

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501011

研究課題名(和文) 成長期の骨量増加因子と骨量に対する学校給食の寄与の解明

研究課題名(英文) Search for promotion factors of the bone mass and effects of the National School Lunch Program on the bone growth in Japanese school children

研究代表者

郡 俊之(KOHRI, Toshiyuki)

近畿大学・農学部・講師

研究者番号：80440999

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：成長期の子供を対象に骨量及び食生活習慣(栄養、活動強度、睡眠時間、ダイエット、体格、初潮発来状況など)を縦断的に調査し、骨量増加に重要な要因の解明を目的とした。骨量は超音波式骨量測定装置で右踵骨を測定した。

骨量の増加を従属変数とした重回帰分析の結果、男子は主にカルシウムや銅の摂取量、女子ではビタミンC摂取量と体格指数(BMI)が骨量増加に重要な要因であると推定された。さらに学校給食が児童の骨量に影響するか検討した。学校給食実施校の児童は、給食がない学校(弁当持参)の児童と比較して骨量が高かった(運動強度、BMI、睡眠時間で調整後)。

研究成果の概要(英文)：The bone mass and lifestyle of Japanese growing children were investigated longitudinally. The aim of study was to search for the promotion factors of bone growth in children. The bone area ratio of the right calcaneus was evaluated by quantitative ultrasound. Multiple regression analysis demonstrated that calcium and copper were positive influential factors of bone growth for males. For females, vitamin C and BMI were positive influential factors of bone growth. We also examined the effect of School Lunch on bone between elementary school children attending schools that do not enforce School Lunch (the box-lunch group), in which children bring box lunches from home, and those that enforce School Lunch (the school-lunch group). The study subjects were fourth grade students. The bone area ratios of children in the school-lunch group were higher than those of children in the box-lunch group. This tendency did not change even after adjustment for the confounding factors.

研究分野：公衆栄養学、栄養教育学

キーワード：骨密度 栄養 運動 子供 学校給食 骨粗鬆症 成長期 重回帰分析

## 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会となった日本では、介護が必要となった主な原因として「骨折・転倒」によるものが増加している。今後も高齢化が進展する我が国および欧米諸国で、骨粗鬆症による骨折の予防は重要度を増している。最大骨量は20歳前後までに獲得されるが、これを10%高めることで生涯の骨折リスクを半減できるという報告があり、老化による骨粗鬆症および骨折予防には、成長期に骨量を最大限高めておくことが最も有効な方法とされている。

最大骨量の決定因子は、双子を用いた研究から50%以上遺伝素因であると報告されているが、食事や運動など改善可能な食生活習慣も関与することが多数報告されている。しかしながら、一貫した結論はまだ得られていない。例えば成人を対象とした研究でカルシウム摂取と骨密度の関係は、カルシウムと骨密度の間に正の関連がある報告と無関係である報告が混在する状況である。この原因として骨量と栄養素の研究は、横断研究による報告がほとんどであるため、原因と結果の時間的順序が不明瞭であることが挙げられる。また対象者は閉経後の女性であることが多く、すでに骨量が減少傾向にある状態で栄養素との関係を見ている。さらに骨量は運動の影響を大きく受けるが、栄養素と運動(活動強度)について同時に考慮している報告がほとんどなかった。また欧米とアジアでは、カルシウムの平均摂取レベルが異なるため単純比較できない等の課題があった。

また、日本の学校給食は世界的に見ても栄養学的に優れていると考えられているが、子供の骨量に対するエビデンスは知られていない。

## 2. 研究の目的

(1) 成長期の子供を対象として、縦断的に骨量増加に関与する因子を検証する。これまでに最大骨量を過ぎた成人を対象とし、横断的に骨量と食生活習慣の関連を研究した報告は多数あるが、一貫した結論が得られていない。そこで食生活習慣が骨量増加に反映すると考えられる最大骨量到達前の子供を数年間追跡し、骨量増加量を従属変数とし、栄養素摂取量や活動強度などを独立変数とした重回帰分析(ダミー変数も使用)を用いて骨量増加に関与する因子を検証する。

(2) さらに完全学校給食(牛乳あり)実施小学校と学校給食なし(弁当持参)の小学校で、各児童の骨量を食習慣、生活習慣を考慮したうえで比較することにより、日本の学校給食が、子供の骨形成に影響を及ぼしているかを検証する。

## 3. 研究の方法

(1) 対象者は、H24~26年度までに同意が得られた延べ小学3~6年生(1684名)、中学

1~3年生(1034名)、および高校1~2年生(613名)であった。なお、小学4年生で給食実施校は男子193名、女子198名、給食非実施校は男子322名、女子260名であった。調査期間は各年度ともに6月~7月に実施した。

(2) 調査内容は、定量的超音波法(Bonus)による右踵骨の骨梁面積率(%)の計測、簡易型自記式食事歴法質問票による習慣的な食事調査、現在および過去のダイエット、運動クラブの状況および女子は初潮の時期についての自記式質問票、自記式活動記録票を用いた3日間(平日2日、休日1日)の活動記録(習慣的な活動強度を算出)であり、身体計測値は直近の学校健診データを用いた。

(3) 骨量増加因子検討のためのデータ解析は、男女に区分してSPSSを用いて解析しているがまだ途上にある。小学生については小学3年生~6年生における骨梁面積率の増加を従属変数として、身体計測値、主要栄養素(たんぱく質、脂質、炭水化物、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、鉄、亜鉛、ビタミン(A、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub>、B<sub>12</sub>、C、D、E、K)、ナイアシン、葉酸、食物繊維、食塩)、身体活動レベル、睡眠時間、初潮の期間などを独立変数とした重回帰分析を実施している。独立変数は、最初に連続変数を重回帰式に投入し、変数減少法で、有意でない変数( $p < 0.05$ )を除去し、次に除去された独立変数をカテゴリ化した変数(ダミー変数)を強制投入して有意であれば、重回帰式に残し、有意でなければ除去する。重回帰式における多重共線性の確認は、独立変数の分散インフレ係数(VIF)で確認し、VIF 10となる変数は除去する。

(4) 学校給食実施と学校給食なし(弁当持参)で分類した2つの小学校の4~5年生の骨梁面積率は、男女別に平均骨梁面積率を算出して比較している。さらに骨量に関連する交絡因子(活動強度、BMI、睡眠時間)を共分散分析により調整した後にも比較している。

## 4. 研究成果

### (1) 小学生における縦断調査

平成26年度のデータは、解析中であるため、以下、平成25年度までの小学生のデータにおける知見を記載していく。

#### 縦断的栄養素摂取量

表1と2に男女別に小学3年生~6年生までの平均栄養素摂取量を示した。脂質、カルシウム、鉄については、男子が有意に高い摂取量と推定されましたが、その他は有意な差はなかった。特にカルシウムやビタミンB<sub>1</sub>は平均値としても推定平均必要量を下回っていたことから不足者の割合が多いと考え

られた。

表 1. 三大栄養素、無機質の平均摂取状況

	男子	女子
炭水化物(g/日)	277.5±51.3	239.6±41.1
たんぱく質(g/日)	71.7±12.1	64.1±10.5
脂質(g/日)	59.1±11.5	54.9±9.4
ナトリウム(mg/日)	4280.7±688.4	3762.7±621.0
カリウム(mg/日)	2730.6±530.0	2450.2±512.0
カルシウム(mg/日)	580.9±137.3	523.8±110.9
マグネシウム(mg/日)	247.3±42.9	220.2±43.0
リン(mg/日)	1083.1±199.7	971.1±169.4
鉄(mg/日)	8.3±1.4	7.4±1.4
亜鉛(mg/日)	8.8±1.4	7.7±1.2
マンガン(μg/日)	4.0±0.6	3.5±0.5
銅(mg/日)	1.2±0.2	1.1±0.2

男子 vs 女子 \*p<0.05

表 2. ビタミン、食物繊維の平均摂取状況

	男子	女子
レチノール当量(μgRE/日)	758.5±308.4	645.4±168.7
ビタミンD(μg/日)	12.0±4.2	10.9±3.5
ビタミンK(μg/日)	278.6±98.7	241.8±88.3
ビタミンC(mg/日)	161.9±46.0	143.9±39.7
ビタミンB <sub>1</sub> (mg/日)	0.9±0.1	0.8±0.1
ビタミンB <sub>2</sub> (mg/日)	1.4±0.3	1.3±0.2
ビタミンB <sub>6</sub> (mg/日)	1.3±0.2	1.2±0.2
ビタミンB <sub>12</sub> (μg/日)	8.1±2.6	7.5±2.4
ナイアシン(mg/日)	15.2±2.8	13.6±2.7
葉酸(μg/日)	397.9±81.9	358.1±76.8
食物繊維(g/日)	12.9±2.6	11.6±2.8

男子 vs 女子 n.s.

### 身長・体重の縦断的变化

小学 3 年生～6 年生における男女別の身長・体重の経年変化を図 1～2 に示した。身長は男女とも毎年有意な増加が見られ、体重も同様に増加した。

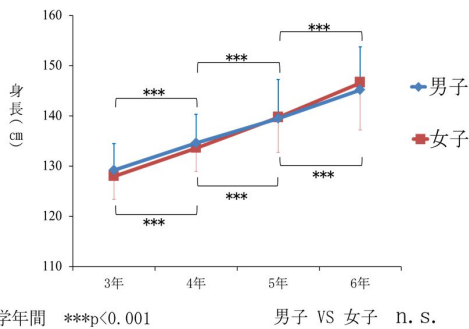


図 1. 身長の経時変化

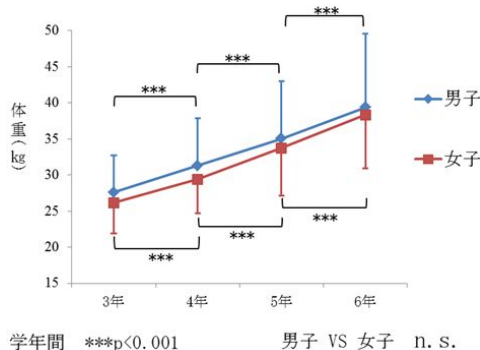


図 2. 体重の経時変化

### 骨梁面積率の縦断的变化

小学 3 年生～6 年生における男女別の骨梁面積率の経年変化を図 3 に示した。男女間で有意な差は見られなかったが、特に小学 5 年生から 6 年生にかけては、女子の骨梁面積率の増加が大きく見られた。これは男子よりも女子で二次性徴が早く現れた結果と考えられた。

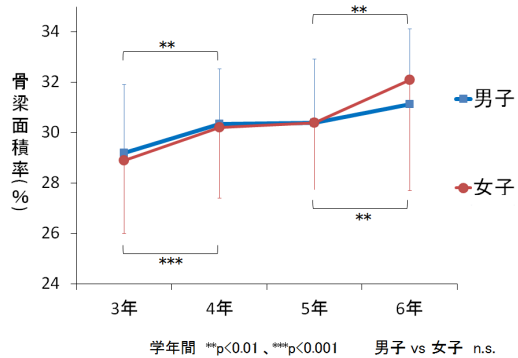


図 3. 骨梁面積率の経時変化

### 骨量増加因子検討

小学 3 年生～6 年生における骨量増加因子の検討を男女別に重回帰分析を用いて検討した。

小学 3 年生から 6 年生まで追跡し、骨梁面積率の増加量を従属変数とし、身長・体重の伸びや平均栄養素摂取量を独立変数とした結果、男子においては、栄養面で銅とカルシウム摂取量が骨量にプラスの因子となることが示唆された。骨形成の材料となるためにカルシウムが必要であり、またコラーゲンの正常な架橋形成に必要なリシル酸化酵素に銅が必須とされているため、プラス因子となったことが考えられる。また栄養素でない因子としては、身長差が予測されたが、身長差は二次性徴と関連し、骨量とも正の関連が見られた可能性が考えられた。

一方、女子においては栄養面で、コラーゲン合成に重要な働きをするビタミン C が骨量にプラスの因子となった。また、栄養素でない因子として BMI が予測された。BMI が高い方が骨に対する物理的な刺激も強くなると考えられる。女兒の中には BMI が低値の者がおり、BMI の差が骨形成の差を生じた可能性が考えられた。

男子と比較して女子は、小学校高学年になってくるとやせ願望が生じやすい傾向が見られることから、骨形成の観点からも小学生高学年からの栄養教育の重要性が示唆された。

### (2) 骨量に対する学校給食の効果

H21～26 年度(予備調査含む)の小学 4 年生において、完全給食実施校の児童の平均骨梁面積率は、給食非実施校(弁当持参)の児童と比較して特に女子で高値を示した。さらに完全給食実施校と給食非実施校の児童で

差が見られた BMI、身体活動レベル、睡眠時間を調整後も、完全給食実施校の児童の骨梁面積率が高値であった。

通常の食事ではカルシウムが不足してしまう日本人において、小学校で実施される学校給食は、子供の骨成長にも寄与するという重要な意義があることが示唆された。

#### 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)

郡俊之 親子共通の食育ツールとして自家製弁当を用いた小学生に対する食育介入効果、小児保健研究、査読有、2014、73(5)、663-671.

Kohri T, Kaba N, Murakami T, Narukawa T, Yamamoto S, Sakai T, Sasaki S. Search for promotion factors of ultrasound bone measurement in Japanese males and pre/post-menarcheal females aged 8-14 years, *J Nutr Sci Vitaminol*, 査読有、2012, 58(4), 263-271.

〔学会発表〕(計 5 件)

Toshiyuki Kohri, Naoko Kaba, Kentaro Yoshikawa, Eriko Matsuoka. Effects of the National School Lunch Program on the bone mass of elementary school children in Japan, 12th Asian Congress of Nutrition, 2015.5.15, Pacifico Yokohama (神奈川県横浜市).

郡俊之、蒲尚子、吉川賢太郎。中学生の食品表示認知度および利用状況と食習慣の関連、第 61 回日本栄養改善学会学術総会、2014 年 8 月 22 日、パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)。

郡俊之、蒲尚子、吉川賢太郎、酒井健雄、山本茂。成長期における骨量増加因子の縦断的探究、第 67 回日本栄養・食糧学会大会、2013 年 5 月 25 日、名古屋大学 (愛知県名古屋市)。

郡俊之、蒲尚子、吉川賢太郎、山本茂。中学生に対する野菜摂取量増加を目指した食育効果の追跡、第 59 回日本栄養改善学会学術総会、2012 年 9 月 14 日、名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市)。

郡俊之、蒲尚子、吉川賢太郎、酒井健雄、山本茂。小学 4~5 年生の骨量に及ぼす学校給食の影響、第 66 回日本栄養・食糧学会大会、2012 年 5 月 19 日、東北大学 (宮城県仙台市)。

〔図書〕(計 1 件)

酒井徹、郡俊之、山本茂、講談社サイエンスティフィク、栄養科学シリーズ NEXT 公衆栄養学第 5 版、2015、104-118.

〔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:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://nara-kindai.univ.jp/index.html>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

郡 俊之 (KOHRI, Toshiyuki)

近畿大学・農学部・講師

研究者番号: 80440999

(2) 研究分担者

なし ( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

吉川 賢太郎 (YOSHIKAWA Kentarou)

近畿大学・農学部・准教授

研究者番号: 20088206

蒲 尚子 (KABA Naoko)

近畿大学・農学部・助手

研究者番号: 40441000

(4) 研究協力者

山本 茂 (YAMAMOTO Shigeru)