

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560406

研究課題名(和文)筋収縮惹起シグナルに基づいたトレーニング処方-高強度・短時間運動の有効性-

研究課題名(英文)The training method based on skeletal muscle signals evoked by exercise-usefulness of high intensity short exercise-

研究代表者

田畑 泉 (Tabata, Izumi)

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：20188402

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：トレーニングや運動による競技力向上や健康増進効果は、それらにより惹起されるシグナルが特定のタンパク質の発現増加させることによる。それらのシグナルは運動強度依存性のものが多く、従来、健康増進のため用いられなかった高強度運動の有効性を示唆している。そこで、本研究では、運動強度依存性のシグナルを最も高める高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが、最大酸素摂取量に与える影響を明らかにすること及び同トレーニングが糖代謝能に与える影響を明らかにすることを目的として研究を行った。その結果、これらのトレーニングは心形態の変化を介して最大酸素摂取量を増加させること、また糖代謝能を向上させることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The adaptive effects of physical training and exercise is dependent on specific protein expression by specific signal evoked by training and exercise. Most signals are exercise-intensity dependent, suggesting that high intensity exercise training is assumed to be effective for both improving athletic performance and health promotion. Therefore, we investigated the effects of high-intensity-intermittent exercise training, which evokes signals maximally, on maximal oxygen uptake and glucose metabolism. Consequently, we found that the exercise increases maximal oxygen uptake through increasing heart volume, and elevated glucose metabolism.

研究分野：スポーツ健康科学

キーワード：高強度・短時間・運動トレーニング 糖代謝 酸素摂取量 最大酸素摂取量 心形態 糖負荷試験

1. 研究開始当初の背景

従来の競技力向上のための運動トレーニングや、健康増進のための運動処方、トライアンドエラーによるものが多い。しかし、トレーニングや運動による競技力向上や健康増進効果は、トレーニングや運動による特定のタンパク質の発現増加によるものであり、タンパク質の発現量増加は、特定の細胞内のシグナルに惹起される。これらのシグナルは運動強度依存性のものが多い。これらは従来、健康増進のための運動処方にあまり用いられていない高強度運動の有効性を示唆しており、さらに競技力向上のための運動においても、高強度運動の科学的有効性を示唆している。しかし、これまで運動によるシグナルという観点から、トレーニングや運動処方が処方されていない。

2. 研究の目的

そこで、本研究の全体の目的は、運動強度依存性のシグナルにより惹起される生理生化学変化が競技力向上あるいは健康増進に与える影響を明らかにすることであった。その目的のため、運動強度依存性のシグナルを最も高める高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが(1)最大酸素摂取量及び心形態に与える影響を明らかにする(実験室における基礎的研究)、(2)同トレーニングが最大酸素摂取量に与える影響(応用的研究)、(3)同トレーニングが糖代謝能に与える影響を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1)高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが最大酸素摂取量及び心形態に与える影響(実験室における基礎的研究)

健康な男子学生を対象に自転車エルゴメータ運動とトレッドミルによる走運動トレーニング実験を行った。トレーニング群を、170%最大酸素摂取量の強度の運動を20秒間行い、10秒間の休息を挟み、これを1セットとして計8セット行う自転車エルゴメータを用いた高強度・短時間・間欠的運動を行うHIIT群と、20秒間の高強度(170% VO_{2max})走運動と20秒間の高強度(170% VO_{2max})自転車エルゴメータ運動を10秒の休息を挟み、交互に合計7回繰り返すようなHIICT群に分け、トレーニングを1日4分、週2回、6週間行った。

(2)高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが最大酸素摂取量に与える影響(応用的研究)

若年男性8名と女性10名(年齢:21-33才)をランダムにトレーニング群10名(男5名、女5名)とコントロール群8名(男3名、女5名)に振るわけ、自転車エルゴメータ運動による有酸素性能力(最大酸素摂取量)の測定とMRI、DXA測定をトレーニング前後に行

い分析した。トレーニングは、1日1回、週3日、6週間行った。トレーニングの内容は、ウォーミングアップの後、本運動、5分程度のクーリングダウンであり、本運動は、自体重を用いる2種類の高強度運動20秒間その後10秒間の休息を挟み、交互に4回ずつ、合計8回(4セット)繰り返すものであった。

(3)高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが糖代謝能に与える影響

糖負荷試験

前日の21:00以降、絶食後8時30分に実験室に入室させ、十分な安静後、最初の採血を行った。採血後、75グラムのブドウ糖を含む溶液(225ml)を飲ませ、飲み終わってから30分後、1時間後、1.5時間後、2時間後、3時間後に採血を行った(Day1:Pre-training)。トレーニング群はトレーニング終了翌日及び翌々日の糖負荷試験を行った(Day7:One day after training, Day8:Two days after training)。非トレーニング群は、最初の糖負荷試験後7日後、8日後に糖負荷試験を行った。(Day7, Day8)

トレーニングは短時間の高強度・間欠的クロストレーニング(20秒間の最大酸素摂取量の170%の強度のランニング運動と、20秒間の最大酸素摂取量の170%の強度の自転車エルゴメータを、10秒間の休息を挟み、交互にそれぞれ3回と4回、計7回行なう)5日間連続で行った。

4. 研究成果

(1)高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが最大酸素摂取量及び心形態に与える影響(実験室における基礎的研究)

トレーニング前後と比較して、トレーニング後にHIIT群HIICT群ともにSVが有意に増大していた。さらに、トレーニング前後のSVの変化率と VO_{2max} の変化率との間に正の相関関係が認められた。 VO_{2max} の規定因子として、心拍数、SV、動静脈酸素較差があるため、有酸素性トレーニングによって VO_{2max} が増加した1つの要因として安静時の左心室一回拍出量(SV)の増大が関与している可能性が考えられる。左心室拡張期容量は両トレーニング群とも増加したが、左心室収縮期容量はHIIT群のみ増加した。両トレーニングに対する左心室収縮期容量の適応に差があることが示唆された。

(2)高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが最大酸素摂取量に与える影響(応用的研究)

トレーニング群においてトレーニング前とトレーニング6週間後を比較すると、最大酸素摂取量、大腿部筋量、両腕BMD(女性のみ)が有意に増加した。

(3)高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが糖代謝能に与える影響

トレーニング群はトレーニング後に糖負荷試験中の血糖値ではAUC(area under curve)が、トレーニング終了後2日目において、トレーニング前及び非トレーニングコントロール群よりも低い値となった。また、トレーニング群はトレーニング後に糖負荷試験中のインスリンではAUC(area under curve)が、トレーニング終了後1日及び2日目において、トレーニング前及び非トレーニングコントロール群よりも低い値となり、このような高強度・短時間・間欠的運動トレーニングが糖代謝能を向上させることが明らかとなった。

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6件)

田畑泉. タバタトレーニング-その理論と発展-日本スポーツ栄養学会雑誌9: 査読有 2-8, 2016.

Miyatake N, H Murakami, R Kawakami, I Tabata, M Miyachi, The NEXIS Study Group. White blood cell counts are associated with physical activity or physical fitness in Japanese. 地域環境保健福祉研究 18(1): 査読有 1-7, 2015.

Sun X, ZB Cao, K Tanizawa, T Ito, S Oshima, Y Ishimi, I Tabata, M Higuchi. Associations between the serum 25(OH)D concentration and lipid profiles in Japanese men. J Atheroscler Thromb 22(4): 査読有 335-362, 2015.

Miyamoto-Mikami E, K Sato, T Kurihara, N Hasegawa, S Fujie, S Fujita, K Sanada, T Hamaoka, I Tabata, M Iemitsu. Endurance training-induced increase in circulating irisin levels is associated with reduction of abdominal visceral fat in middle-aged and older adults. Plos One 10(3): 査読有 e0120354, 2015.

Kawakami R, H Murakami, K Sanada, N Tanaka, Susumu S. Sawada, I Tabata, M Higuchi, M Miyachi. Calf circumference as a surrogate marker of muscle mass for diagnosing sarcopenia in Japanese men and women. Geriatrics & Gerontology International 15(8): 査読有 969-976, 2015.

Cao ZB, Oh T, Miyatake N, Tsushita K, Higuchi M, Tabata I. Steps per day required for meeting physical

activity guidelines in Japanese adults. J Physical Activity and Health 11(7): 査読有 1367-1372, 2014.

[学会発表](計18件)

Yuzhong Xu, K Tsuji, I Tabata. Effects of high-intensity intermittent training and high-intensity intermittent cross training on maximal oxygen uptake. Haynes Convention Center, Boston. MA. USA. 6月3日, 2016.

青山友子, 宮武伸行, 發坂耕治, 関 明穂, 田畑泉, 樋口満, 宮地元彦, 田中茂穂. 日本人における出生時体重と筋力との関係. 第70回日本体力医学会大会. 和歌山県民文化センター(和歌山県和歌山市)9月20日. 2015.

街 勝憲, 徐 宇中, 田畑泉. 中等度の強度の運動が食事誘発性熱産生に与える影響. 第70回日本体力医学会大会. 和歌山県民文化センター(和歌山県和歌山市)9月19日. 2015.

徐 宇中, 街 勝憲, 本間俊行, 栗原俊之, 家光素行, 田畑泉. 疲労困憊に至らない高強度・短時間・間欠的クロストレーニングと疲労困憊に至る高強度・短時間・間欠的トレーニングが最大酸素摂取量(V_{O2}max)に及ぼす影響. 第70回日本体力医学会大会. 和歌山県民文化センター(和歌山県和歌山市)9月19日. 2015.

堀居直希, 佐藤幸治, 長谷川夏輝, 藤江隼平, 溝口 亨, 大西真人, 田畑泉, 家光素行. 長期的な間欠的短時間高強度運動およびクロレラ摂取による無酸素性運動能力と骨格筋の解糖系代謝調節の併用効果. 第70回日本体力医学会大会. 和歌山県民文化センター(和歌山県和歌山市)9月19日. 2015.

街 勝憲, 徐 宇中, 田畑泉. 立命館大学. 純酸素吸入による高強度・短時間・間欠的運動後の過剰酸素摂取量に関する研究. 日本体育学会第66回大会. 国土館大学(東京都世田谷区)8月26日. 2015

徐 宇中, 街 勝憲, 田畑泉. 高強度・短時間・間欠的クロス運動(HIICE)中の酸素摂取量に関する研究. 日本体育学会第66回大会. 国土館大学(東京都世田谷区)8月26日. 2015.

街 勝憲, 徐 宇中, 田畑泉. 自体重を用いた高強度・短時間・間欠的クロス

運動中の酸素摂取量に関する研究. 第23回日本運動生理学会大会. 日本体育大学(東京都世田谷区)7月25日. 2015

徐 宇中, 街 勝憲, 田畑 泉. 各種自体重を用いた高強度・短時間・間欠的運動中の酸素摂取量に関する研究. 第23回日本運動生理学会大会. 日本体育大学(東京都世田谷区)7月25日. 2015

田畑泉. タバタトレーニング ~その理論と発展~. 特別講演. 日本スポーツ栄養学会 第2回大会. 立命館大学(滋賀県草津市)7月4日. 2015.

田畑泉. 身体活動・運動と骨粗鬆症. 第27回北海道骨粗鬆症研究会学術集会. 北海道大学(北海道札幌市)2月7日. 2015.

田畑泉, 佐藤幸治, 宮本恵理, 街 勝憲, 徐 宇中, 家光素行. 高強度クロス運動トレーニングが糖負荷試験成績に与える影響に関する研究. 第29回日本体力医学会近畿地方会. 同志社大学(京都府京都市)1月2日. 2015.

街 勝憲, 徐 宇中, 田畑 泉. 高強度・短時間・間欠的運動が運動後過剰酸素消費量に与える影響. 第69回日本体力医学会大会 長崎大学(長崎県長崎市)9月20日. 2014.

川上諒子, 村上晴香, 真田樹義, 田中憲子, 澤田 亨, 田畑 泉, 樋口 満, 宮地元彦. 下腿周囲長によるサルコペニア評価. 第69回日本体力医学会大会 長崎大学(長崎県長崎市). 9月19日. 2014

徐 宇中, 街 勝憲, 田畑 泉. 高強度・短時間・間欠的クロス運動トレーニングが有酸素性及び無酸素性エネルギー供給機構に与える影響. 第69回日本体力医学会大会 長崎大学(長崎県長崎市)9月19日. 2014.

松生 香, 田畑 泉, 永富良一. 急性ストレスにおける腸管組織 HSP70 発現が自立神経系に及ぼす影響. 第22回日本運動生理学会大会. 川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市)7月19日. 2014.

田畑泉. 高強度・短時間・間欠的トレーニングについて. 教育講演. 第22回日本運動生理学会大会. 川崎医療福祉大学(岡山県倉敷市). 7月19日. 2014.

Kawano H, K Yamamoto K, Y Gando, M Tanimoto, H Murakami H, Y Ohmori,

K Sanada K, I Tabata, M Higuchi, M Miyachi. Arterial wall viscosity is associated with cardiorespiratory fitness independently of aging. Annual meeting of American College of Sport Medicine. Orlando USA. 5月28日. 2014.

〔図書〕(計 1 件)

田畑泉. タバタ式トレーニング~究極の科学的肉体改造メソッド~. 扶桑社. 東京. 7月10日, 2015. 127 ページ

〔その他〕

ホームページ

<http://www.tabatatraininglabo.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田畑 泉 (TABATA, Izumi)

立命館大学

スポーツ健康科学部 教授

研究者番号: 20188402