

令和 6 年 4 月 7 日現在

機関番号：44101

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19531

研究課題名（和文）走運動と食餌量制限によるエネルギー不足状態における筋質の評価

研究課題名（英文）Evaluation of energy deficiency due to running and food restriction on skeletal muscle quality

研究代表者

相川 悠貴（Aikawa, Yuki）

三重短期大学・食物栄養学科・准教授

研究者番号：10815749

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：発育期雌ラットにおいて、走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、体重、腹腔内脂肪重量、足底筋重量、ヒラメ筋重量、子宮重量、骨密度を低値とした。一方で、食餌制限条件でも走運動により、速筋繊維主体の足底筋において、骨格筋繊維の1本の面積当たりの毛細血管数や、ミトコンドリア量の指標であるComplex I, Complex IV, Complex Vの発現量が高値となった。これらの結果より、走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、筋の持続的な能力に関連する指標を向上させることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、筋の持続的な能力に関連する指標を向上させることが認められた。この結果は、競技者にとっては喜ばしいことかもしれないが、一方で、骨密度は低値となることが確認された。このことは、競技力が向上していても、怪我の危険性が高まっていることを示唆している。本研究の成果は、競技が好調な時であっても、競技者本人や周囲の人間が怪我の危険性に注意を払い、エネルギー不足が生じないように努める必要があることを示す知見になる。

研究成果の概要（英文）：Energy deficiency due to running and food restriction decreased body weight, abdominal fat weight, plantar muscle weight, soleus muscle weight, uterine weight, and bone mineral density in young female rats. On the other hand, even under diet-restricted conditions, the number of capillaries around each individual fiber related to the cross-sectional area of each individual fiber and the expression of complex I, complex IV, and complex V, indicators of mitochondrial content, after running exercise were higher in plantaris muscle, which is mainly composed of fast twitch muscle fibers. These results suggest that energy deficiency due to running and food restriction improve indices related to muscle endurance.

研究分野：運動栄養学

キーワード：走運動 エネルギー不足 筋質 持続的アスリート

1. 研究開始当初の背景

国際オリンピック委員会は、アスリートやスポーツに携わるものが、慢性的なエネルギー不足により健康障害の危険性が高まることを問題視している。その代表例として、エネルギー不足、月経異常、低骨密度の3要素を問題視する **Female athlete triad** (女性競技者の3主徴) がある。一方で、エネルギー不足状態が想定される瘦身の競技者が、競技会で活躍することも見受けられる。もしかしたら、スポーツ競技者における慢性的なエネルギー不足は健康障害の可能性を高める一方で、運動機能を高める可能性があるかもしれない。

2. 研究の目的

雌ラットを用いて、走運動と食餌量制限によるエネルギー不足状態において筋質は高まるのか、それとも低下するのかを明らかにすることである。

3. 研究の方法

7週齢SD系雌ラットを、安静自由摂食群 (SED-AL)、運動-自由摂食群 (RUN-AL)、安静-エネルギー摂取制限群 (SED-ER)、運動-エネルギー摂取制限群 (RUN-ER) の4群に分け、11.5週間の飼育を行った。運動は回転車運動を行わせた。エネルギー摂取制限は糖質摂取量のみ制限し、安静-自由摂食群の70%エネルギー摂取量とした。飼育終了後に血液、腹腔内脂肪、子宮、大腿骨、足底筋、ヒラメ筋を採取した。

血液は血球成分および生化学分析を行った。大腿骨骨密度はDXA法を用いて評価した。凍結した筋の筋腹を10 μ mの厚さに薄切りした後に、蛍光染色により繊維横断面積を、ALP染色により毛細血管数および筋繊維数を評価した。1標本あたり6視野を撮影して解析した。さらに、筋を破碎した後、電気泳動とウエスタンブロッティングを行い、ミトコンドリア関連タンパク質の発現量を測定した。

4. 研究成果

(1) 臓器重量

走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、体重、腹腔内脂肪重量、足底筋重量、ヒラメ筋重量、子宮重量を低値とした。

(2) 血球および血清生化学成分

走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、赤血球濃度、白血球濃度、ヘモグロビン濃度に影響をおよぼさなかった。一方で、血清IGF-1濃度、血清トリヨードサイロニン濃度を低値とした。

(3) 骨密度

走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、大腿骨骨密度を低値とした (図1)。

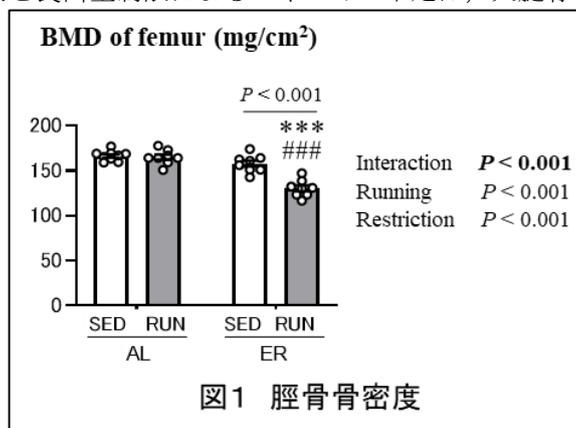


図1 脛骨骨密度

(4) 骨格筋毛細血管密度

骨格筋繊維の1本の面積当たりの毛細血管数は、速筋繊維主体の足底筋において、安静の2群と比較して運動の2群で有意な主効果により高値を示した。遅筋繊維主体のヒラメ筋における骨格筋繊維の1本の面積当たりの毛細血管数は、有意な交互作用を示したが、各群間に有意な差は認められなかった。

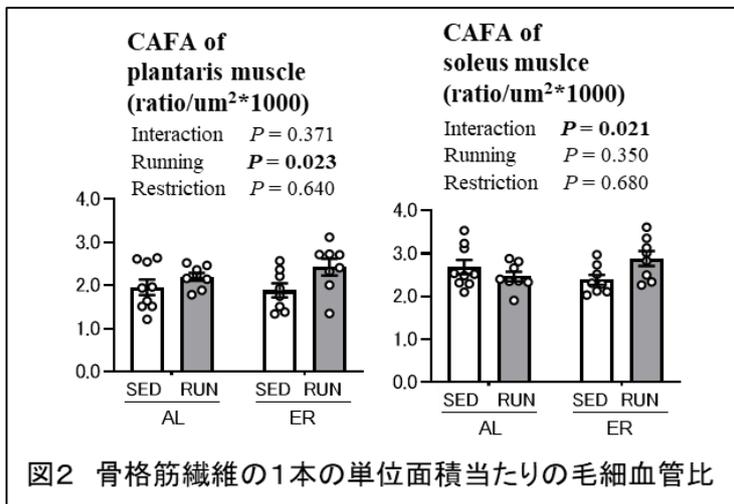


図2 骨格筋繊維の1本の単位面積当たりの毛細血管比

(5) 骨格筋ミトコンドリア関連タンパク質発現

ミトコンドリア量の指標である COX I, COXIV, COXV の発現量は、速筋繊維主体の足底筋において、安静の 2 群と比較して運動の 2 群で有意な主効果により高値を示した。遅筋繊維主体のヒラメ筋における COX I, COXIV, COXV の発現量は、運動の 2 群で高値となったが、運動の有意な主効果は認められなかった。

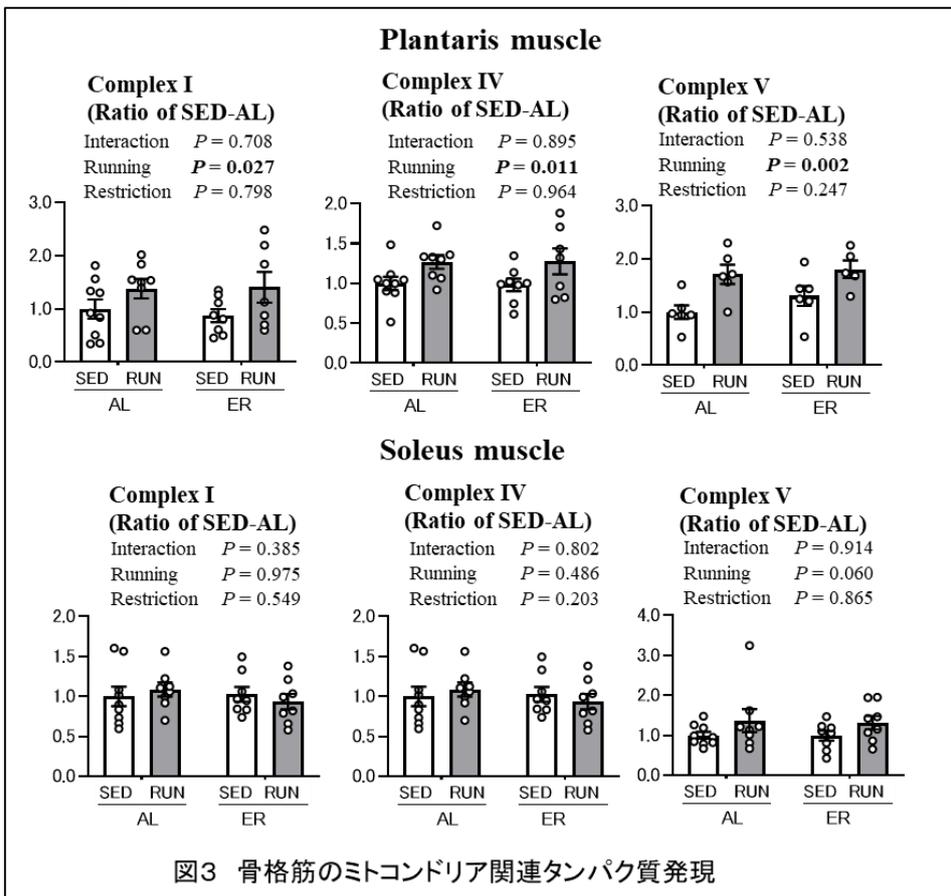


図3 骨格筋のミトコンドリア関連タンパク質発現

5. 本研究成果の意義

本研究では、走運動と食餌量制限によるエネルギー不足は、筋の持久的な能力に関連する指標を向上させることが認められた。この結果は、競技者にとっては喜ばしいことかもしれないが、一方で、骨密度は低値となることが確認された。このことは、競技力が向上していても、怪我の危険性が高まっていることを示唆している。本研究の成果は、競技が好調な時であっても、競技者本人や周囲の人間が怪我の危険性に注意を払い、エネルギー不足が生じないように努める必要があることを示す知見になる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 相川 悠貴、若杉 悠佑、福安 智哉、堀 天、東田 一彦、中井 直也、山下 剛範、木岡 一輝、大槻 誠、麻見 直美、笹井 宣昌
2. 発表標題 発育期雌ラットにおける走運動とエネルギー摂取制限の組み合わせが骨格筋毛細血管比に及ぼす影響
3. 学会等名 第9回日本スポーツ栄養学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 相川 悠貴、若杉 悠佑、福安 智哉、山下 剛範、木岡 一輝、堀 天、笹井 宣昌、大槻 誠、中井 直也、麻見 直美、東田 一彦
2. 発表標題 走運動とエネルギー摂取制限の組み合わせは骨密度と筋量を減少させるが筋ミトコンドリア量を増加させる
3. 学会等名 第27回日本体力医学会東海地方会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 相川 悠貴、若杉 悠佑、福安 智哉、木岡 一輝、東田 一彦、大槻 誠、麻見 直美、山下 剛範
2. 発表標題 発育期雌ラットにおける走運動とエネルギー摂取制限の組み合わせは骨密度を低下させるが鉄欠乏を引き起こさない
3. 学会等名 第9回日本スポーツ栄養学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------