

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 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：34104

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22500555

研究課題名（和文）

ハイインパクト運動が大腿骨の 3 次元骨構造分析による骨強度評価へ及ぼす影響

研究課題名（英文）

Effects of high-impact exercise on bone strength evaluation of three dimensional structural analysis

研究代表者

加藤 尊 (KATO TAKERU)

鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・准教授

研究者番号：00329913

研究成果の概要（和文）：

若年成人女性 63 名、若年男性 79 名、計 142 名の過去から現在に至る定期的な運動の骨に対するメカニカルストレスの積算 OI と、骨強度諸指標との関係を分析した。女性は、初経前からの定期的な運動が、骨形態を含む骨強度を効率良く高めることが明らかとなった。男性では特に最適な時期を検出できなかった。閉経後の中高年女性 96 名で、学生時代の運動や、20 歳以降の運動により骨折頻発箇所の骨強度を維持できる可能性が示めされた。

研究成果の概要（英文）：

The sum of mechanical stress by the past regular sports participation was estimated as OI for 63 young females and 79 young males. The statistical analysis revealed that in female, the effects of regular sporting activities before and in early puberty appeared to have a greater effect on bone strength parameters including bone geometry compared to the after puberty groups. On the other hand, males did not show this tendency. We also found that in postmenopausal 96 middle-aged women, not only regular exercise during youth, but also regular exercise after the age of 20 may help to maintain the bone strength.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：MRI、骨形態、横断面分析、DXA、ジャンプ

1. 研究開始当初の背景

(1) 腰椎、大腿骨頸部と言った骨粗鬆症の判定基準となる部位の骨密度は dual energy X-ray absorptiometry (DXA) 装置に

よって測定されている。近年の動物、また臨床研究結果より、形態を含めた骨質は DXA で測定される骨密度よりも運動によって増強される骨強度を示す指標として、より適切

であるとの報告が多数されている。

(2) エストロゲンは、長管骨の骨膜性骨形成を抑制することが知られており、女性には骨形態を含めて骨強度を評価する場合、骨強度を増強する最適な時期が初経前から直後にかけてあるのではないかと予想される。初経以前の男女には、長管骨の骨形態変化が変わらないことも明らかになっている。

2. 研究の目的

(1) 骨強度測定ゴールドスタンダードである DXA 測定だけでなく、magnetic resonance (MR) 画像分析を用いて 3 次元的な横断面分析を行う事で、運動の骨強度に及ぼす影響を‘骨質’を含め総合的に評価する。

(2) 以前中高年者への若年時の定期的な運動調査を行った際、記憶の定かさに疑問を持った。また、その当時と現在のスポーツクラブなどを含めたスポーツ環境が大きく変わったこともあり、記憶が定かである若年男女から、いつから定期的な運動を始めたのか、運動の種類、頻度、期間を調査し、現在の骨形態を含めた骨強度諸指標との関係を明らかにすることで、骨強度を高めるうえでの最適な時期を模索する。

3. 研究の方法

(1) 初経以前の運動は、それ以降の運動より効果的に骨を大きくするか

①若年女性 63 名

②アンケート調査(小学校、中学校、高校、大学での運動歴、運動の種類、継続年数、頻度、1回の運動時間など、初経、月経不順など)

③骨密度と骨塩量の定量(DXA法)

④3次元的な横断面分析(MRI分析)

⑤形態計測、体力測定

⑥食事調査

(2) 運動によって男性の皮質骨と女性の皮質骨へ及ぼす影響は異なるか?

①若年男性 79 名

②アンケート調査(小学校、中学校、高校、大学での運動歴、運動の種類、継続年数、頻度、1回の運動時間など)

③骨密度と骨塩量の定量(DXA法)

④3次元的な横断面分析(MRI分析)

⑤形態計測、体力測定

⑥食事調査

(3) 閉経後のトレーニングは骨を強くするのか

①中高年女性 96 名

②アンケート調査(小学校、中学校、高校、大学での運動歴、運動の種類、継続年数、1

回の運動時間など、初経、月経不順など)

③骨密度と骨塩量の定量(DXA法)

④3次元的な横断面分析(MRI分析)

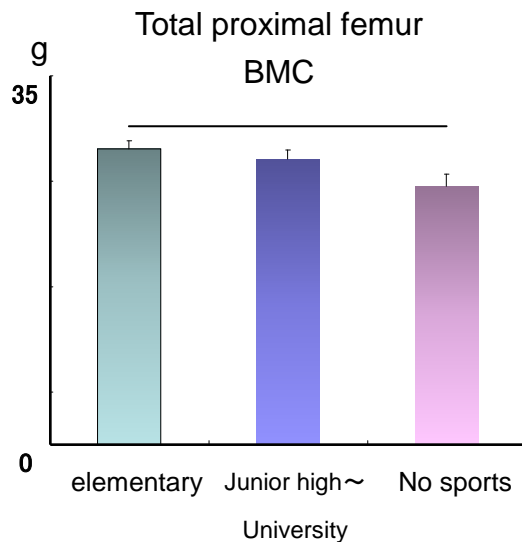
⑤形態計測、体力測定

⑥食事調査

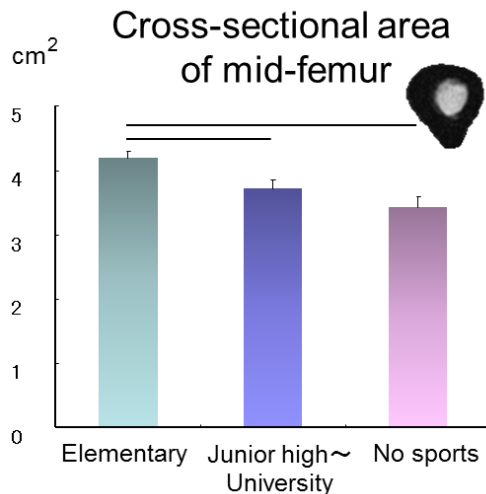
4. 研究成果

(1) 初経以前の運動は、それ以降の運動より効果的に骨を大きくするか

過去から現在に至る定期的な運動の骨に対するメカニカルストレスの積算を、Osteogenic Index (OI) = 『(times/week) × years × strain score』として算出し、DXA測定、MR画像分析より得られた3次元的な横断面指標を含めた骨強度諸指標との関係を分析した。DXA、MRI分析によって得られた指標ともにOIとの間に有意な正の相関関係が認められた。DXA測定による骨塩量、骨密度と同様に3次元的な横断面分析により得た骨強度指標は運動効果を良く反映している。(2)の男性の指標と相関係数を比べると、女性では3次元的な横断面分析より得た骨強度指標の方がDXA測定より得た骨塩量、骨密度よりもより相関係数が高いという結果を得た。なお、体重の影響を除くために偏相関分析を行っている。



女性は、初経前から定期的な運動を始めた群の方が、初経後から運動を始めた群と比べ有意に骨形態(大腿骨中位部の外周囲、皮質骨面積、断面2次モーメント最大値・最小値)が運動なし群と、皮質骨面積は初経後群(中学~大学より運動スタート群)と比べても有意に高値であった。



女性にとっては、初経前～直後の運動が骨形態を含め、より効率良く骨強度を高めるように働いていることが明らかとなった。

(2) 運動によって男性の皮質骨と女性の皮質骨へ及ぼす影響は異なるか？

男性では女性とは異なり、どのようなタイミングからでも長く運動をすればする程、また、ジャンプなどより高いインパクトを含む運動をすればするほど骨塩量、骨密度や骨形態も高値を示した。つまり、骨形態を含め男性には女性とは異なり、運動によるメカニカルストレスが骨に対して効率良く作用する時期が幅広く、女性の初経以降のエストロゲンが長管骨に対する骨膜性骨形成抑制効果と同様な傾向は認められなかった。

一方で男性では女性には見られなかった、OIと腰椎の骨塩量、骨密度との間に有意な正の相関関係が認められている。腰部と大腿骨近位部では、効率良く骨強度を高める。骨に対するメカニカルストレスは局所的であり、腰椎と大腿骨近位端部ではハイインパクト運動として考えられる運動の種類が異なる。ジャンプ動作を多く含むバレーボールやバスケットボールはハイインパクト運動として認知されているが、腰椎については、例えば野球やソフトボールなど、上半身と下半身の捻じれを使うような動作が伴う運動を多く含むスポーツがハイインパクト運動として認知されている。女性では比較的運動経験歴の長い者はバレーボールやバスケットボールなどの種目が多い傾向にあった。一方で男性では、野球やソフトボールの経験者の割合が女性と比べると高く、女性ではOIとDXA測定による腰椎骨塩量や骨密度との間には有意な相関関係が認められなかった。

(3) 閉経後のトレーニングは骨を強くするのか

思春期の運動や、その後の体重が負荷となる運動の継続は、骨強度の維持・増強に効果的であるという。我々は、市立体育館が定期的に行っている運動教室、スイミングスクール、料理教室に通う3群の中老年女性の骨塩量や骨密度の比較、過去の運動との関係を明らかにした。

被験者はスイミングスクールに通う中老年女性40名(60.3±5.8才)、市立体育館が開催する運動教室に通う中老年女性42名(59.5±7.1才)、料理教室に通う中老年女性14名(61.0±6.1才)の計96名である。DXA装置により腰椎、大腿骨近位端部の骨塩量、骨密度の測定を行った。

年齢と体重を共変量とした共分散分析を行った結果、体育館群は料理教室群と比べ大腿骨近位部全体の骨塩量は有意に高値であった。次に過去の定期的な運動経験の有無により2群に分けたところ、腰椎骨塩量、骨密度、大腿骨近位端部全体骨塩量、骨密度、大腿骨頸部骨塩量、骨密度の全てで、運動経験有群(42人)が運動経験無し群(54人)に比べ有意に高値を示した。学生時代の運動や、20歳以降の運動により骨折頻発箇所の骨強度は高値を維持できる可能性が示めされた。

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2件)

① Kato T, Umemura Y, Childhood sports activity induces bone strength in young premenopausal women. *School Health*, 2011, 7:8-15 [査読有]
http://www.shobix.co.jp/sh/contents/journal_e.htm

② Kato T, Exercise for life-long bone health. *Adv Exer Sport Physiol*, 2012, 17:99-103 [査読なし]
http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AA11107566/ISS0000479339_ja.html

[学会発表] (計9件)

① Honda A, Matsumoto M, Kato T, Umemura Y, Femoral cross-sectional geometries assessed by MRI in top female athletes, Annual meeting of European Collage of Sports Science, Antalya, Turkey, 2010, 7.7

② **Kato T, Yamashita T, Matumoto M, Honda A, Takami K, Yamamoto H, Umemura Y**, High-impact low-repetition jump training is effective in preventing the reducing mid-diaphyseal femoral bone geometry seen in post-menopausal women. European Collage of Sports Science, Liverpool, United Kingdom, 2011, 7.7

③ **加藤 尊、山下 剛範**、丹羽 正人、松本実、本田 亜紀子、梅村 義久、若年時の運動が骨形態に及ぼす影響 若年男女の比較、第 65 回日本体力医学会大会発表会（千葉）、2010. 9. 18

④ **岡田 正、山下 剛範、加藤 尊**、梅村 義久、若年ラットのトレーニング効果は局所の骨形態に保持される、第 65 回日本体力医学会大会発表会（千葉）、2010. 9. 18

⑤ **加藤 尊、山下 剛範**、丹羽 正人、松本実、本田 亜紀子、梅村 義久、若年時男性の過去の運動と骨強度、第 66 回日本体力医学会大会発表会（山口）、2011. 9. 17

⑥ **加藤 尊**、骨を強くするトレーニング、日本運動生理学会大会（徳島）、2011. 8. 25

⑦ **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 回日本体力医学会大会発表会（山口）、2011. 9. 17

⑧ **高見 京太**、**江川 賢一**、**加藤 尊**、幼児の食習慣と体型および体力との関係、第 57 回日本体力医学会大会発表（岐阜）、2012. 9. 15

⑨ **加藤 尊**、丹羽 正人、森 康博、小学校、中学校時代の運動が骨を強くする、第 59 回日本栄養改善学会大会（名古屋）、2012. 9. 13

〔図書〕（計 5 件）

① **高松 薫**、**加藤 尊**ら、運動生理学：栄養学第 2 版、建帛社、P5-10、2010、132-139

② **Chia M, Kato T et al**, Sports Science and Studies in Asia, World Scientific Publishers, 2010, 79-88

③ **宮村実晴**、**加藤 尊**ら、運動生理学のニューエビデンス、真興貿易医書出版部、2010、P162-168

④ **北川 薫**、**加藤 尊**ら、機能解剖・バイオメカニクス、文光堂、2011、P145-153

⑤ **岸恭三**、**加藤 尊**ら、運動生理学 人体の構造と機能、講談社サイエンティフィック、2011、P136-139

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 尊 (KATO TAKERU)

鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・准教授
研究者番号：00329913

(2) 研究分担者

山下 剛範 (YAMASHITA TAKENORI)

鈴鹿医療科学大学・保健衛生学部・助教
研究者番号：10410937

(3) 連携研究者

()

研究者番号：