

令和 2 年 4 月 9 日現在

機関番号：44101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17843

研究課題名(和文)食餌量不足条件でのジャンプ運動は骨強度を増加させるか？

研究課題名(英文)Dose jump exercise induce high bone strength under food restriction conditions?

研究代表者

相川 悠貴(Aikawa, Yuki)

三重短期大学・生活科学科・講師

研究者番号：10815749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、発育期雌ラットを用いて、食餌量不足条件でのジャンプ運動は骨強度増加を引き起こすのか、それとも骨強度低下を引き起こすのか、明らかにすることである。ジャンプと食餌制限の骨に対する組み合わせ効果は存在しないこと、ジャンプは骨強度・骨密度を高め、食餌制限は骨強度・骨密度を低くする効果を有すること、その効果により、安静-食餌制限群と比較してジャンプ-食餌制限群の骨強度・骨密度が高くなり、ジャンプ-自由摂食群と比較してジャンプ-食餌制限群の骨強度・骨密度が低くなることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は動物実験であるが、ジャンプ運動を行う競技者は骨強度低下の危険が走競技者より少ない可能性を示す知見になり得る。また、健康教育を行う際、食事量不足者に対する骨強度増加策としてジャンプ運動が有効である可能性を示す知見になり得る。

研究成果の概要(英文)：We examined the effect of jump exercise on bone parameters in young female rats under food restriction. Seven-week-old female rats were divided into four groups: a sedentary and ad libitum feeding group, a jump exercise and ad libitum feeding group, a sedentary and 30% food restriction group, and a jump exercise and 30% food restriction group. There were no interactions of jump exercise and food restriction on bone. Jump exercise under food restriction conditions induced higher bone strength, bone mineral content, bone area, bone mineral density (BMD), and cortical bone volume, similar to rats under ad libitum feeding conditions. BMD, bone size, and bone mass in the food restriction groups did not reach the levels of those in the ad libitum conditions group with jump exercise. Our study reveals jump exercise attenuates loss of biomechanical properties and some bone sites with food restriction.

研究分野：運動栄養学

キーワード：ジャンプ 骨量 Female athlete triad ダイエット 食事制限

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

運動は骨強度を高めるものとなるにもかかわらず、運動を行っている者の骨強度の低下が危惧される。その原因として、運動様式や栄養状態により、運動の骨に及ぼす影響は変化することがある。運動は、様式により生体に及ぼす影響が異なる。走運動は骨に物理的的刺激を与え骨の成長を促すものの、エネルギー消費量が多い。そのため、過去の研究では、食餌量不足条件では骨強度の低下を引き起した。もし、骨に物理的的刺激を与えつつ、エネルギー消費量の少ない運動ならば、食餌量不足条件でも骨強度を高めることができるかもしれない。

ジャンプ運動は、食餌量不足条件でも骨強度を高める可能性がある。ジャンプ運動は少ないエネルギー消費量で骨の成長を促せる運動であり、運動による更なるエネルギー不足を導かない。これまでの運動と食餌量不足の組み合わせが骨に及ぼす影響について検討した研究における運動方法は走運動ばかりで、ジャンプ運動を用いた検討は行われていない。ヒトにおいて、女性競技者や活動的な女性の運動内容は走運動ばかりではなく、ジャンプ運動中心の者も存在することから、食餌量不足条件でのジャンプ運動が骨に及ぼす影響を検討する価値は充分にある。

### 2. 研究の目的

雌ラットを用いて、食餌量充分条件では骨強度増加効果のあるジャンプ運動を食餌量不足状態に行った場合、骨強度増加を引き起こすのか、それとも骨強度低下を引き起こすのか、明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

7週齢 Sprague Dawley (SD) 系雌ラットを1週間の予備飼育後、安静-自由摂食 (SED) 群、ジャンプ-自由摂食 (JUMP) 群、安静-食餌制限 (FR-SED) 群、ジャンプ-食餌制限 (FR-JUMP) 群の4群に分け、13週間飼育を行った。ジャンプ運動は1日20回、週5回行った。ジャンプ高は25cmから開始し、徐々に高さを上げ、3週目以降は40cmの高さで行った。食餌制限群の摂食量は自由摂食群の70%となるように給餌量を調節した。飼育期間終了後、解剖を行い、血液・大腿骨・脛骨・腰椎を採取した。

骨強度の評価は大腿骨破断試験を行い評価した。骨密度はDXA法を用いて脛骨骨密度と腰椎骨密度を、骨構造は $\mu$ CT法を用いて脛骨の骨構造を評価した。骨代謝は血液中の骨形成マーカーであるALP、骨吸収マーカーであるTRAPを測定した。さらに、食餌制限を行なっている運動者の骨代謝に影響を与えていると考えられているエストロゲン、IGF-1の血清濃度の測定を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 食餌量制限条件でのジャンプ運動が骨強度に与える効果

食餌量制限条件でのジャンプ運動は、自由摂取条件でのジャンプ運動と同様に、大腿骨破断エネルギーを高値とした(図1)。

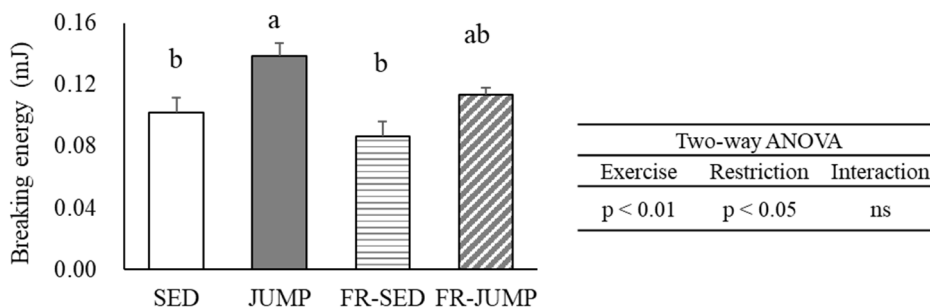


図1 大腿骨破断エネルギー

#### (2) 食餌量制限条件でのジャンプ運動が骨密度、骨構造に与える効果

食餌量制限条件でのジャンプ運動は、自由摂取条件でのジャンプ運動と同様に、腰椎骨密度に影響を与えず、脛骨骨幹部骨密度を高値とした(図2)。また、脛骨総骨密度、脛骨近位部骨密度

に影響を与えなかった。

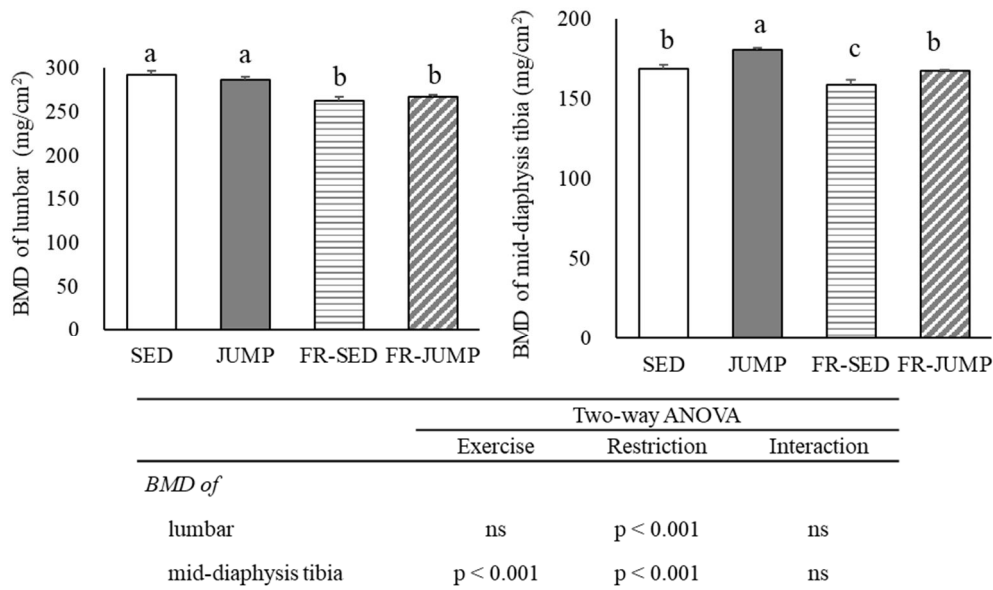


図2 腰椎、脛骨骨幹部骨密度

食餌量制限条件でのジャンプ運動は、自由摂取条件でのジャンプ運動と同様に、脛骨海綿骨構造に影響を与えず、脛骨皮質骨量を高値とした（図3）。

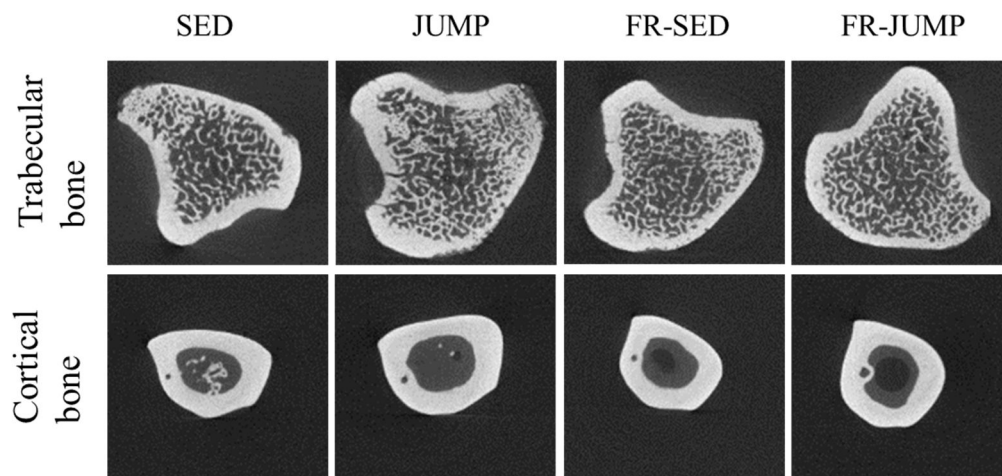


図3 脛骨海綿骨構造、皮質骨構造

これらの結果から、食餌量制限条件でのジャンプ運動が骨強度を高める要因として、骨質の変化ではなく、骨密度の高まりにあることが示された。

（3）食餌量制限条件でのジャンプ運動が血清ホルモンと骨代謝マーカーに与える効果  
血清エストラジオールおよび IGF-1 は、各群間に差は認められなかった。一方で、血清 ALP と TRAP はジャンプ運動と食餌制限の主効果により高値となった。

（4）30%食餌量制限が骨と性ホルモンに及ぼす影響  
30%食餌量制限により、骨強度や骨密度は低値となった。一方で血清エストラジオールは各群間に差が認められなかった。エネルギーが欠乏すると、性周期に異常が生じることが明らかになっているが、本実験の食餌量制限では性周期異常が生じなかった。これは、予想外の結果だったため、性周期異常と骨強度の低下を引き起こすエネルギー摂取量について、本助成の後半期から進行している。

（5）本研究成果の意義  
本研究の成果は動物実験であるが、ジャンプ運動を行う競技者は骨強度低下の危険が走競技者より少ない可能性を示す知見になり得る。また、健康教育を行う際、食事量不足者に対する骨強度増加策としてジャンプ運動が有効である可能性を示す知見になり得る。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Aikawa Y, Wakasugi Y, Narukawa T, Yamashita T, Sasai N, Umemura Y, Omi N, Ohtsuki M.	4. 巻 105
2. 論文標題 Jump Exercise and Food Restriction on Bone Parameters in Young Female Rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Calcif Tissue Int.	6. 最初と最後の頁 557-566
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00223-019-00601-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----