

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 3 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560342

研究課題名(和文) 持久系スポーツにおける“テーパリング”による骨格筋エネルギー生産系の生化学的応答

研究課題名(英文) Effect of tapering on biochemical adaptation in skeletal muscle

## 研究代表者

樋口 満 (Higuchi, Mitsuru)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：20192289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、テーパリングによる骨格筋エネルギー生産系の生化学的適応を明らかとすることを目的とした。

動物実験の結果、運動時間を半減させた場合、また運動時間を幾何学的に減少させた場合の両条件において、持久力および骨格筋エネルギー生産系の酵素含量がテーパリングにより維持されることが明らかとなった。さらに持久力の関係要因を検討したところ、骨格筋における電子伝達系のタンパク含量が持久力と正の相関関係を示すことが明らかとなった。

この結果は、運動量を一時的に減少するテーパリングが持久力および骨格筋エネルギー生産系に悪影響を及ぼさないことを示唆している。

研究成果の概要(英文)：Although it was well documented that tapering has beneficial effects on endurance capacity, the mechanisms have not been well elucidated. Because it was also suggested that biochemical adaptation in skeletal muscle related to endurance capacity, the purpose of this study was to determine the effects of tapering on endurance capacity and biochemical adaptation in skeletal muscle.

This study revealed that two different ways of tapering preserved endurance exercise performance and biochemical adaptation in skeletal muscle of rodents. Furthermore, correlation analysis showed that electron transport chain complex proteins in skeletal muscle were positively correlated with endurance exercise performance.

These results suggested that although exercise amount was temporarily decreased, tapering did not affect endurance exercise performance and biochemical adaptation in skeletal muscle.

研究分野：運動生化学

キーワード：テーパリング 持久力 解糖系 クエン酸回路 電子伝達系 ミトコンドリア

### 1. 研究開始当初の背景

持久性トレーニングによる競技力の向上には、エネルギー生産系の能力の亢進が大きく寄与している。持久性トレーニングによる解糖系の抑制や、クエン酸回路、酸化的リン酸化系および脂質酸化系が含まれるミトコンドリアを増やす作用によって、高強度の持久性運動時には筋グリコーゲンが節約され、運動継続時間が延長される。

持久系アスリートにおいて、試合当日の持久力を向上させるために、試合前に運動強度・時間を少しずつ減らす“テーパリング”が経験的に行われているが、テーパリング期における骨格筋エネルギー生産系の生化学的適応については、全く解明されていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、テーパリングによる骨格筋エネルギー生産系の生化学的適応を明らかにすることで、経験的に行われてきたテーパリングの科学的根拠を生化学的視点から解明することを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1)本実験では、まず運動時間の減少のみが骨格筋エネルギー生産系に及ぼす影響を明らかにするために、運動時間を半減させたテーパリングが持久力および骨格筋エネルギー生産系の生化学的適応に及ぼす影響を検討した。

実験にはラットを用い、コントロール群、運動継続群およびテーパリング群の3群を設けた(各 n=6)。運動継続群には9週間のトレッドミル運動を、テーパリング群には7週間の運動後、運動時間を半減させたトレッドミル運動を2週間負荷した。実験期間終了後、持久力を測定するために疲労困憊までの運動継続時間を測定し、その直後に解剖して各エネルギー生産系酵素の評価を実施した。

(2)先行研究において、運動時間を幾何学的に減少させたテーパリング手法を用いることにより持久力を向上させる効果が認められていることから(引用文献)、本実験では、2週間のテーパリング期間における幾何学的な運動時間の減少が骨格筋エネルギー生産系におよぼす影響を検討した。またラットを用いた前年度の実験において、トレーニング期間に脱落するものが多くみられたことから、本実験では運動負荷がより容易なマウスを用いた。

実験では運動継続群、テーパリング群および脱運動群の3群を設けた(各 n=6)。運動継続群には9週間のトレッドミル運動を、テーパリング群には7週間の運動後、運動時間を幾何学的に減少させたトレッドミル運動を2週間負荷した。また脱運動群には、7週間のトレッドミル運動後、2週間運動を負荷しない期間を設けた。実験期間終了後、持久力を測定するために疲労困憊までの運動継続時

間を測定し、その直後に解剖して各エネルギー生産系酵素の評価を実施した。

### 4. 研究成果

(1)【運動時間を半減させたテーパリングが持久力および骨格筋エネルギー生産系に及ぼす影響について】

ラットに対して運動時間を半減させたテーパリング期間を設けた結果、テーパリング群の疲労困憊までの運動継続時間はコントロール群と比較して有意に長い値を示した一方で(p < 0.05)、運動継続群との間には有意な差は認められなかった。

また、ヒラメ筋および足底筋におけるクエン酸回路(クエン酸合成酵素)および電子伝達系(シトクロムオキシダーゼ(COX) および )の酵素活性・発現量に関しても、テーパリング群はコントロール群と比較して有意に高い値を示した一方で、運動継続群との間には有意な差は認められなかった。

これらの結果から、テーパリングは一時的なトレーニング量の減少を伴うにも関わらず、持久力および骨格筋エネルギー生産系の酵素活性および発現量に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

(2)【運動時間を幾何学的に減少させたテーパリングが持久力および骨格筋エネルギー生産系に及ぼす影響について】

マウスに対して幾何学的なテーパリングを2週間設けた結果、テーパリング群の疲労困憊までの運動継続時間はコントロール群と比較して有意に長い値を示した一方で、運動継続群との間には有意な差は認められなかった(図1)。

また、腓腹筋におけるクエン酸回路(クエン酸合成酵素)の酵素発現量は3群間において有意な差は認められなかったが、電子伝達系(COX および )の酵素発現量は、脱運動群と比較してテーパリング群において有意に高い値を示し(図2)、テーパリング群と運動継続群との間には有意な差は認められなかった。

これらの結果から、トレーニング時間を半減させたテーパリングと同様に、運動時間を幾何学的に減少させたテーパリング手法も持久力および骨格筋エネルギー生産系の酵素発現量を運動継続時と同程度に保持できることが明らかとなった。

しかしながら本研究では、先行研究において認められたような、テーパリングによる持久力向上作用は認められなかった。従って、テーパリングによる骨格筋エネルギー生産系への影響は、持久力を維持させる作用に留まり、テーパリングによる持久力向上作用と直接的に関係していない可能性も考えられる。今後、テーパリングと心肺持久力など他の持久力の規定要因との関連性を検証していくことにより、より詳細なテーパリングのメカニズムを明らかとしていく必要がある

と考えられる。

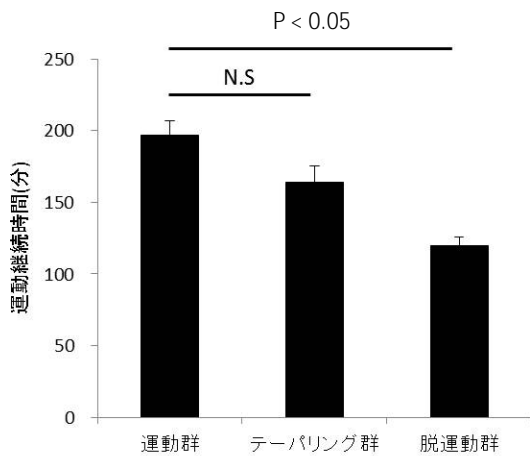


図 1. 疲労困憊時間

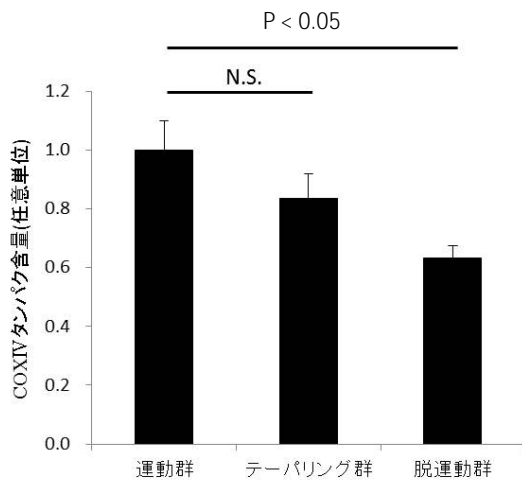


図 2. 腓腹筋 COX タンパク含量

(3) 【持久力と骨格筋エネルギー生産系との関連性の検証】

マウスを用いた実験において、持久力および骨格筋エネルギー生産系の関係性を検証したところ、疲労困憊までの運動継続時間と電子伝達系(COX および )の酵素発現量との間に有意な正の相関関係が認められた(図 3 および 4)。

これまでに、どの骨格筋エネルギー生産系が持久力と関係しているかについては十分な知見が得られていなかったものの、この結果から、骨格筋における電子伝達系の酵素発現量が、持久力の規定要因の 1 つとなる可能性が示唆された。

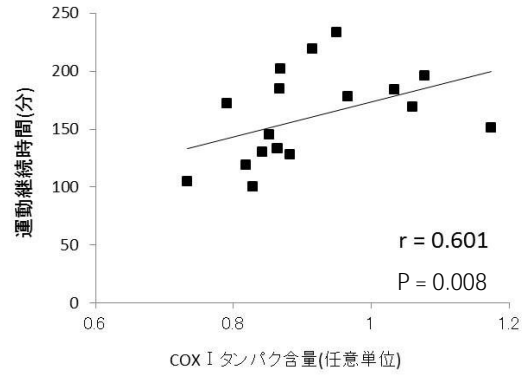


図 3. 持久力と腓腹筋 COX 含量との関係

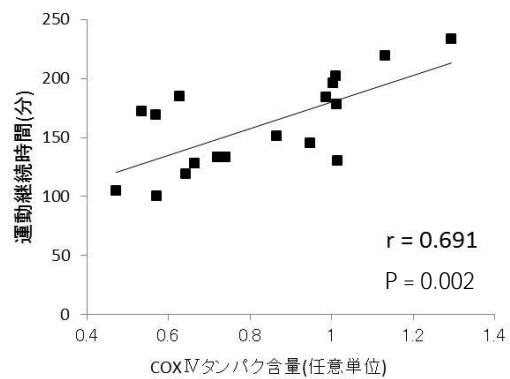


図 4. 持久力と腓腹筋 COX 含量との関係

<引用文献>

Effects of tapering on performance: a meta-analysis. Bosquet L, Montpetit J, Arvisais D, Mujika I. Med Sci Sports Exerc. 2007 Aug;39(8):1358-65.

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 1 件)

持久性運動の休止およびテーパリングがマウス骨格筋エネルギー生産系および持久力に及ぼす影響. 谷口祐一、篠原暁子、樋口満. 日本体育学会第 66 回大会. 2015 年 8 月 25 日-27 日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

樋口 満 (HIGUCHI, Mitsuru)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：20192289