

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 2 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700714

研究課題名（和文）MRI を用いたトップアスリートの大腿骨の形態的・力学的特性の解析

研究課題名（英文）Analysis of femoral morphometrical and mechanical properties using by MRI in Japanese top athletes

研究代表者

本田 亜紀子（HONDA AKIKO）

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学研究部・契約研究員

研究者番号：20413784

研究成果の概要（和文）：骨と運動特性（力学的負荷）の関連を検討するため、トップアスリートを対象に MRI を用いた大腿中央部の骨形態および力学的指標の解析と骨代謝マーカーを測定した。力学的負荷の相違から、アスリートを 5 群に分けた。その結果、男女とも骨に加わる衝撃が高い群ほど低い群と比較して、皮質骨面積や皮質骨外周囲が増加し、力学的指標が大きいことが明らかとなった。一方、骨代謝マーカーには群間の差はほとんどみられなかった。

研究成果の概要（英文）：The cross-sectional morphometrical and mechanical properties at mid-femur using MRI, and bone biomarkers were measured in Japanese top athletes, to investigate relationships between exercise (impact levels on bone) and osteogenic responses. The subjects were divided into 5 groups according to impact levels in each sex. As a result, higher impact groups had significantly greater cortical area, periosteal perimeter and bone strength compared to lower impact groups in both sexes. On the other hand, bone markers did not change among groups.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：応用健康科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：骨形態・骨代謝・アスリート・MRI

## 1. 研究開始当初の背景

骨粗鬆症による骨折予防として、若年期に運動によって骨量を高めておくことが推奨されている。特に、ジャンプのような衝撃が高い運動の方が骨に対する効果が高く、水泳のような負荷が軽減される運動の効果は低いことが報告されている。一方、骨量の変化は可逆的であること、骨折との明白な関係が認められない等、骨量だけでは骨の評価が不

十分であると考えられ、近年、骨質（材料特性、構造・形状特性等）への関心が高まっている。先行研究においては、若年期の運動は骨を太くすることが報告されている。骨外径の拡大は骨強度の増加に関係し、かつ非可逆的变化であるため、後の骨折予防に大きく貢献すると考えられている。

しかし、運動と骨形態に関する報告はまだ少なく、特に大腿骨に関するデータが少ない

こと、男性のデータが少ないこと、さらに日本においてはアスリートを対象とした骨自体に関する報告が非常に少ないこと、などが問題として挙げられる。

したがって、運動と骨に関する基礎的資料を作成することは重要であると考えられた。

## 2. 研究の目的

本研究は、専門的なトレーニングを長期間実施し、その運動特性（力学的負荷）をよりよく評価できると考えられるトップアスリートを対象に、血中の骨代謝マーカの測定と、大腿のMRI画像から中央部における骨横断面分析を行い、以下の4点について明らかにすることで、運動と骨に関する基礎的資料を作成することを目的とした。

- (1) 力学的負荷の相違による骨形態・力学的特性について
- (2) 骨代謝マーカについて
- (3) 骨形態の経時的变化について
- (4) 骨形態と身体的特性との関連について

## 3. 研究の方法

### (1) 被検者

国立スポーツ科学センターを利用する17歳以上のトップレベルのアスリート、男性119名、女性101名を対象に、力学的負荷の特性から、

- ①ノンインパクト群（自転車競技、シンクロナイズドスイミング等、以下、Non群）
- ②ローインパクト群（競歩、スピードスケート、クロスカントリースキー等、以下、Low群）
- ③ミドルインパクト群（陸上ホッケー、レスリング、モーグル等、以下、Mid群）
- ④ハイインパクト群（バレーボール、バスケットボール、陸上混成競技、新体操等、以下、High群）
- ⑤ハイマグニチュード群（ウェイトリフティング、以下、HM群）

の5群に群分けした。

### (2) 骨代謝マーカの測定

午前9時半～10時の間に採血を行い、骨代謝マーカを測定した。

骨形成マーカとしてとして、骨型アルカリフォスファターゼ（以下、BAP）とオステオカルシン（以下、OC）を、骨吸収マーカ

としてI型コラーゲンC末端テロペプチド（以下、1CTP）およびI型コラーゲン架橋Nテロペプチド（以下、NTX）を測定した。

### (3) 骨横断面解析

1.5TのMRI（Magnetom Symphony、シーメンス社製）にて撮影した大腿部の横断面画像から、骨幹中央部の骨画像を抽出し、自作の骨横断面分析ソフトを用いて解析した。基本的に解析は右脚としたが、陸上混成競技や、フェンシングにおいては、利き足側とした。測定項目は、骨形態として骨髄腔面積、皮質骨面積、皮質骨外周囲、皮質骨内周囲を、力学的特性として最小および最大断面2次モーメントを解析した。

### (4) 踵骨の骨強度測定

超音波による骨強度測定器（AOS-100、アロカ社製）を用い、骨横断面解析と同側の踵骨の骨強度を測定し、BSI、相対値を算出した。

### (5) 統計

データは、平均値±標準偏差あるいは平均値±標準誤差にて示した。

骨横断面分析の比較には、年齢、身長、体重を共変量に用いた共分散分析を行い、その他の項目に関する群間の比較には、一元配置分散分析を行った。危険率5%以下を有意水準とし、有意差がみられた場合には、Bonferroniにて多重比較を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 被検者の身体的特徴

各群の被検者数は、男性ではNon、Low、Mid、High、HM群それぞれ15、25、50、15、14名であり、女性においてはそれぞれ、17、31、12、32、9名であった。

年齢は、男性では18～32歳、女性では17～38歳であった。男女とも、年齢に群間の差はなかった。

身長は、男女ともにHigh群が他群と比較して有意に高かった。また、HM群に関しては、男性ではNon群やMid群と比較して、女性ではNon群やLow群と比較して有意に低かった。

体重は、男性ではHigh群がNon群やMid群と比較して有意に高く、女性においてはHM群がLow群と比較して有意に高い値を示した。

### (2) 骨代謝マーカ

男性においてHigh群での測定が実施できなかったことから、High群を除く4群で比較を行った。

その結果、ほとんどの項目において群間差はなく、力学的負荷との関連は認められなかった。しかし、男性においては、Non群のOC

がLow群と比較して有意に高く、女性においてはHigh群の1CTPがLow群よりも有意な高値を示した(表1-2)。

一方、多くのアスリートが基準値の範囲を超える値を示した。

表1. 骨形成マーカー

	BAP( $\mu$ g/L)		OC(ng/ml)	
	男性	女性	男性	女性
Non	15.2 $\pm$ 3.7	11.2 $\pm$ 2.2	9.7 $\pm$ 13.4 <sup>l</sup>	4.0 $\pm$ 1.7
Low	17.0 $\pm$ 5.7	14.6 $\pm$ 5.7	5.0 $\pm$ 2.3	3.9 $\pm$ 1.3
Mid	19.8 $\pm$ 7.6	13.7 $\pm$ 5.6	5.7 $\pm$ 1.7	4.3 $\pm$ 1.2
High	**	19.5 $\pm$ 16.1	**	5.0 $\pm$ 2.4
HM	20.4 $\pm$ 7.0	14.9 $\pm$ 5.9	4.8 $\pm$ 1.2	4.8 $\pm$ 2.0

表2. 骨吸収マーカー

	1CTP(ng/ml)		NTX(nmol/L)	
	男性	女性	男性	女性
Non	4.0 $\pm$ 0.9	3.7 $\pm$ 1.1	24.5 $\pm$ 18.7	16.0 $\pm$ 5.1
Low	4.7 $\pm$ 1.9	4.9 $\pm$ 1.4	22.6 $\pm$ 10.0	20.3 $\pm$ 10.6
Mid	5.0 $\pm$ 1.8	4.3 $\pm$ 1.6	19.6 $\pm$ 7.1	22.3 $\pm$ 7.5
High	**	6.3 $\pm$ 3.0 <sup>l</sup>	**	21.6 $\pm$ 6.1
HM	4.9 $\pm$ 1.1	4.5 $\pm$ 1.2	23.6 $\pm$ 4.2	21.2 $\pm$ 5.4

(mean $\pm$ SD)

p<0.05 : n vs Non, l vs. Low, m vs. Mid, hm vs. HM

p<0.01 : N vs Non, L vs. Low, M vs. Mid, HM vs. HM

### (3) 骨形態および力学的特性

男女とも、骨に加わる力学的負荷が高い群ほど、低い群と比較して、骨肥大(皮質骨面積や皮質骨外周囲の増加)が顕著で、力学的特性が高いことが明らかとなった(図1)。特に、High群が他群と比較して高い値を示し、平均値から算出した増加率は、皮質骨面積に関して、男性では他群と比較すると10.5~26.7%、女性においても8.6~20.1%であった。同様に、最小断面2次モーメントに関して、男性で24.5~9.9%、女性で29.3~36.8%の増加率を示した。骨髄腔面積や皮質骨内周囲には群間差はなかった。

しかし、HM群に関しては男女で異なる傾向がみられ、男性においては骨に対して高い効果が見られたが、女性に関しては男性ほどの効果は見られなかった。

また、いずれの項目においても、Non群とLow群の間に有意差はなく、荷重運動の影響は見られなかった。

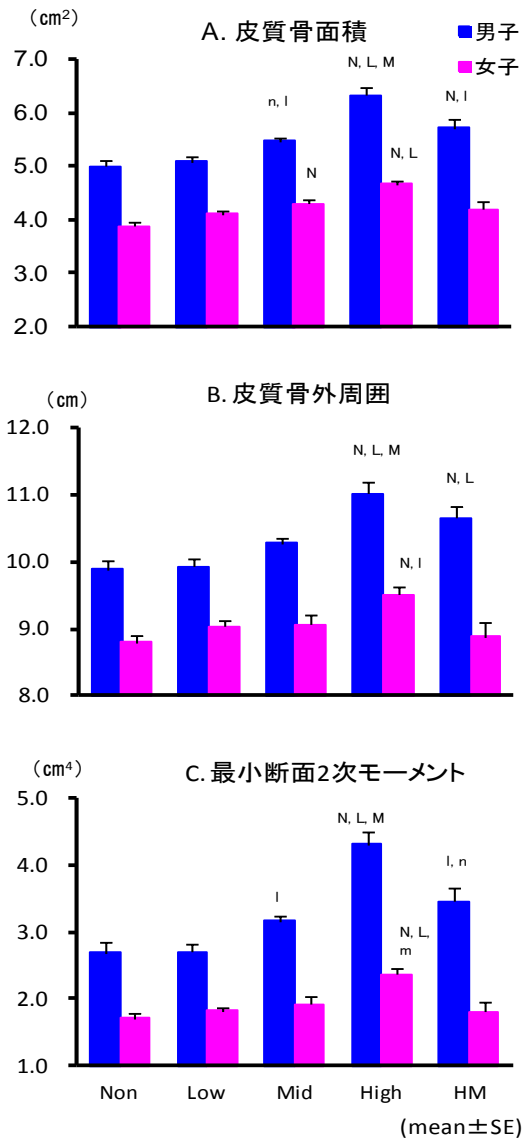


図1. 骨形態および力学的特性

### (4) 踵骨の骨強度

骨形態と同様に、力学的負荷が高い群ほど、骨強度の相対値も高いことが明らかとなった。しかし、男女ともHM群における効果はみられなかった(表3)。

表3. 踵骨の骨強度

	相対値(%)	
	男性	女性
Non	103.4 $\pm$ 8.7	107.1 $\pm$ 3.2
Low	111.5 $\pm$ 13.1	113.2 $\pm$ 9.4
Mid	117.2 $\pm$ 14.7 <sup>N</sup>	123.1 $\pm$ 11.1 <sup>n</sup>
High	122.2 $\pm$ 8.0 <sup>N, HM</sup>	127.1 $\pm$ 4.9 <sup>N, L, hm</sup>
HM	106.1 $\pm$ 8.5	111.1 $\pm$ 16.2

#### (5) 考察

以上の結果から、骨に対する衝撃が高い種目ほど、骨外周囲における骨形成を刺激し、骨を外側方向へ肥大させること、またその結果として骨強度（断面2次モーメント）を増加させることが明らかとなった。

しかし、男女で異なる反応が見られたことや、骨に有効とされる荷重運動の影響が見られなかったこと（Non群とLow群と間に、有意な差が見られなかったこと）等に関しては、今後の検討の余地があると考えられた。また、これらに關係する因子としては、トレーニングの開始年齢、種目、群分けの方法、女性に関しては月経の影響などが考えられるため、さらにこれらを関連付け、検討することが必要であると考えられた。

一方、骨代謝マーカーに関しては、運動との関連は明らかにできなかったが、基準値の範囲を超える選手が多数いることが明らかとなった。したがって、アスリートや運動選手においては、基準値の見直し、あるいはこの原因について検討するが必要であると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕（計3件）

① 本田亜紀子, 松本 実, 俵 紀行, 加藤 尊, 梅村義久. 女性アスリートの大腿骨骨形態. 第64回日本体力医学会 (2009年9月, 新潟)

② Honda A, Matsumoto M, Kato Y, Umemura Y. Femoral cross-sectional geometries assessed by MRI in top female athlete. European College of sport Science 15<sup>th</sup> (2010年6月, Turkey)

③ 本田亜紀子, 松本 実, 加藤 尊, 俵 紀行, 梅村義久. トップアスリートの大腿骨骨形態および骨応答 ～MRIを用いて～. 第66回日本体力医学会(2011年9月, 山口)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

本田 亜紀子 (HONDA AKIKO)

独立行政法人日本スポーツ振興センター  
国立スポーツ科学センター・スポーツ科学研究部・契約研究員

研究者番号：20413784