

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500801

研究課題名(和文) アスリートの基礎代謝量の個人差は競技特性で説明できるか？

研究課題名(英文) Does individual variability of basal metabolic rate can be explained by sports-specific characteristics?

研究代表者

田口 素子 (Taguchi, Motoko)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・准教授

研究者番号：90360734

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：競技者の基礎代謝量の個人差に影響する要因を明らかにすることを目的とし、男性競技者15名を対象として除脂肪量(FFM)、臓器や組織の重量、褐色脂肪組織、遺伝子多型の影響について検討した。基礎代謝量はダグラスバッグ法、身体組成及び各組織重量はDXA法、肝臓、腎臓及び脳重量はMRI法、心臓重量は超音波法を用いて測定した。褐色脂肪組織(BAT)の活性は寒冷暴露後にFDG/PET-CT法により評価した。その結果、BATの影響は見られず、基礎代謝量の個人差に最も影響する因子は臓器量よりもFFMであった。このことから、BMR個人差はFFMで説明でき、競技者の食事管理に応用できることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This study was performed to evaluate the factors of individual variability in basal metabolic rate (BMR) of Japanese athletes. BMR was measured by indirect calorimetry using Douglas bag technique. Systemic and regional body compositions (fat-free mass (FFM), skeletal muscle, fat mass, bone mass, and residual mass) were estimated by dual energy x-ray absorptiometry. Mass of liver, kidneys and brain were measured by MRI, and mass of heart was estimated by echocardiography. Brown adipose tissue (BAT) activity after cold exposure was assessed by FDG-PET/CT measurement. Gene polymorphism of energy metabolism was also determined. As a result, most powerful predictor of BMR in Japanese athletes was FFM rather than organ tissue mass. BAT activity was unrelated to BMR. These data indicate that individual variability of BMR can be explained by the difference in FFM, and FFM would be applicable to dietary management for Japanese athletes.

研究分野：スポーツ栄養学、エネルギー代謝、身体組成

キーワード：基礎代謝量 競技特性 競技者 身体組成 除脂肪量 褐色脂肪組織 臓器・組織重量 骨格筋量

1. 研究開始当初の背景

競技者が1日の総エネルギー消費量に見合うエネルギーを摂取することはコンディションやパフォーマンスを維持または向上させる上で重要である。基礎代謝量は1日の総エネルギー消費量を見積もる際に基準となる指標であるため、競技者の適切な食事管理のためには基礎代謝量を精度高く推定することが求められる。しかし、食事管理の現場において個々人の基礎代謝量を測定することは困難であることから、競技者の基礎代謝量個人差に影響を及ぼす要因を明らかにする必要がある。

体重を体脂肪量 (FM) と除脂肪量 (FFM) の2つに大別する2成分モデルの身体組成区分を用いた場合、競技者の基礎代謝量は体格や性別に関係なく FFM に最も影響を受け、加えて甲状腺ホルモンのトリヨードサイロニン (T_3) にも影響を受けることが明らかとなっている。しかし、先行研究による競技者の基礎代謝量に対する FFM の寄与率は 45.0 ~ 70.6%、 T_3 の寄与率は 2.3 ~ 7.8% であり、FFM と T_3 では説明ができていない部分が約 25 ~ 50% 存在する。FFM は代謝率が異なる臓器や組織によって構成されており、一般人においては、FFM よりも臓器や組織の重量を用いた方が、基礎代謝量に対する高い寄与率が得られたことを報告した研究があるが、競技者においてはそのような検討はなされていない。

また近年、脂肪組織の1つである褐色脂肪組織 (BAT) がエネルギー代謝調節の観点から注目されている。活性化された BAT が習慣的な寒冷暴露によって増加するとの報告から、競技者ではトレーニング環境のひとつである温度の影響によって BAT の有無と活性が異なり、その違いが基礎代謝量の個人差に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、競技者の基礎代謝量に及ぼす

1) 臓器・組織重量、2) BAT の有無と活性、及び 3) エネルギー代謝に影響する遺伝子多型の有無、の影響を検討し、これまで2成分モデルでは十分に説明ができなかった競技者の基礎代謝量個人差の規定要因を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 男子大学生ボート選手8名及び競泳選手7名を対象とした。基礎代謝量はダグラスバッグ法にて測定した。身長及び体重は早朝空腹時に測定した。FM, FFM, 脂肪組織量 (AT), 骨量 (BM), 骨格筋量 (SM), 残余組織量 (RM) は DXA 法を、心臓重量は超音波法を、肝臓、腎臓及び脳の重量は MRI 法を用いて測定した。また RM より心臓、肝臓、腎臓及び脳の重量を差し引いて RM' を算出した。 T_3 は血液検査によって測定した。身体的及び生理的特性と基礎代謝量との関係は Pearson の単相関係数を求めた。また基礎代謝量を従属変数とし、身体組成や臓器・組織重量及び T_3 を説明変数として重回帰分析 (ステップワイズ法) を行った。その際、身体組成の区分方法によって説明変数を変化させた4つのモデルを用い、 T_3 は全てのモデルに加えた (図1)。

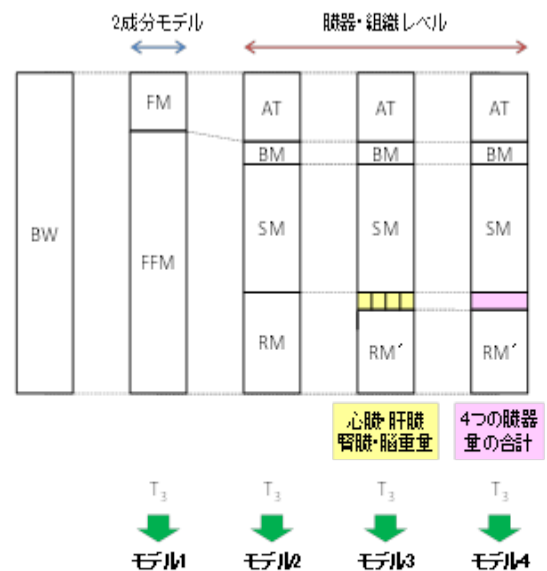


図1. 重回帰分析 (ステップワイズ法) で用いた説明変数の身体組成区分方法

BW: 体重, FM: 体脂肪量, FFM: 除脂肪量
AT: 脂肪組織量, BM: 骨量, SM: 骨格筋量, RM: 残余組織量
 T_3 : トリヨードサイロニン

(2)BAT の活性の指標としてまず寒冷誘導熱産生(CIT)を測定した。19 日、2 時間の寒冷暴露前後でダグラスバッグ法によるエネルギー消費量の測定を行い、CIT は寒冷暴露後のエネルギー消費量から寒冷暴露前のエネルギー消費量を差し引いて算出した。

さらに、関連暴露により CIT が上昇または低下した者 12 名を抜粋し、試験日には朝食後少なくとも 5 時間の絶食を行い、室温 19 °C の安静室にて 2 時間過ごしたのち、18F-フルオロデオキシグルコース(FDG)を静脈投与し、FDG の F18 が発生する 線を陽電子放射断層撮影法(Positron Emission Tomography: PET)を用いて捉えて画像化することにより、褐色脂肪細胞の有無と活性を評価した。

(3)エネルギー代謝に影響を及ぼす遺伝子として、 α_1 -アドレナリン受容体遺伝子や脱共役たんぱく質(UCP1) 遺伝子、 α_2 -アドレナリン受容体遺伝子の多型の有無について、血液を用いて分析した。

4 . 研究成果

(1)基礎代謝量との間に最も強い相関関係が認められたのは FFM ($r = 0.897$, $p < 0.001$) であり、次いで SM ($r = 0.875$, $p < 0.001$) であった。重回帰分析(ステップワイズ法)の結果、2 成分モデルの身体組成区分(モデル 1)では FFM のみが選択され、その寄与率は 80.4%であった。一方、臓器・組織レベルの身体組成区分(モデル 2, 3, 4)では SM のみが選択され、その寄与率は 76.6%であった。

(2) CIT は、競泳選手 (-20 ± 97 kcal/day) に比べてボート選手 (94 ± 125 kcal/day) で高い傾向を示した ($p = 0.073$)。CIT と基礎代謝量との間に有意な相関関係は認められなかった ($p = 0.495$)。また、FDG-PET/CT を用いた褐色脂肪細胞活性の測定では、測定した全員が BAT ポジティブであったが、BAT 活性値と基礎代謝量との関連は認められな

かった。

(3)遺伝子多型と基礎代謝量との関連については明らかにすることができず、更なる研究が必要であると考えられた。

以上より、競技者の基礎代謝量個人差に最も影響を及ぼす要因は FFM であることが示唆された。このことから、精度高く測定した FFM の値を用いて推定エネルギー必要量を求めることにより、競技者の食事管理に応用できることが明らかになった。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 6 件)

Satomi Oshima, Suguru Torii, Motoko Taguchi and Mitsuru Higuchi. Fat-free mass gain by physical training and overfeeding increases resting energy expenditure in male athletes. 61st Annual Meeting of American College of Sports Medicine, 2014 年 5 月 29 日, Florida(USA).

鈴木晴香、田口素子. 男子大学生競技者の基礎代謝量における個人内変動と推定値の検討. 日本スポーツ栄養学会第 1 回大会, 2014 年 7 月 12 日, 早稲田大学(東京都)

長坂聡子、西山英子、田口素子. 競技者を対象とした食事調査における分析値の評価. 日本スポーツ栄養学会第 1 回大会, 2014 年 7 月 12 日, 早稲田大学(東京都)

村田浩子、大嶋里美、鳥居俊、樋口満、田口素子. 重量級競技者における身体組成がインスリン抵抗性に及ぼす影響に関する性差. 日本スポーツ栄養学会第 1 回大会, 2014 年 7 月 13 日, 早稲田大学(東京都)

Shoko Takada, Kazuko Ishikawa-Takata and Motoko Taguchi. Total energy expenditure and physical activity level of Japanese collegiate athletes in various sports events. Recent Advances and Controversies in the Measurement of Energy Metabolism, 2014 年 10 月 11 日, 花王コーポレーション(東京都)

村田浩子、大嶋里美、鳥居俊、田口素子、樋口満. 男性柔道重量級競技者における身体的及び心血管疾患リスクの特徴. 第 162 回

日本体力医学会関東地方会，2014年12月20日，早稲田大学(東京都)

〔図書〕(計 2 件)

田口素子、高田和子 他、市村出版、体育・スポーツ指導者と学生のためのスポーツ栄養学、2014、216

Kazuyuki Kanosue, Motoko Taguchi et al., Springer Japan KK. Sports Science series on "Active Life" Vol.13. Sports Performance, 2015, 380

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田口素子 (TAGUCHI, Motoko)
早稲田大学・スポーツ科学学術院・准教授
研究者番号：90360734

(2) 研究分担者

鳥居 俊 (TORII, Suguru)
早稲田大学・スポーツ科学学術院・准教授
研究者番号：70164069

高田和子 (ISHIKAWA-TAKATA, Kazuko)
独立行政法人国立健康・栄養研究所・栄養教育研究部・研究員
研究者番号：80202951

福 典之 (FUKU, Noriyuki)
地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター・研究員
研究者番号：40392526

(3) 連携研究者

()

研究者番号：