

# 競技特性が骨量とSIRT1に及ぼす影響

The relationship between bone mass and SIRT1 in college female athletes

体育学部体育学科

十河 直太

SOGO, Naota

Department of Physical Education

Faculty of Physical Education

**Abstract** : Mechanical stress imposed by physical exercise is known to play an important role in increasing bone mass and preventing osteoporosis. In this study, we investigated bone mass in female volleyball players and middle-long distance track and field athletes. In addition, the purpose of this study is to clarify the relationship between SIRT1, a member of the sirtuin family, and exercise, and to create basic data for bone study. As a result, no significant difference was found in speed of sound (SOS) and bone area ratio (BAR) between volleyball players and middle-long distance track and field athletes. Furthermore, no significant difference was observed for SIRT1. In the future, it will be necessary to verify the results by changing the subjects and experimental design.

**キーワード** : 骨, メカニカルストレス, SIRT1

**Keywords** : bone, mechanical stress, SIRT1

## I. 緒言

運動による力学的刺激が骨量を増加させることはこれまで多くの研究者により報告されている。Wolffの法則によると、骨には荷重に応じて形態・量・構造を変化させる機構が備わっているとされている (Regling, 1993)。また、メカノスタット理論では、骨量や骨強度を決定する重大な因子は骨自身に加わる力学的負荷 (メカニカルストレス) であり、骨にはメカニカルストレスを感知するセンサーが内蔵されている。運動などにより骨の歪みがある閾値を超えると骨量が増加し、逆に病気などで寝たきりの状態でこの閾値より下回った場合だと骨量が減少する (Frost, 2000)。

運動競技の継続が骨量に及ぼす影響を検証した先行研究では、運動習慣のない群よりもバレーボール選手や柔道選手が有意に高い骨塩量を示した (小池ら, 2002)。また、トップレベルの女性重量挙げ選手とトレーニング歴のないコントロール群と比較した結果、重量挙げ選手の骨密度、骨強度が有意に高かったと報告もなされている (Heinonen et al., 2002)。その一方で、水泳選手においては運動経験がない群と比較しても骨量に有意な差は認められないという報告がなされ

ている (Creighton et al., 2001)。水泳においては水中での運動が主となるため、重力などの力学的刺激による影響を受けにくいことが原因と考えられる。これらの先行研究の結果から、運動による力学的刺激は骨量が高めることを示している。

サーチュイン遺伝子は老化制御遺伝子あるいは長寿遺伝子とも呼ばれ、ヒトにおいては7種類 (SIRT1から7) が発見されている。その中の一つであるSIRT1は、寿命を制御する因子として働いている可能性が高いことが報告されている (大田, 2010)。また、SIRT1は骨芽細胞分化を促進することが報告されており、骨代謝にも影響することが明らかにされている (Bäckesjö, C.M. et al., 2008)。しかしながら、サーチュイン遺伝子に関する研究成果のほとんどは動物実験やin vitroによるものであり、ヒトでの検証は殆どなされていないのが現状である。

先に述べたように、運動による力学的刺激は骨量が高めるために有効であり、骨に対する力学的負荷が大きいほど骨量が高く、陸上長距離選手や水泳選手の骨量は低いことが報告されている。また、サーチュイン遺伝子をヒトで検証した報告は少なく、検討の余地が多く残されている。これらのことを踏まえ、本研究では骨量が高いと思われる女子バレーボール選手と骨量

が低いことが推察される陸上中長距離選手を対象として、骨量と骨折歴およびSIRT1の関連を明らかにし、競技特性がこれらの因子に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者はK大学体育会に所属する女子学生21名を対象とした。体育会部員の内訳は陸上競技部中長距離ブロック12名、女子バレーボール部9名であった。なお、本研究は環太平洋大学研究倫理委員会の承認を受けて実施した（IPU 倫理 21-決 014）。

### 2. 測定項目

#### 2-1. 被験者の身体的特徴

被験者の体重と体脂肪率についてはInbody430（インボディ・ジャパン）を用いて測定した。身長についてはデジタル身長計（ムラテックKDS）を用いた。

#### 2-2. アンケート調査

被験者にはGoogle社のFormsを用いてアンケート調査を行った。所属体育会、競技歴、骨折歴、月経周期、月経痛を調査項目とした。

#### 2-3. 骨量

骨量については超音波骨量計Benus evo（日本光電）を用い、右踵骨の超音波伝搬速度（SOS: speed of sound）と骨梁面積率（BAR: bone area ratio）を測定した。超音波伝搬速度（SOS: speed of sound）は、超音波が物質を通過する速度であり骨密度に依存する。一方、骨梁面積率（BAR: bone area ratio）は踵骨の骨梁（骨質）の割合を示すものであり、超音波の伝播速度と減衰率から算出している。

#### 2-4. SIRT1の測定

SIRT1の測定は血清サンプルを用いて行った。測定については、RayBiotech社製の測定試薬Human SIRT1 ELISA Kitを用いた。解析については分光光度

計を用い、450nmで吸光度を測定し、血清SIRT1濃度を算出した。

## 3. 統計処理

データは全て平均値±標準偏差で示した。統計処理は統計ソフトPASW Statistics18.0.0を用いた。群間の比較については対応のないt検定を用い、有意水準は5%とした。

## III. 結果および考察

### 1. 競技別の身体的特徴

女子バレーボール選手と陸上中長距離選手の身体的な比較について表1に示した。各項目について比較した結果、体重と体脂肪率において女子バレーボール選手が陸上中長距離選手よりも有意に高いことが示された。

### 2. 競技特性と骨量の関係

#### 2-1. 競技種目別の骨指標の比較

女子バレーボール選手と陸上中長距離選手の骨指標について図1に示した。女子バレーボール選手と陸上中長距離選手の超音波伝播速度（SOS）と骨梁面積率（BAR）において、群間に有意差は認められなかった。すなわち、運動種目の違いが骨量に及ぼす影響については確認できなかった。

先行研究において、陸上長距離選手の骨量は他の運動種目経験のある選手よりも骨量が低いことが報告されている（赤嶺ら、2014）。これは陸上長距離選手の種目特性が影響していると考えられている。陸上長距離選手は、他の運動選手と比較すると総じて体重や体脂肪率が低く、また、いわゆる女性アスリート特有の三主徴であるlow energy availability（エネルギー不足）、無月経、骨粗鬆症に陥りやすいとされている。しかしながら、本研究においては中長距離選手の体重と体脂肪率がバレーボール選手と比較すると有意に低い値を示したものの、アンケート調査や骨量測定の結果から推察すると、三主徴全てに該当する被験者はいなかった。これは本研究において、陸上中長距離選手

表1. バレーボール選手と陸上中長距離選手の身体的比較

	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪量(kg)
バレーボール (n=9)	19.6 ± 0.7	160.5 ± 7.2	58.5 ± 4.7*	13.1 ± 3.3*
陸上中長距離 (n=12)	19.6 ± 1.2	158.8 ± 4.2	48.9 ± 4.3	9.9 ± 2.5

\* : p<0.05

の骨量がバレーボール選手の骨量と有意な差がなかったことの裏付けと言えるかもしれない。また、その他の理由として被験者の選定とK大学陸上競技部中長距離ブロック特有のトレーニング方法が影響していると考えられる。一般的な陸上中長距離選手のトレーニングは、長時間にわたる有酸素トレーニングが中心となる。トレーニングの量や強度が増すにつれ、負の影響として過度な体重・体脂肪量の減少を引き起こし、女性アスリートの三主徴に陥ることが多いとされている(難波, 2016)。しかし、K大学の陸上中長距離ブロックの指導者にトレーニングメニューの聞き取りをしたところ、他大学よりもスプリントトレーニングや跳躍トレーニングなどを多く取り入れているということであった。このことを踏まえると、K大学陸上中長距離選手は骨量増加に適した高強度トレーニングを日常的に行っていることで、骨量の維持・増加に必要な負荷を充足することができていたと推察される。しかしながら、トレーニングメニューやトレーニング量の評価は本研究では行っておらず推測の域を出ないため、今後さらに検証する必要がある。

補足として、本研究では陸上中長距離選手を対象としたが、これはK大学においては中距離を専門としている種目と長距離を専門としている選手は、基本的に同様のトレーニングを実施しているためである。

## 2-2. 競技種目とSIRT1の関連

表2にバレーボール選手と陸上中長距離選手の

SIRT1濃度を示した。その結果、本研究において、両群間に有意な差は認められなかった。したがって、骨量の評価と同様に、バレーボール選手と陸上中長距離選手の種目特性はSIRT1に影響を及ぼさないことが示唆された。しかし、測定値にばらつきが多かったことや、濃度値にエラーが出た検体が多かったことから、測定手順に問題があった可能性も否めないため、今後さらに検討する必要がある。また、先にも述べた通り、SIRT1については骨代謝に影響を与えているとされており、今後の研究成果が待たれている状況であるが、本研究で用いた測定キットによる研究報告は見当たらない。測定手順の再確認やSIRT1における先行研究のリサーチ等を行う必要があり、今後の課題としたい。

## 3. 骨折歴・月経と骨量の関係

本研究ではバレーボール選手と陸上中長距離選手の比較を行った結果、骨量やSIRT1濃度に有意な差は認められなかったことから、被験者全体の骨折歴と骨量やSIRT1との関連について検証した。被験者23名の内、骨折の既往歴「なし」が7名、骨折の既往歴「あり」が16名であったが、骨折歴と骨量やSIRT1との間に関連を認めることはできなかった。先行研究では、高齢者の骨折と骨密度には関連が見られないという報告がなされており、本研究も一致する結果となった(桂ら, 2005)。一方、沼本らは男女の高齢者162名に対して健康歴および生活習慣と骨量の関連を調査した

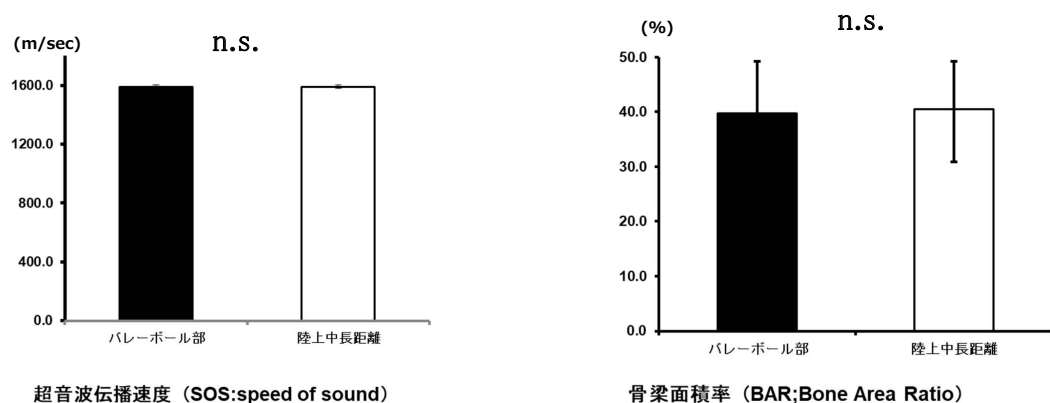


図1. 超音波骨量計による骨指標 (SOS, BAR) の比較

表2. 競技種目別のSIRT1濃度

	SIRT1濃度(ng/ml)
バレーボール (n=6)	77.0 ± 128.5
陸上中長距離 (n=10)	24.2 ± 24.2

n.s

ところ、女性高齢者において骨折歴と骨密度に関連があることを報告している（沼本ら，1999）。この2つの先行研究においてはいずれも高齢者を被験者とした研究であるが、結果は相反するものであった。本研究では桂らを支持する結果となったが、被験者数が少ないためこれについては被験者数を増やして再度検証する必要がある。

次に月経と骨量に対する調査については、本研究では月経周期について「無月経」と回答した被験者は1名、「やや不順である」と回答した被験者は2名のみであったため、本研究では検証することを断念した。

#### IV. まとめ

本研究では女子バレーボール選手と陸上中長距離選手の骨量について検証することを目的とした。また、サーチチェーンファミリーの一つであるSIRT1と運動の関連を明らかにし、骨研究における基礎資料の作成をもう一つの目的とした。

その結果、バレーボール選手と陸上中長距離選手とのSOSとBARに有意な差は認められなかった。また、SIRT1についても郡間に有意な差は認められなかった。

本研究の結果から、一般的に骨量が低いと言われている陸上中長距離選手においても、骨量増加に適している負荷様式を練習メニューに組み込むことによって、骨量を獲得することができることが示唆された。また、SIRT1については測定精度を含めた再検証が必要である。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、ご協力いただいた学生の皆様に深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 赤嶺卓哉, 吉田剛一郎, 高田大, 小山田和行, 木葉一  
総, 松村勲, 長島未央子, 田口信教. (2014). 体育  
大学生女子スポーツ選手における種目別の骨密度と  
身体組成についての調査研究. 整形外科と災害外  
科. 63(3) : pp.484-487.
- Bäckesjö, C.M., Y. Li, U. Lindgren. (2008). Activation  
of SIRT1 Decreases Adipocyte Formation during  
Osteoblast Differentiation of Mesenchymal Stem  
Cells. Cells Tissues Organs. 189 (1-4): pp.93-97.
- Creighton, D.L., Morgan, A.L., Boardley, D., Brolinson,

- P.G. (2001). Weight-bearing exercise and markers  
of bone turnover in female athletes. J Appl Physiol.  
90: pp.565-570.
- Frost, H.M. (2000). Muscle, bone, and the Utah  
paradigm: a 1999 overview. Med Sci Sports Exerc.  
32: pp.911-917.
- Heinonen, A., Sievänen, H., Kannus, P., Oja, P., Vuori,  
I. (2002). Site-specific skeletal response to long-  
term weight training seems to be attributable to  
principal loading modality: a pQCT study of female  
weightlifters. Calcif Tissue Int. 70 (6): pp.469-474.
- 桂敏樹, 星野明子. (2005). 地域における後期高齢者  
の転倒と転倒による骨折に関与する要因の比較—筋  
力 関節痛, 関節可動, 歩行能力, 骨密度, 血圧,  
視力, 既往歴, 自覚症状, IADL等の多要因を用い  
た判別分析による検討—. 日本健康医学会雑誌. 13  
(4) : pp.14-20.
- 小池達也. (2002). 骨代謝から見た運動療法の意義.  
CLINICAL CALCIUM. 12 : pp.461-466.
- 難波聡. (2016). 女性アスリートと骨障害. 日本臨床  
スポーツ医学会. 24(3) : pp.377-381.
- 沼本教子, 中田康夫, 田中初美, 正木みどり, 白井千  
津, 荒川靖子, 吉永喜久恵, 吉岡隆之, 笠松隆洋.  
(1999). 老人大学に通う高齢者の健康歴および生活  
習慣と骨密度との関連. 神戸市看護大学紀要. 3 :  
pp.93-99.
- 大田秀隆. (2010). 長寿遺伝子 SIRT1について. 日本  
老年医学会雑誌. 47(1) : pp.11-16.
- Regling, G. (1993). Law and connective tissue  
regulation (Wolff's ED).