ying Feng, Miwako Homma, Shinichi Saitoh, Peter J. H. Jones : Total energy expenditure of elite synchronized swimmers measured by the doubly labeled water method, *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 83, No. 1, p1-6, (2000)
- 2) 丹波健市, 中井誠一, 朝山正己, 平田耕造, 花輪啓一, 井川正治, 平下政美, 菅原正志, 伊藤静夫 : 運動時の環境温度と飲水量・発汗量及び体温に関する実態調査, *体力科学* 45 巻, p151-158, (1996)
- 3) 山本喜一郎, 赤井聡文 : 高校生の屋外環境下における水中運動が身体的変化に及ぼす影響について, 平成 24 年度第 47 回全国高等学校体育連盟研究大会, p2-3, (2013)
- 4) 田井村明博, 菅原正志 : 水泳時の体温変化および体重減少量, *日本体力医学会, 体力科学* 44 巻, p739, (1995)
- 5) Barbara E. Ainsworth, William L. Haskell, Stephen D. Herrmann, Nathanael Meckes, David R. Bassett, Jr., Catrine Tudor-locke, Jennifer L. Greer, Jesse Vezina, Melicia C. Whitt-Grover, & Arthur S. Leon. Mekinda L : 2011 Compendium of Physical Activities : a second update of codes and MET values, *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE*, p1575-1581, (2011)
- 6) G. B. Suprr, Sana M. Ceesay, Andrew M. Prentice, Kenneth C. Day, Peter R. Murgatroyd, Gail R. Goldberg, Wendy Scott. : The use of heart rate monitoring in the estimation of energy expenditure : a validation study using indirect whole-body calorimetry, *British Journal of Nutrition*, Vol. 61, p175-186, (1989)
- 7) 原田亜紀子, 川久保清, 李延秀, 岩垂信, 池田千恵子, 茂住和代, 南伸子 : 24 時間活動記録、加速度計による 1 日消費エネルギー量の妥当性—Flex HR 法を用いた検討—, *体力*



- 科学 50 卷, p229-236, (2001)
- 8) 吉武裕：身体活動量評価のゴールドスタンダード—二重標識水法から歩数計まで—, 運動疫学研究 3 卷, p18-28, (2001)
- 9) 小林修平, 樋口満：アスリートのための栄養・食事ガイド, 第一出版, p110-111, (2012)
- 10) LOUISE. M. BURKE, JOHN A. HAWLEY, STEPHEN, H. S. WONG, & ASKER. E. JEUKENDRUP  
: Carbohydrates for training and competition, *Journal of Sports Sciences*, Vol. 29 (S1), p17-27, (2011)
- 11) 引原有輝, 齋藤慎一, 吉武裕：高校野球選手における簡易エネルギー消費量測定法の妥当性の検討, 体力科学 54 卷, p363-372, (2005)
- 12) 高本美和子, 武藤芳照：シンクロナイズド・スイミング選手の体力特性と障害, *Japanese journal of sports sciences*, Vol. 2, p500-508, (1983)
- 13) 日本体育協会：熱中症予防のための運動指針  
<http://www.japan-sports.or.jp/medicine/tabid/919/Default.aspx>, (2006)
- 14) 近藤昌子, 大石邦枝, 蒔田和子：静岡県国体選手の食生活調査, *The Japanese Society of Physical Fitness and Sports Medicine*, 日本体力医学会, 体力科学 42 卷, p710, (1993)
- 15) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準 (2015 年版)」策定検討会報告書：日本人の食事摂取基準[2015 年版], 第一出版, p283, p335, (2015)

表1 METs一覧表(練習時)

分類	練習項目	METs	参考コード	
水中 トレ ー ニ ン グ	クロール(速い、68.6m/分未満)	10.0	18280	
	クロール(ふつうの速さ・45.7m/分未満)	5.8	18240	
	バタフライ、全般	13.8	18270	
	背泳ぎ	9.5	18250	
	背泳ぎ(バタ足)	9.5	18250	
	背泳ぎ(手のみ)	9.5	18250	
	背泳ぎ(片手)	9.5	18250	
	ウ オ ー ミ ン グ ア ッ プ	背泳ぎ(ゆっくり)	4.8	18255
		背泳ぎ(足のみ・バタフライ)	9.5	18250
		背泳ぎ(片足上げ)	9.5	18250
		平泳ぎ	10.3	18260
		平泳ぎ(ゆっくり)	5.3	18265
		バタ足	9.8	18230
		横泳ぎ	7.0	18320
		スカーリング	8.0	18330
		立ち泳ぎ(前進)、きつい労力	9.8	18340
		立ち泳ぎ(横)、きつい労力	9.8	18340
		犬かき	9.8	18340
		潜水	15.8	18180
		潜水(ほどほどの速さ)	11.8	18190
		浮く(横になって静かにする: 何もしない)	1.3	07011
		水中ストレッチ(水中体操)	5.5	18355
		プールサイドにつかまる	1.3	02135
フィギュア	フィギュア(シンクロナイズドスイミング)	8.0	18330	
演技	演技(シンクロナイズドスイミング)	8.0	18330	
指導	立ち泳ぎ、ほどほどの労力	3.5	18350	
その他	片づけ(掃除: 全般)	2.5	05040	
	座る(座って静かにする: 全般)	1.3	07021	
	歩く(3.2km/時未満、水平な地面、とてもゆっくり)	2.0	17151	
	プールサイド(立位: 会話をする)	1.8	09050	
	プールサイド(立位で静かにする)	1.3	07040	

5) を参考に作成した。

## 表2 Flex HR計測手順

---

1. 20分間安静にする(20分)
2. 安静時の心拍数と酸素摂取量を計測する(9分)
  - 仰臥位(3分:心拍が定常状態となるまで)
  - 座位(3分:心拍が定常状態となるまで)
  - 立位(3分:心拍が定常状態となるまで)
3. 運動時のHRとVO<sub>2</sub>を計測する(44分)
  - ①サイクルエルゴメーター:50回転/分
    - 26W、3分で心拍を定常状態にした後3分計測し5分休憩後、次の計測を行う
    - 50W、3分で心拍を定常状態にした後3分計測し5分休憩後、次の計測を行う
    - 76W、3分で心拍を定常状態にした後3分計測し5分休憩後、次の計測を行う
    - 100W、3分で心拍を定常状態にした後3分計測し5分休憩後、②の計測を行う
  - ②ステッピング:20回/分(11分)
    - 20cmのブロックを上り下り(4歩)で1回とする
    - 3分で定常状態にした後3分計測し、5分休憩後③の計測を行う
  - ③ジョギング:138回/分(11分)
    - その場で1歩を1回とする
    - 3分で定常状態にした後3分計測

計95分

---

6)、7) を参考に作成した。

表3 METs一覧表(練習外)

分類	項目	METs	参考コード
セルフケア	睡眠	1.0	07030
	食事をする: 座位	1.5	13030
	トイレ: 座位	1.8	13009
	入浴: 座位	1.5	13010
	着替え: 立位、または座位	2.5	13020
	身支度をする: 手を洗う、歯を磨く、化粧をする、座位、または立位	2.0	13040
移動	家から車やバスまで歩く、車やバスから目的地まで歩く	2.5	17161
	通学	4.0	17270
	散歩	3.5	17250
	走る(ランニング: 6.4km/時、107.3m/分)	6.0	12029
	自転車に乗る: 16.1km/時未満、レジャー、通勤、娯楽	4.0	01010
	自動車やトラックに乗車	1.3	16015
	バスや電車に乗車	1.3	16016
	立位で静かにする: 列に並ぶ	1.3	07040
	階段を上る: ゆっくり	4.0	17133
	階段を降りる	3.5	17070
	歩行: 家の中	2.0	17150
学校での活動	座位: 学校の授業、全般	1.8	09065
	座位: コンピュータまたはテキストメッセージを送る、楽な労力	1.5	09055
	体育(ダンス)	5.5	03018
	体育(バドミントン: 試合以外でのシングルとダブルス)	5.5	15030
	体育(バスケットボール: 全般)	6.5	15055
	体育(ソフトボール: 練習)	4.0	15625
	体育(マット運動)、健康体操: 全般	3.5	02030
	体育祭の練習、歩行: 芝のトラック	4.8	17260
家での活動	座って静かにテレビを見る	1.3	07020
	台所での活動: 全般(調理、皿洗い、掃除)、ほどほどの労力	3.3	05035
	食料品の買い物: 立位や歩行を伴う	2.3	05060
	調理や食材の準備: 立位、座位、全般、楽な労力	2.0	05050
	皿洗い: テーブルから皿を片付ける、歩く、楽な労力	2.5	05042
	浴室や浴槽磨き、楽な労力	2.0	05131
	掃除: カーペットやフロアの掃き掃除、全般	3.3	05010
	掃除: 掃き掃除、ゆっくり、楽な労力	2.3	05011
	模様替え: ほどほどの労力	3.0	05147
	編み物: 裁縫、楽な労力、座位	1.3	05080
	洗濯: 洗濯物を干す、またはたたむ、立位を含む、楽な労力	2.0	05090
	洗濯: 洗濯物を片付ける、歩行を伴う	2.3	05095
	動物と遊ぶ、全般、楽な労力、活動時に限る	3.0	05192
	ペットへの餌やり	2.5	05053
	掃除: 全般(整頓、リネンの交換、ごみ捨て)、楽な労力	2.5	05040
	立位: 子供を抱えながら	2.0	05183
子供の世話: 幼児、全般	2.5	05184	
立位: 子供と遊ぶ、楽な労力、活動時に限る	2.8	05171	
	自転車の空気を入れる、ほどほどの労力	3.8	02022
多 方面 に わた る 活 動	座位: 会話をする、楽な労力	1.5	09055
	立位: 会話をする、楽な労力	1.8	09050
	座位: 勉強、全般、読み書きを含む、楽な労力	1.3	09060
	座って静かにする: 全般	1.3	07021
	歌う、立位: 教会で歌う	2.0	20020
運 動	ストレッチ: ゆったり	2.3	02101
	レジスタンストレーニング: 複合的エクササイズ	3.5	02054
	音合わせ: 立位	2.3	10030
	片づけ、立位: 荷造り、または荷物を取り出す、ほどほどの労力	3.5	05146
	往復水泳: 自由形、クロール、ゆっくり、楽からほどほどの労力	5.8	18240
	筋トレ、トレーニング、家庭での運動: 全般	3.8	02064
	ランニング	8.0	12150

5)を参考に作成した。

表4 要因加算法と心拍数法による負荷エネルギー消費量の差

選手	評価法	2/16	2/25	3/9	3/17	3/23	4/11	5/23	5/24	5/26	5/27	6/13	7/4	7/25	8/10	平均±偏差
A	要因加算法	619	757	892	864	758	679	679	794	1,008	806	963	1,035	1,035	517	808±156
	心拍数法	900	974	1,028	894	942	904	904	958	1,154	1,076	1,098	1,439	1,439	683	1,004±183
	差	-281	-217	-136	-30	-184	-225	-225	-164	-146	-270	-135	-404	-404	-166	-197±94
B	要因加算法	612	830	764	879	841	659	659	772	990	767	767	786±107			
	心拍数法	1,175	1,195	1,328	1,360	1,175	1,307	1,307	1,257	1,691	1,419	1,419	1,314±156			
	差	-563	-365	-564	-481	-334	-648	-648	-485	-701	-652	-652	-527±122			
E	要因加算法	848	874	868	933	1,022	826	633	854	826	826	728	853±107			
	心拍数法	1,090	1,120	1,122	1,127	1,032	995	964	934	860	860	1,149	1,033±95			
	差	-242	-246	-254	-194	-10	-169	-331	-80	-34	-34	-421	-180±137			
F	要因加算法	895	957	734	766	642	642	642	928	863	750	1,019	923	1,055	732	855±129
	心拍数法	1,658	1,843	1,529	1,528	1,222	1,637	1,499	1,547	1,729	1,600	2,098	1,600	2,098	1,624±211	
	差	-763	-886	-795	-762	-580	-709	-580	-636	-797	-710	-677	-1,043	-1,043	-868	-769±124
G	要因加算法	578	765	537	655	519	672	672	615	672	672	1,032	811	469	671±160	
	心拍数法	843	1,007	847	835	803	915	817	1,006	1,006	1,066	1,066	1,277	600	911±175	
	差	-265	-242	-310	-180	-284	-284	-184	-202	-334	-334	-34	-466	-131	-239±114	

調査期間の内、練習時間が3~4時間の結果を抜粋した。

差は要因加算法による推定値から心拍数法による推定値を引いた値とする。

(kcal)

表5-1 栄養素別摂取量の推移(2015年)

選手	月	エネルギー (kcal/日)	たんぱく質 (g/日)	脂質 (g/日)	炭水化物 (g/日)	カルシウム (mg/日)	鉄 (mg/日)	ビタミンA (μgRAE/日)	ビタミンB1 (mg/日)	ビタミンB2 (mg/日)	ビタミンC (mg/日)	食物繊維総量 (g/日)
基準値		2,500	95.0	70.0	370.0	900~1,000	10~15	900	1.5~2.0	1.5~2.0	100~200	20~25
A	5月	2,017	77.6	59.0	283.1	513	7.4	679	1.02	1.32	144	11.8
	6月	1,150±126	62.1±10.8	34.9±10.2	144.8±20.8	542±79	7.4±1.6	544±203	0.80±0.24	0.94±0.09	105±63	12.0±4.2
	7月	1,788±412	66.1±14.7	55.7±33.7	250.2±45.6	497±205	8.2±2.1	716±328	0.94±0.34	1.08±0.30	113±38	17.7±5.7
B	5月	2,838	110.3	99.6	367.2	1,045	16.1	856	1.53	1.99	137	23
	6月	2,525±425	95.8±18.4	70.5±19.7	372.7±58.8	815±197	9.3±2.0	800±249	1.14±0.21	1.57±0.20	136±35	25.6±13.2
	7月	3,289±460	126.5±32.9	107.6±23.3	438.8±52.5	893±240	12.5±3.4	694±104	1.44±0.67	1.87±0.45	87±25	22.6±7.4
C	5月	2,385	113.1	69.5	322.5	782	10.1	856	1.51	1.99	180	17.0
	6月	2,101±556	109.1±27.7	61.4±24.0	275.2±76.2	889±327	13.3±2.1	903±458	1.70±1.13	1.97±0.90	224±117	28.0±10.1
	7月	2,172±292	104.6±25.1	56.2±6.6	313.6±44.7	878±212	14.8±5.1	908±332	1.88±0.72	1.92±0.43	171±36	31.0±6.4
D	5月	2,280	88.4	50.0	360.2	660	10.2	1039	0.82	1.60	160	16.6
	6月	2,094±360	76.4±14.4	58.2±19.7	304.1±57.6	449±162	7.6±2.0	442±161	0.84±0.25	1.39±0.47	100±80	11.5±3.7
	7月	1,873±347	71.4±15.1	58.7±12.7	262.6±59.7	458±184	8.8±2.3	717±711	1.14±0.27	1.26±0.32	144±89	24.8±17.3
E	5月	2,143	94.9	50.9	318.3	282	8.6	599	0.87	0.86	164	14.2
	6月	2,321±295	91.4±22.7	49.5±19.2	375.4±42.5	689±297	9.1±2.2	677±182	1.01±0.14	1.41±0.29	159±49	25.7±12.7
	7月	2,187±245	91.5±26.6	65.7±12.9	305.9±46.4	781±154	7.5±1.5	630±237	1.51±0.66	1.40±0.28	114±57	19.2±6.3

基準値は⑨を参考とした。  
アークは平均±偏差で示す。

表5-2 栄養素別摂取量の推移(2016年)

選手	月	エネルギー (kcal/日)	たんぱく質 (g/日)	脂質 (g/日)	炭水化物 (g/日)	カルシウム (mg/日)	鉄 (mg/日)	ビタミンA (μgRAE/日)	ビタミンB1 (mg/日)	ビタミンB2 (mg/日)	ビタミンC (mg/日)	食物繊維総量 (g/日)
基準値		2,500	95.0	70.0	370.0	900~1,000	10~15	900	1.5~2.0	1.5~2.0	100~200	20~25
A	3月	1,648±744	65.2±22.2	69.0±37.0	184.9±91.2	482±248	6.1±2.3	577±499	0.79±0.37	1.16±0.33	90±51	9.8±5.2
	5月	1,577±418	59.3±7.4	59.4±22.9	198.1±55.8	572±202	7.5±2.3	443±88	0.72±0.14	1.18±0.24	75±35	12.8±3.2
	7月	1,366±475	57.4±18.6	49.2±26.2	171.9±53.7	429±112	6.6±2.3	405±181	0.72±0.23	1.08±0.42	115±33	11.8±3.6
B	3月	2,015±457	76.9±21.5	73.7±23.9	255.3±45.8	558±238	8.9±1.9	633±219	0.97±0.30	1.34±0.41	114±50	15.1±4.1
	5月	2,336±624	93.1±16.1	64.2±18.5	342.7±125.4	929±438	11.0±4.2	538±87	0.98±0.26	1.84±0.65	130±67	20.1±10.6
	7月	2,271±457	80.4±27.1	65.9±22.8	274.6±104.3	677±323	9.5±3.6	529±196	0.90±0.32	1.50±0.56	122±58	15.7±6.7
E	3月	2,040±758	86.0±22.7	51.4±34.1	309.1±99.7	824±85	8.2±2.6	802±449	1.11±0.40	1.70±0.41	142±44	18.7±4.8
	5月	2,339±489	113.5±14.9	79.7±18.3	292.1±81.4	1,035±345	14.8±2.3	979±195	1.26±0.21	2.38±0.40	126±16	24.1±4.5
	7月	2,148±412	92.2±16.6	73.4±25.5	275.2±60.7	792±92	11.2±3.3	721±386	1.36±0.18	1.99±0.48	138±64	17.6±2.6
F	3月	1,790±182	63.0±10.5	57.1±17.2	236.2±36.3	339±84	6.0±1.7	332±121	0.96±0.31	0.99±0.19	64±44	10.9±2.9
	5月	1,757±295	58.3±11.6	51.4±15.6	255.1±37.1	403±172	7.0±1.7	398±166	0.89±0.39	1.01±0.17	48±30	9.6±2.5
	7月	2,049±384	76.2±20.6	66.4±22.4	274.3±39.6	463±65	8.0±2.3	435±172	1.14±0.28	1.22±0.29	86±21	11.7±2.8
G	3月	2,475±621	90.7±27.2	86.3±13.8	322.9±98.9	786±268	6.9±2.7	396±125	1.05±0.48	1.76±0.58	56±46	11.0±5.4
	5月	2,116±263	65.6±16.5	50.7±15.9	333.9±19.8	277±134	4.6±0.6	305±92	0.54±0.06	0.81±0.12	34±27	6.1±1.8
	7月	1,604±252	53.4±12.4	50.8±12.0	228.6±36.4	253±136	5.4±1.2	204±136	0.59±0.11	0.74±0.31	77±85	8.7±4.6

基準値は⑨を参考とした。  
アークは平均±偏差で示す。

表6-1 体重当たりの栄養素摂取量(2015年)

選手	月	たんぱく質		炭水化物	
		(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
		基準値		1.2~1.4	7.0
	5月	1.5		5.4	
A	6月	1.3±0.2		3.0±0.4	
	7月	1.4±0.3		5.5±1.0	
B	5月	2.3		7.7	
	6月	2.1±0.4		8.1±1.3	
	7月	2.7±0.7		9.4±1.1	
C	5月	2.2		6.4	
	6月	2.2±0.6		5.6±1.5	
	7月	2.3±0.6		6.8±0.9	
D	5月	1.7		6.9	
	6月	1.4±0.2		5.9±0.6	
	7月	1.4±0.3		5.2±1.2	
E	5月	1.8		6.0	
	6月	1.7±0.4		7.0±0.8	
	7月	1.8±0.5		6.0±0.9	

基準値は10)を参考とした。  
データは平均±偏差で示す。

表6-2 体重当たりの栄養素摂取量(2016年)

選手	月	たんぱく質		炭水化物	
		(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
		基準値		1.2~1.4	7.0
	3月	1.3±0.5		3.8±1.9	
A	5月	1.2±0.2		4.1±1.1	
	7月	1.2±0.4		3.5±1.1	
B	3月	1.6±0.4		5.3±1.0	
	5月	1.9±0.3		7.1±2.6	
	7月	2.0±0.4		6.3±1.9	
E	3月	1.7±0.5		5.4±1.2	
	5月	2.3±0.3		6.0±1.7	
	7月	1.9±0.3		5.6±1.2	
F	3月	1.2±0.1		4.8±0.5	
	5月	1.1±0.2		4.9±0.7	
	7月	1.5±0.4		5.3±0.8	
G	3月	2.3±0.8		7.7±2.2	
	5月	1.7±0.4		8.5±0.5	
	7月	1.4±0.3		5.9±0.9	

基準値は10)を参考とした。  
データは平均±偏差で示す。

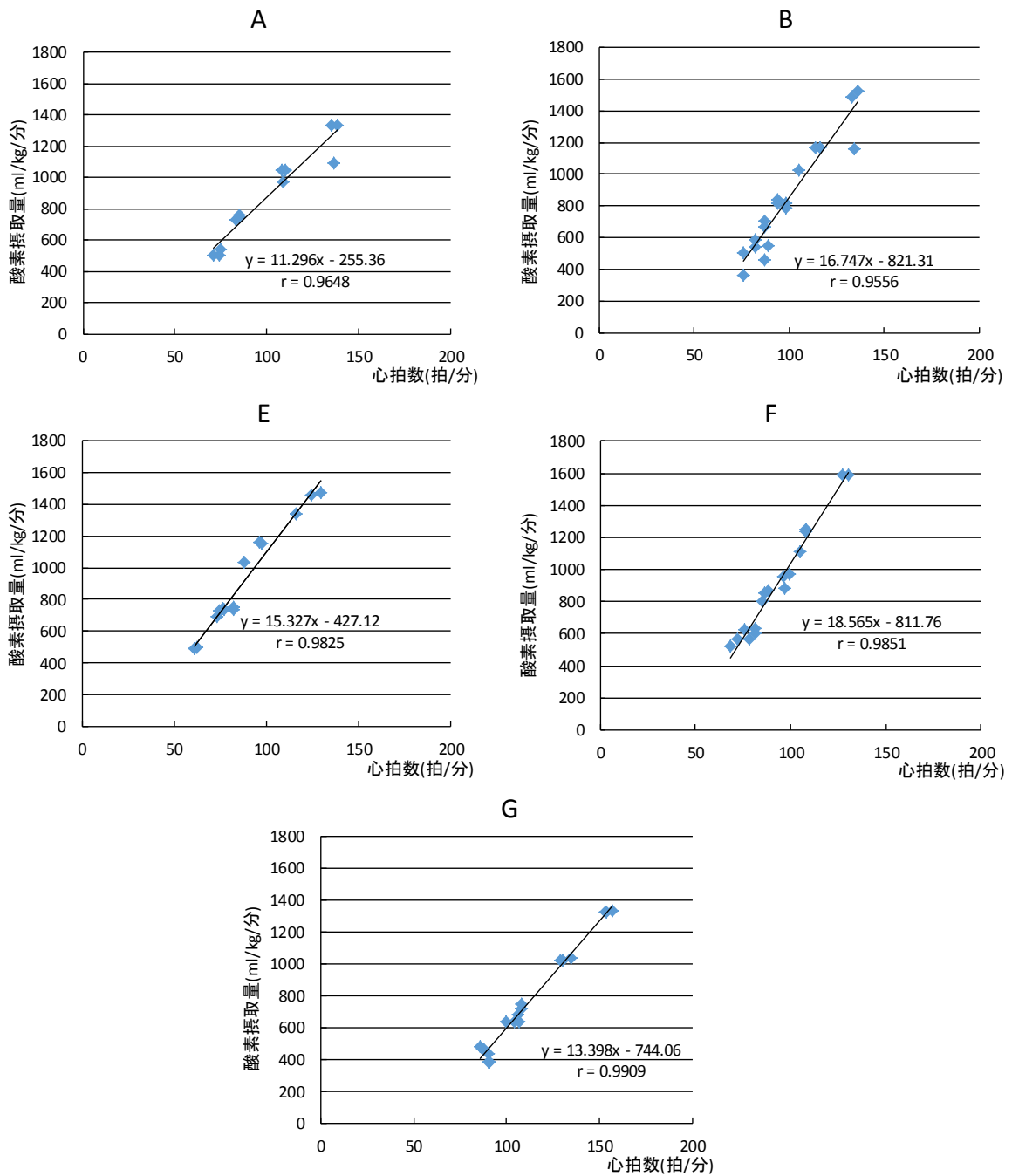


図1 心拍数と酸素摂取量の関係式



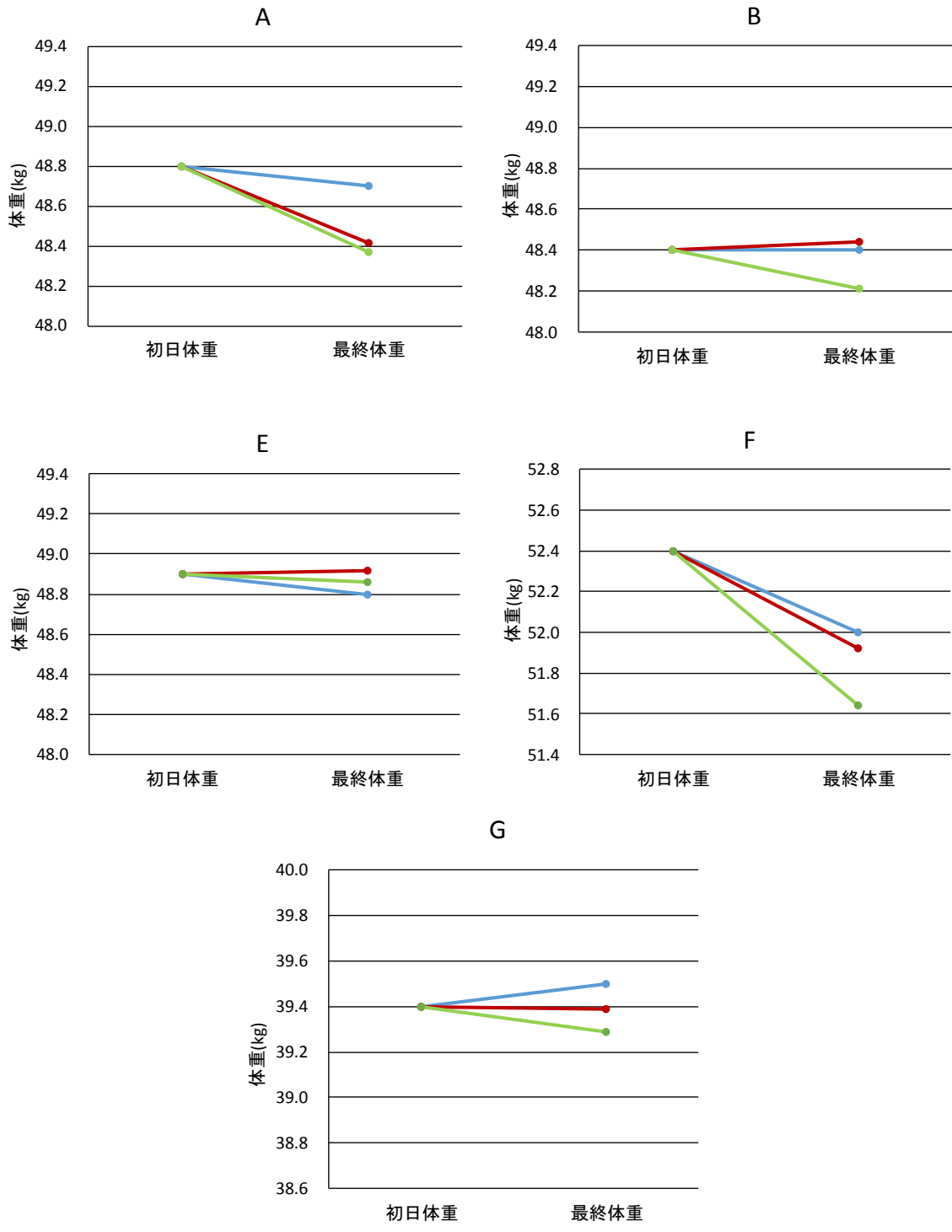
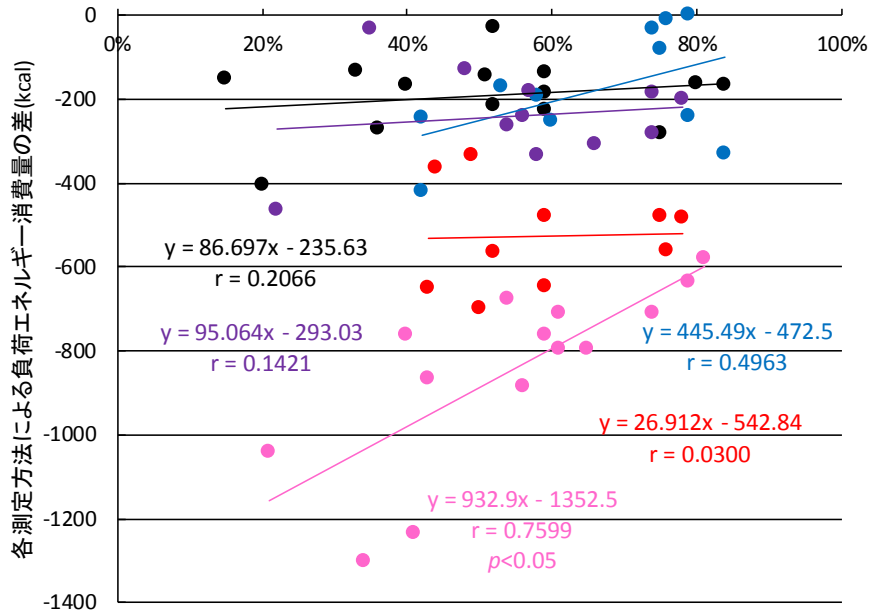


図2 予想された体重変化と実際の体重変化の比較

● 実体重 ● 要因加算法 ● 心拍数法

1) フィギュア



2) 演技・指導

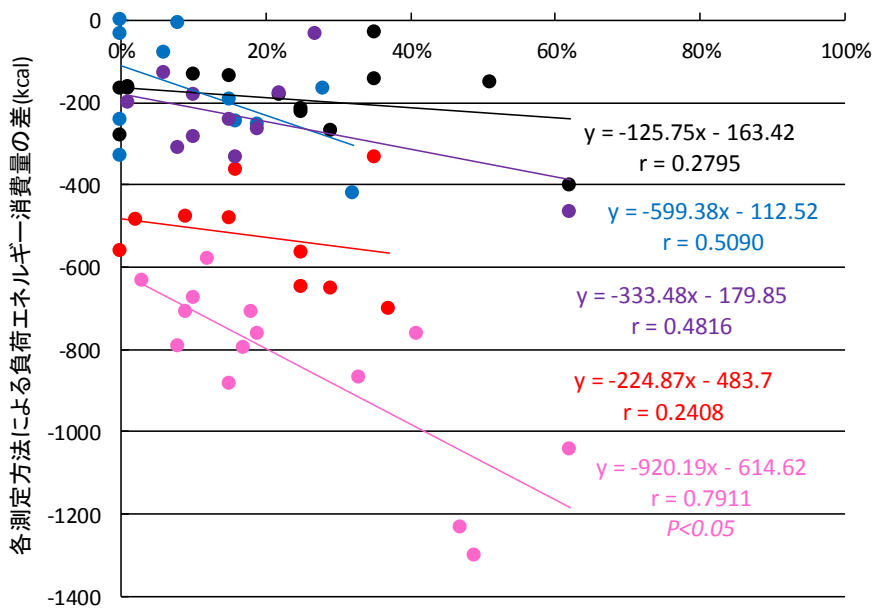
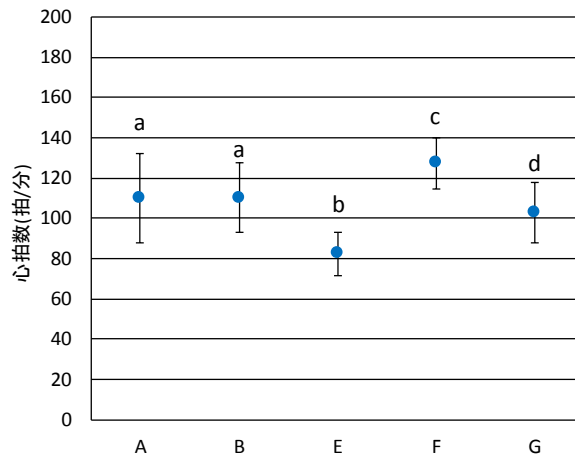


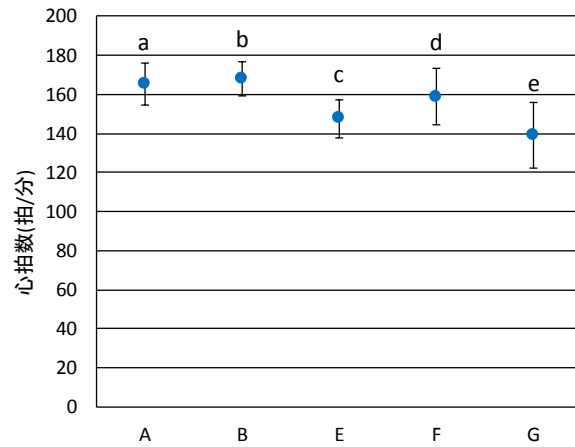
図3 各練習時間割合が測定方法の違いによる負荷エネルギー消費量の差に及ぼす影響

● A ● B ● E ● F ● G

### 1) フィギュア



### 2) 演技



### 3) クロール

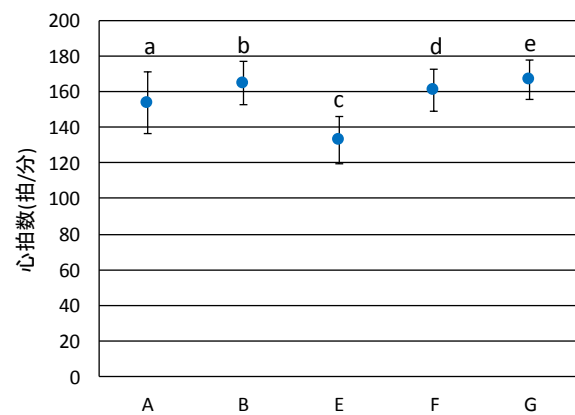
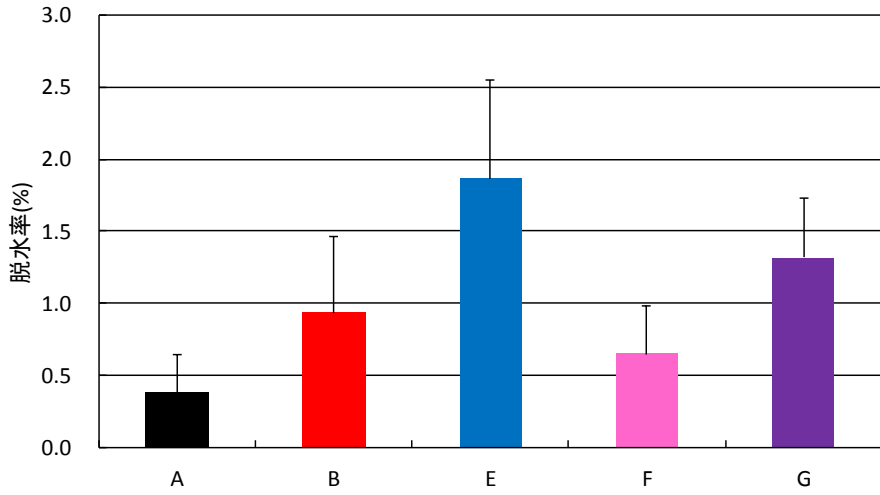


図4 練習内容別の心拍数

データは平均±偏差で示す。

a~e: 異なる文字間で有意差あり( $p < 0.05$ , ANOVA, チューキーのHSD法)

1) 春季



2) 夏季

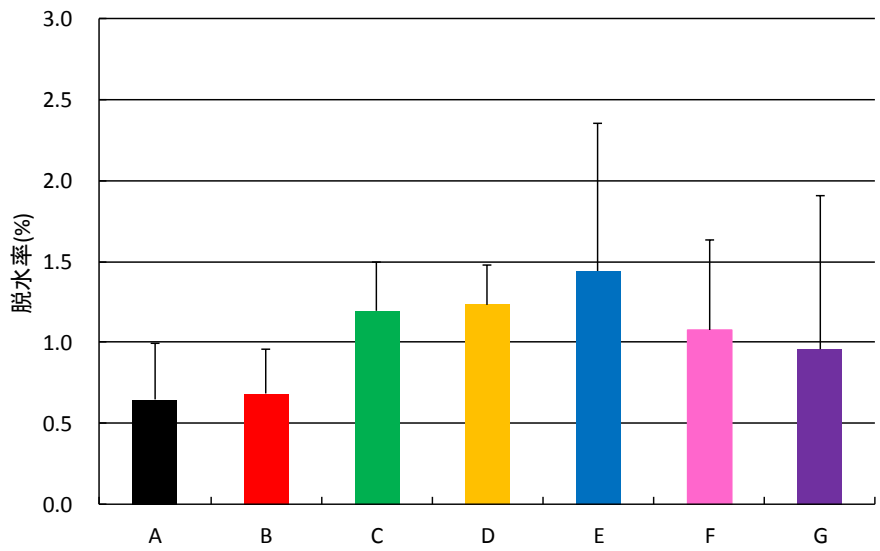
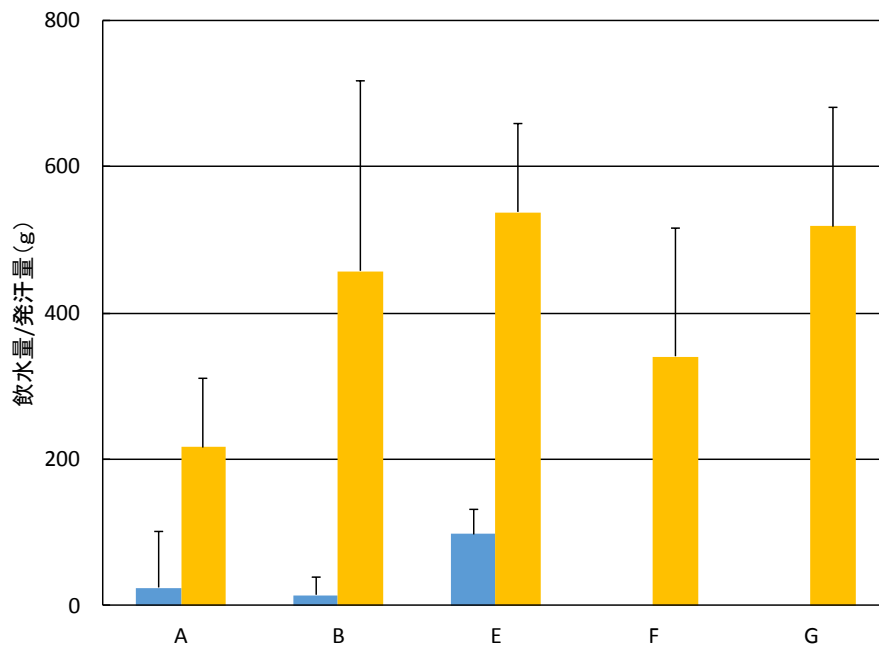


図5 脱水率

データは平均±偏差で示す。

1) 春季



2) 夏季

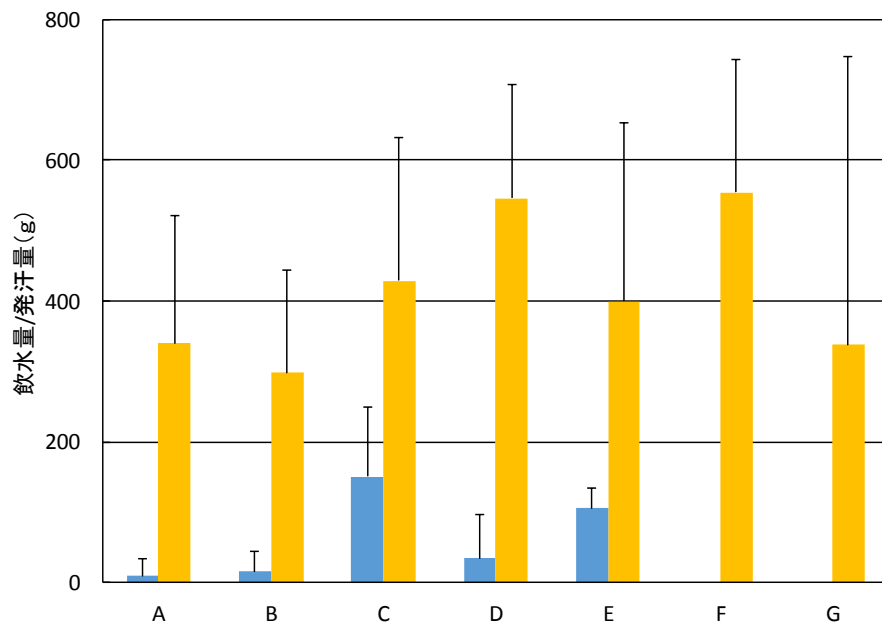


図6 飲水量と発汗量

データは平均±偏差で示す。

■ 飲水量    ■ 発汗量

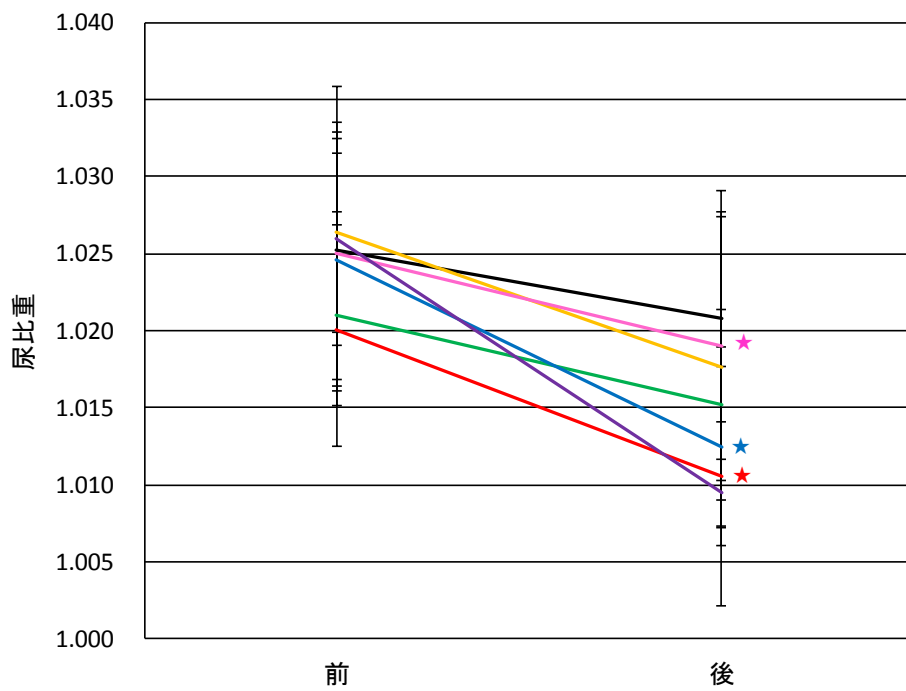


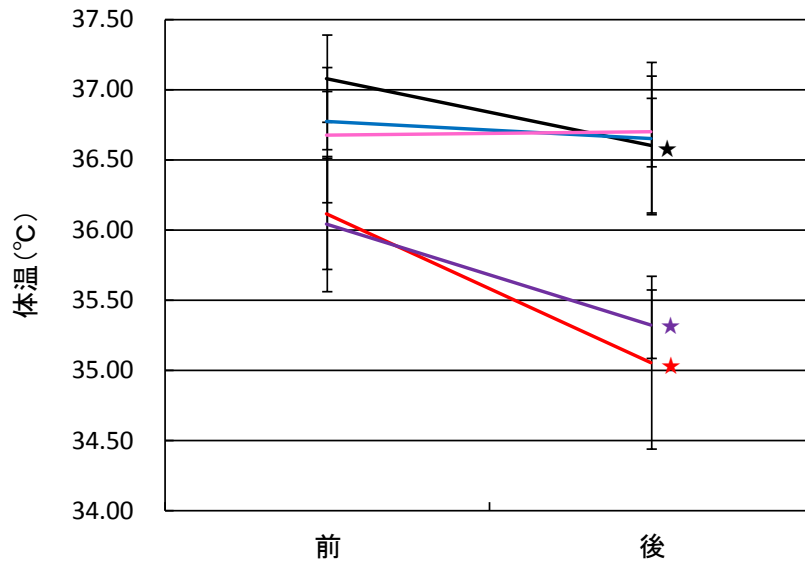
図7 練習前後の尿比重の変化

— A — B — C — D — E — F — G

データは平均±偏差で示す。

★ $p < 0.05$  vs 練習前、対応のある $t$ -検定

1) 春季



2) 夏季

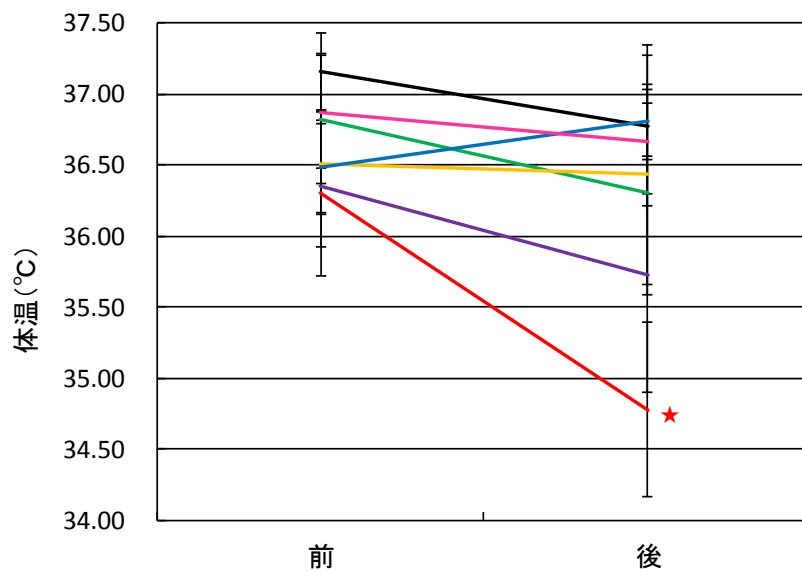


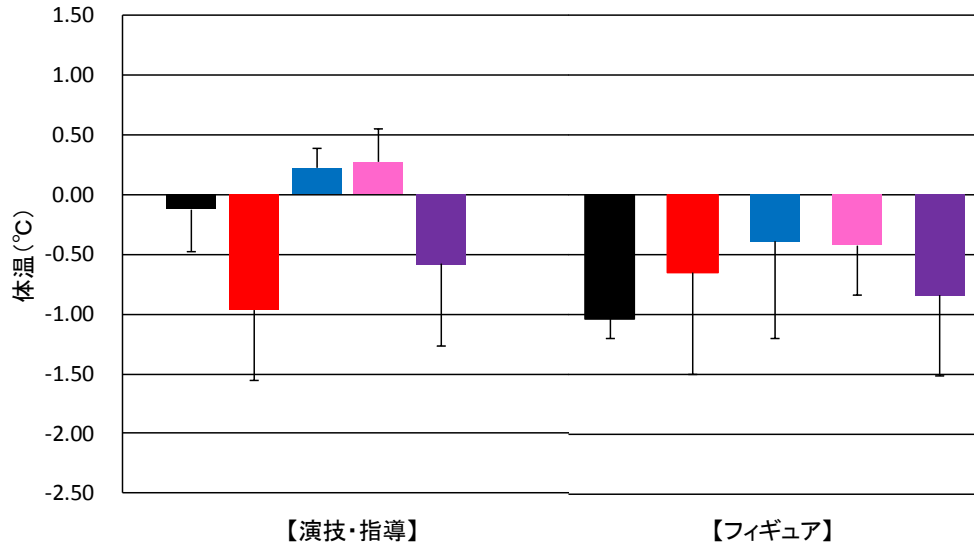
図8 練習前後の体温変化

— A — B — C — D — E — F — G

データは平均±偏差で示す。

★ $p < 0.05$  vs 練習前、対応のある $t$ -検定

1) 春季



2) 夏季

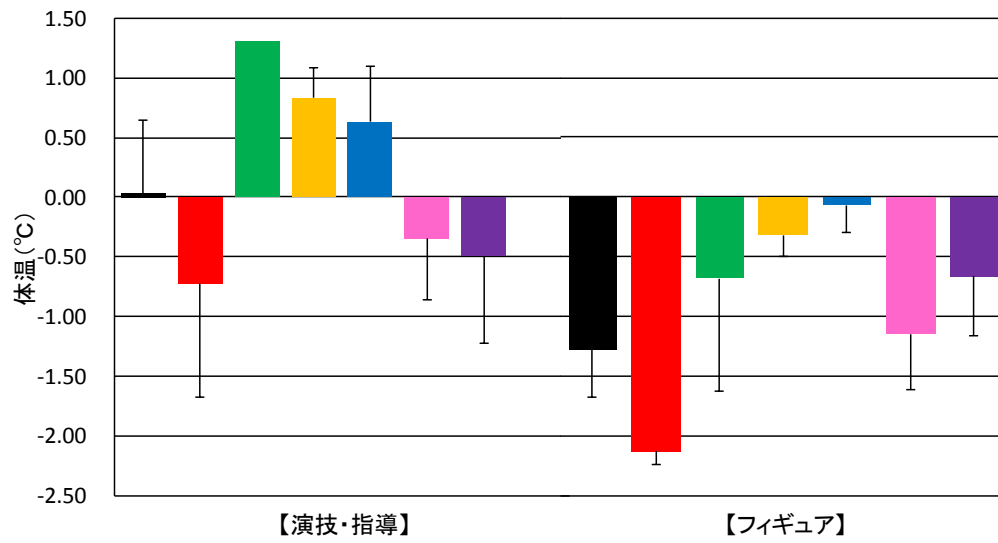


図9 体温計測直前の動作の違いによる体温変化への影響

■ A ■ B ■ C ■ D ■ E ■ F ■ G

データは平均±偏差で示す。



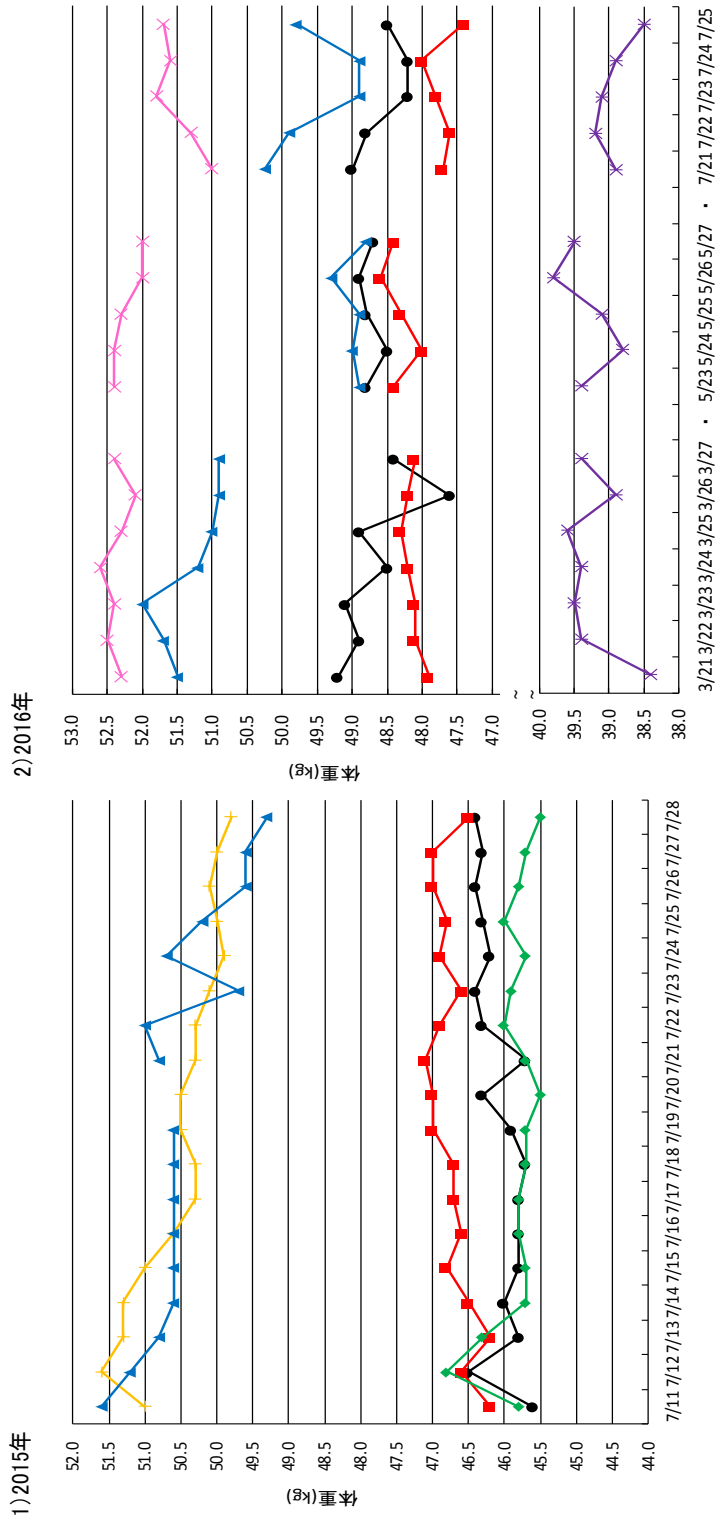


図10 体重の推移

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、調査にご協力いただきました広島県のシンクロナイズドスイミング競技者7名および指導者様並びに関係者の皆様に心より感謝いたします。

Flex HR を測定するにあたりご協力いただきました木村浩彰教授、河江敏広先生を始めとする広島大学病院診療支援部リハビリテーション部門の皆様に心より感謝いたします。

主査、副査としてご指導いただきました広島女学院大学人間生活学部特任教授石村和敬先生、同学部教授坂井堅太郎先生、終始熱心なご指導ご鞭撻を頂いた同学部教授下岡里英先生に深く感謝いたします。

院生の鮎川真紀さんを始め、下岡研究室の学部生の皆様にご協力をいただきましたこと心より感謝いたします。