低強度の筋力トレーニングが若年女性の骨量変化に及ぼす影響

小池 亜紀子¹, 中原 凱文²

Effect of self-weight exercise on changes in the bone mass in young women

Akiko Koike¹ and Yoshibumi Nakahara²

¹和洋女子大学大学院総合生活研究科, 〒272-8533 千葉県市川市国府台2-3-1 (Graduate School of Human Ecology, Wayo Women's University, 2-3-1 Konodai, Ichikawa-shi, Chiba 272-8533, Japan)

²和洋女子大学生活科学系, 〒272-8533 千葉県市川市国府台2-3-1 (Department of Health and Nutrition, School of Human Ecology, Wayo Women's University, 2-3-1 Konodai, Ichikawa-shi, Chiba 272-8533, Japan)

Received: October 11, 2011 / Accepted: February 10, 2012

Abstract In this study, the influence of self-weight exercise on changes in the bone mass was evaluated in young Japanese women. The subjects were 69 female university students (age: 21.20±0.30). They were assigned to an exercise intervention (Ex, n=26) or control (C, n=43) group according to their requests. Group Ex performed two sets of 10 sit-up, 10 back-extensions, and 10 squats every day for six months. The height, weight, body fat percentage (TANITA, TBF102), bone mass (quantitative ultrasound, Lunar, A-1000EXPRESS), and urinary deoxypyridinoline (DPD) were measured, and their previous and present exercise habits were examined. Group Ex showed no differences in the bone mass or DPD after the training. Group C, on the other hand, showed a significant decrease in the bone mass ($p<0.01$) and an increase in DPD ($p<0.01$) after the training. It was suggested that the bone mass can be possibly maintained through self-weight exercise.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 61(2): 221-225 (2012)

Keywords : bone mass, self-weight exercise, young women

緒 言

骨粗鬆症の予防は、若年期に高い最大骨量 (peak bone mass : PBM) を獲得し、高齢期に起こる骨量減少を抑制することが重要である。骨粗鬆症は遺伝的要因が大きく影響するが¹⁾、栄養・運動など、生活習慣を改善することで骨粗鬆症を予防出来ることも知られるようになった²⁾。このように、骨粗鬆症予防は、高齢期における骨量低下抑制としての二次予防の視点から、若年期における高いPBM獲得とそのレベルの維持へと、積極的予防の視点へと変化してきた。こうした背景から、若年者を対象とした研究が数多く行われるようになり、成長期の運動経験が高い骨量獲得に重要であることが報告された^{3,4)}。また、女子大学生を対象にした縦断研究では、骨量変化は大学入学後の運動習慣が影響する⁵⁻⁷⁾と報告されている。

しかし、近年、若年期における日常生活での身体活動量低下現象が多く研究者から指摘されるようになり⁸⁾、より高い骨量を獲得出来ない状況が懸念されており、近い将来大きな社会問題となることが推測されている⁹⁾。文部科学省の調査によると、思春期急増期¹⁰⁾

に相当する中学校、高校の女兒の運動習慣はそれぞれ68.1%、42.4%であったが、成熟期¹⁰⁾に向かっている19歳では15.0%に低下していた¹¹⁾。つまり、高校卒業後に運動習慣が失われることで、より高い骨量を獲得できず、また閉経期まで高い骨量が維持できない生活習慣になっていることが危惧される状況といえる。

我々の研究において、大学1学年次の骨量は基準値¹²⁾より高値を示したが、2年後には低下し、その値は基準値内を示した。一方、大学入学後も何らかの運動を継続していた者は2年後も高い骨量を維持していたことを報告した¹³⁾。

若年女性を対象とした運動トレーニングによる骨代謝への影響は、さまざまな運動種目にて検討されている^{14,15)}。特に、筋力増強トレーニングはメカニカルストレスを生じさせ、骨形成促進に有効である¹⁶⁾とされている。木村¹⁷⁾は女子大学生を対象に筋力トレーニングを負荷した結果、骨量はトレーニング直後に増加したが、脱トレーニング後は低下したと報告している。このことは、骨量の維持・増進には継続的な運動が重要であることを示唆している。しかし、20歳代女性が運動習慣を有している割合は16.5%と低いのが現状である¹⁸⁾。我々の研究

においても、大学入学後も何らかの運動を継続していた者、または大学に入学してから運動を始めた者、合わせても約23%であり、運動習慣の継続が困難であることを示した¹³⁾。運動習慣を継続させるには、自ら行える簡単な方法で専門施設に移動しなければならないなどの制約がない運動を選ぶことが重要である。

そこで本研究では、女子大学生を対象に特別な用具などを使わず、自重を用いた筋力トレーニングを6ヶ月間行わせ、骨量変化と共に骨代謝動態への影響を検討した。

方 法

被験者 被験者は女子大学生69名(21.20±0.30歳)であった。本研究の趣旨説明後に、本人の意思で、筋力トレーニング群か対照群を選択させた。その結果、筋力トレーニング群(以下Ex群)26名と対照群(以下C群)43名となった。

本研究は「和洋女子大学ヒトを対象とする生物学的研究・疫学的研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した。

測定および調査項目 本研究では、超音波骨量測定装置(Lunar社, A-1000 EXPRESS)を用いて右踵骨骨量を測定した。この機器では超音波減衰係数(broadband ultrasound attenuation: BUA)と超音波伝播速度(speed of sound: SOS)が測定される。BUAは骨梁構造を、SOSは骨の密度を表している¹⁹⁾。この2つのパラメーターから、下記式によりStiffnessが算出される。

$$\text{Stiffness} = 0.67 \times \text{BUA} + 0.28 \times \text{SOS} - 420$$

骨量測定は、臨床面では二重エネルギー X線吸収法(Dual energy X-ray absorptiometry: DXA法)がゴールドスタンダードとされている。しかし、微量とはいえ放射線被曝がある。モニタリングとしては非侵襲的な超音波(quantitative ultrasound: QUS)法が適しているといえる。超音波法による骨量はDXA法による骨密度との相関²⁰⁾や骨折リスクとの関係が明らかにされており、有効な測定方法^{21,22)}と認定されている。本研究では、Stiffnessを骨量指標とし、対象骨は右踵骨とした。被験者測定の前には必ず同一人物が5回連続測定を行い、変動誤差(coefficient of variation: CV)が2%以内である

ことを確認した。

身長、体重および体脂肪率(TANITA社, TBF-102)を測定し、BMI(body mass index: BMI)、体脂肪量(fat mass: FM)および除脂肪体重(lean body mass: LBM)を算出した。なお、体重と体脂肪率測定の際には、測定条件を一定にし、誤差を最小限に抑えるように配慮した。被験者の基本属性をTable 1に示した。

骨量が過去の骨代謝結果を観察しているのに対して、骨代謝マーカーは測定時点での骨代謝動態を示すものであり²³⁾、骨量と骨代謝の両面から検討を行うことが重要であると考え、骨代謝マーカーとして尿中デオキシピリジノリン(deoxypridinoline: DPD)を測定した。DPDは月経周期による影響や日内変動がある²³⁾ため、尿検体採取は月経期間中を避け、早朝2番尿とした。身体活動量として7日間の歩行数(OMRON社, HJ701IT)を測定した。

測定および調査は筋力トレーニング開始前および6ヶ月間の筋力トレーニング期間後に実施した。(Fig 1)

筋力トレーニングの方法 筋力トレーニング期間は2009年1月から2009年6月とした。筋力トレーニングは特別なマシンなどを用いず自分自身の体重を用いる自重負荷トレーニングとし、体幹のトレーニングとして腹筋、背筋の2種目、下肢筋のトレーニングとしてスクワットの計3種目とした。腹筋は仰臥位で膝を90°に立て、胸の前で腕を組み、臍部を覗き込むように起き上がり、肩甲骨が床から離れる程度まで拳上したら戻るよう指示した。背筋は両腕両足を伸ばして臥位になり、右腕と左足を同時に挙げ、戻したら反対側の手足を挙げるように指示した。スクワットは足を肩幅に開いて立ち、両踵骨を結んだ線上に腰が落ちるようにさせ、膝が90°曲がった時点で戻すように指示した。各種目は、1セット10回の反復とし、各種目を2セットずつ行うように指示した。これらは自宅にて毎日行い、トレーニングを実施する時間は任意とした。トレーニングの実施状況は自記式の運

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Items	Unit	C group (n=43)	Ex group (n=26)
Age	years	21.22 ± 0.29	21.18 ± 0.33
Age at menarche	years	12.43 ± 1.25	12.12 ± 1.51
Height	cm	159.53 ± 4.64	158.73 ± 5.76
Weight	kg	52.95 ± 7.21	53.42 ± 5.87
BMI	kg/m ²	20.78 ± 2.48	21.23 ± 2.41
%Fat	%	24.89 ± 4.32	25.44 ± 4.68
FM	kg	13.44 ± 4.06	13.80 ± 3.95
LBM	kg	39.51 ± 3.65	39.62 ± 3.00

means ± SD

n.s.

2008.12.

Measurement of before training

Description of this study

Grouping subjects into own request

2009.1.

Training instruction
of Ex group (n=26)

C group(n=43)

2009.1.~2009.6.

Check on the training
every two weeks

2009.7.

Measurement of after training

Fig 1. Protocol of this study.

動実践記録紙に実施したセット数を記録させ、2週間ごとに提出させた。トレーニングの方法は骨粗鬆症の運動療法²⁴⁾に準じて実施した。トレーニング期間中のC群には生活および運動の制限は行わず、普段通りの生活を遵守させた。

統計処理 Ex群とC群の比較には対応のないt検定を用い、筋力トレーニング期間前後の比較には対応のあるt検定を用い、有意水準はいずれも5%とした。統計解析にはSPSS Ver.19.0 for Windowsを用いた。

結 果

被験者の身長、体重は同年代の測定値¹⁸⁾と比べ差は認められず標準的な体型であった。Ex群のトレーニング期間中の実施率は $84.77 \pm 19.20\%$ であった。両群のトレーニング期間前後の体格、骨量指標、骨代謝マーカー、身体活動量をTable 2に示した。体格指標および歩行数は期間前後における変化は認められなかった。

Fig 2に両群のトレーニング期間前後における骨量変化を示した。骨量は両群間に差は認められなかった。群別に検討した結果、Ex群(■)はトレーニング期前後で有意な変化が認められなかった。一方、C群(○)はトレーニング期前に比べトレーニング期後では骨量が有意に低下していた($p < 0.01$)。

大学入学後の運動習慣の有無により骨量変化を検討した結果をTable 3に示した。C群の運動習慣無の者は有意に骨量が低下した($p < 0.01$)。C群の運動習慣有の者は変化が認められなかった。Ex群は運動習慣有の者も、運動習慣無の者も有意な変化は認められなかった。

骨吸収マーカーであるDPDはトレーニング期間前後でEx群は変化を認めなかった。一方、C群はトレーニング期前に比べトレーニング期間後では有意な高値を示した($p < 0.01$)。Stiffnessと同様、DPDにおいても大学入学後

の運動習慣の有無による変化を検討した(Table 4)。C群の運動習慣無の者はトレーニング期前に比べ、トレーニング期後ではDPDが有意に増加した($p < 0.01$)。C群の運動習慣有の者、Ex群では変化が認められなかった。

考 察

本研究は、女子大学生を対象に低強度の筋力トレーニングが骨量変化ならびに骨代謝動態に及ぼす影響を及ぼすかを検討した。6ヶ月間のトレーニングの結果、Ex群では骨量が維持されていた。成長期からの生涯を通じての適切な運動・スポーツ活動の継続が高齢期における転倒・骨折予防のために重要である²⁵⁾。女子大学生を対象とした研究^{5,6)}において、大学入学後も運動習慣がある者は骨量が増加したと報告しており、PBM(最大骨量)獲得後の成人期においても、運動を継続することが骨量の維持だけでなく、増加の可能性を示している。また、若年女性を対象とした筋力トレーニングによる骨

Fig 2. Changes of Stiffness in Pre and Post on all subjects.
**: $p < 0.01$ vs C group Pre

Table 2. Changes in physical characteristics, bone mass, bone metabolic marker and physical activity.

Items	Unit	C group (n=43)				Ex group (n=26)			
		Pre		Post		Pre		Post	
《Physical characteristics》									
Height	cm	159.53	± 4.64	159.82	± 4.76	158.73	± 5.76	159.10	± 5.14
Weight	kg	52.95	± 7.21	52.84	± 7.56	53.42	± 5.87	53.34	± 5.80
BMI	kg/m ²	20.78	± 2.48	20.66	± 2.59	21.23	± 2.41	21.10	± 2.42
% Fat	%	24.89	± 4.32	24.68	± 4.45	25.44	± 4.68	25.54	± 4.85
FM	kg	13.44	± 4.06	13.33	± 4.20	13.80	± 3.95	13.83	± 4.06
LBM	kg	39.51	± 3.65	39.52	± 3.82	39.62	± 3.00	39.51	± 2.85
《Bone mass》									
Stiffness		100.98	± 15.02	96.53	± 14.8**	101.00	± 12.59	98.62	± 13.93
《Bone metabolic marker》									
Urinary deoxypyridinoline	nmol/mmol · Cr	6.28	± 1.55	6.92	± 1.45**	6.22	± 1.47	6.77	± 1.70
《Physical activity》									
Walking steps	steps/day	9871.47	± 2600.35	10135.29	± 3393.12	9318.70	± 3031.56	8903.13	± 2862.79

means ± SD

** $p < 0.01$ vs Pre

Table 3. Change in Stiffness according exercise habits in college life.

Group	EHICL ^a	n	Pre	Post
C group	No	31	101.29 ± 16.28	96.71 ± 15.84 **
	Yes	12	100.17 ± 11.76	96.08 ± 12.35
Ex group	No	17	98.24 ± 13.12	95.18 ± 13.80
	Yes	9	106.22 ± 10.20	105.11 ± 12.36

means ± SD

** : p<0.01 vs Pre

^a: Exercise habits in college life. (EHICL)

Table 4. Change in DPD according exercise habits in college life.

Group	EHICL ^a	n	Pre	Post
C group	No	31	6.22 ± 1.42	7.01 ± 1.42 **
	Yes	12	6.45 ± 1.89	6.48 ± 1.49
Ex group	No	17	6.18 ± 1.38	6.84 ± 1.59
	Yes	9	6.30 ± 1.71	6.64 ± 1.99

means ± SD

** : p<0.01 vs Pre

^a: Exercise habits in college life. (EHICL)

代謝への影響^{14,15)}を検討した研究によると、骨量は増加したと報告がある。木村¹⁷⁾は女子大学生を対象に筋力トレーニングによる骨量変化への影響を検討しており、骨量は筋力トレーニングにより増加し、脱トレーニングでは減少したと報告している。これらは、骨量の維持・増進には運動の継続がより重要であることを示唆している。

我々の研究においても、過去に運動経験を有していた者で大学入学後も運動を継続していた者は骨量を維持していた¹³⁾。しかし、その割合は約20%と低く、ほとんどの者は運動習慣を喪失していた。運動習慣を継続させるには、自ら行える簡単な方法で日常生活に取り入れやすいと考えられる低強度の筋力トレーニングによる骨量への影響を検討した結果、骨量は維持されていた。

山下¹⁵⁾は女子大学生を対象に自重による筋力トレーニング群とウォーキング群で骨量変化を検討したところ、両群とも有意に骨量が増加したと報告している。しかし、この報告は運動と栄養を組み合わせた結果であり、筋力トレーニング単独による影響は検討されていない。本研究においてトレーニング期間前後における骨量変化は、Ex群では変化が認められなかったのに対し、C群において有意に低下(p<0.01)していた。我々は、大学入学後も運動を継続していた者は骨量を維持していたことを報告した¹³⁾。そこで、両群をさらに運動習慣の有無で分けて骨量変化を検討した。C群の運動習慣無の者のみStiffnessが有意に低下(p<0.01)していた。Ex群では運動習慣無の者は変化が認められなかったことから、運動習慣がなくても、低強度の筋力トレーニングにより骨量を維持する可能性が示唆された。

痩身女子大学生を対象にマシンを使用した筋力トレーニングを週2回、9週間行った研究¹⁷⁾ではトレーニング期間中、体重やLBMは維持していたとしている。本研

究でも体格指標はトレーニング期間前後で変化を認めなかったことは、先行研究と同様の結果であった。Ex群において、トレーニングによる体重、LBMへの変化には影響を及ぼさなかったと推測される。

骨吸収マーカーであるDPDはEx群ではトレーニング前後で差が認められなかったのに対し、C群においては増加(p<0.01)した。さらに大学での運動習慣の有無別に検討した結果において、C群の運動習慣無の者はDPDが有意に増加(p<0.01)していた。DPDは小児期に骨のモデリングに伴う骨代謝が亢進することで高値を示し、初経後は低下する^{26,27)}。閉経後には、エストロゲン分泌減少に伴い上昇する骨吸収作用亢進を反映するマーカーである。女子大学生を対象とした我々の研究においても、DPDは初年度(大学1年生:19.22±0.29歳)では成人基準値²⁸⁾を上回っていた者は約80%いたが、20歳を超えると逆に約70%の者が成人基準値内に低下し²⁹⁾、骨代謝の安定した状態を示した。このことから、本研究における対象者の骨代謝は安定していると考えられた。小出¹⁴⁾は筋力トレーニングにより骨吸収マーカーは亢進したと報告している。Ex群でDPD変化が認められなかったことは、本研究におけるトレーニングが低強度であったため、DPDに変化は及ぼさなかったと考えられる。一方、Woitge et al.³⁰⁾は骨代謝マーカーの季節変動を検討しており、冬季に低値を示し、夏季に高値を示すことを報告している。本研究ではトレーニング期間が1月から6月であったことから、C群における運動習慣無の者がDPDの上昇を示したことは季節変動を捉えていた可能性が考えられる。トレーニングによるDPDの変化については例数が少ないこと、期間が短いことから、今後例数を増やし、継続した検討が必要である。

また、今回の対象骨は踵骨という局所に存在する骨の変化を検討したものであり、全身の骨代謝状態を評価する骨代謝マーカー変化が同調しているとは限らない。今後、骨代謝マーカーと他の部位の骨量変化について検討する必要性もある。

本研究において、半年で急激にStiffnessが低下した被験者が1名いた。その被験者の形態変化は無かった。ホルモンの影響も考えられたが、本研究ではホルモンの測定はしておらず、検討できなかった。今後ホルモンの変動を加味した検討が必要と思われた。

結 論

本研究では、女子大学生を対象に低強度の筋力トレーニング(腹筋・背筋・スクワット運動)が骨量変化に影響を及ぼすか検討した。その結果、Ex群では踵骨骨量が維持されていた。しかし、対照群では骨量が低下していたことから、低強度の筋力トレーニングであっても運動を継続することにより、骨量維持の可能性が示唆された。

参 考 文 献

- 1) Toyokawa S, Nishikawa H, Ueji M, Motegi K, Kano K: Structural Equation Modeling of the Relationship of Bone Mineral Density and Its Risk Factors in Japanese Women, *Environ Health Prev Med*, 6: 41-46, 2001.
- 2) Bainbride KE, Sowers M, Lin X, Harlow SD: Risk Factors for low bone mineral density and the 6-year rate of bone loss among premenopausal and perimenopausal Women, *Osteoporos Int*, 15: 439-446, 2004.
- 3) Hara S, Yanagi H, Amagai H, Endoh K, Tsuchiya S, Tomura S: Effect of Physical Activity During Teenage Years, Based on Type of Sport and Duration of Exercise, on Bone Mineral Density of Young, Premenopausal Japanese Women, *Calcif Tissue Int*, 68: 23-30, 2001.
- 4) Nilsson M, Ohlsson C, Mellström D, Lorentzon M: Previous Sport Activity During Childhood and Adolescence Is Associated With Increased Cortical Bone Size in Young Adult Men, *J Bone Miner Res*, 24: 125-133, 2009.
- 5) 呉 堅, 楠原慶子, 石崎朔子, 加藤陽子, 深代千之: 女子大学生における荷重骨と非荷重骨の骨量の年間変化の縦断的研究, *体力科学*, 48: 211-218, 1999.
- 6) 横内樹里, 安藤大輔, 小野悠介, 尾崎芳雅, 浅川和美, 北川淳, 中原凱文, 小山勝弘: 女子大学生における2年間の骨量変化に対する体格・生活習慣因子の影響, *体力科学*, 55: 331-340, 2006.
- 7) 西田弘之, 竹本康史, 横山強, 杉浦春雄, 中神勝: 女子看護学生の入学時から2年間の骨密度推移と生活習慣との関係について, *学校保健研究*, 41: 12-20, 1999.
- 8) Naito H: Physical fitness in Japanese children, *Adv Exerc Sports Physiol*, 15: 38, 2009.
- 9) 中原凱文: 幼児期の運動不足が, 将来に及ぼす影響 - 体力医学からみた警告と提言 -, *体力科学*, 60: 46, 2011.
- 10) Tanner JM: *Growth at adolescence* (2nd ed). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1962.
- 11) 文部科学省: 平成19年度体力・運動能力調査結果一覧表(運動部・スポーツクラブ所属の有無と体格測定・テストの結果), <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001042118>
- 12) 萩野浩: QUS基準値, *Osteoporosis Jpn*, 13: 31-35, 2005.
- 13) Koike A, Nakahara Y: Influences of exercise habits during growth period and in college on changes in bone mass of female college students -A longitudinal study-, *医学と生物学*, 155: 222-228, 2011.
- 14) 小出かつら, 上出直人, 北川淳, 高平尚伸: 筋力増強トレーニングが骨代謝動態に与える影響 - 若年成人女性を対象とした比較対照試験 -, *日本生理人類学会誌*, 14: 163-169, 2009.
- 15) 山下静江, 武藤志真子, 伊佐裕子, 小池五郎: 栄養素の補給条件下における運動負荷が若年女子の骨密度に及ぼす効果, *日本栄養・食糧学会誌*, 56: 3-15, 2003.
- 16) Frost HM: Bone "Mass" and the "Mechanostat": A Proposal, *Anat rec*, 219: 1-9, 1987.
- 17) 木村瑞生: 痩身・低骨量女子大学生の踵骨骨量の変動性, *保健の科学*, 53: 65-70, 2011.
- 18) 厚生労働省: 国民健康・栄養の現状 - 平成20年厚生労働省国民健康・栄養調査報告より -, 東京: 第一出版, 2011, 184.
- 19) Glüer CC, Wu CY, Jergas M, Goldstein SA, Genant HK: Three quantitative ultrasound parameters reflect bone structure, *Calcif Tissue Int*, 55: 46-52, 1994.
- 20) Gemalmaz A, Discigil G, Sensoy N, Basak O: Identifying osteoporosis in a primary care setting with quantitative ultrasound relationship to anthropometric and lifestyle factors, *J Bone Miner Metab*, 25: 184-192, 2007.
- 21) Rossini M, Viapiana O, Del Marco A, de Terlizzi F, Gatti D, Adami S: Quantitative Ultrasound in Adults with Cystic Fibrosis: Correlation with Bone Mineral Density and Risk of Vertebral Fractures, *Calcif Tissue Int*, 80: 44-49, 2007.
- 22) Fujiwara S, Sone T, Yazaki K, Yoshimura N, Nakatsuka K, Masunari N, Fujita S, Kushida K, Fukunaga M: Heel bone ultrasound predicts non-spine fracture in Japanese men and women, *Osteoporos Int*, 16: 2107-2112, 2005.
- 23) 福永仁夫, 中村利孝, 松本俊夫: 骨代謝マーカー, 東京: メディカルレビュー社, 1995, pp97-98.
- 24) 佐藤祐造: III生活習慣病の臨床知識と運動療法の実践, 18骨粗鬆症, 運動療法と運動処方(第2版) - 身体活動・運動支援を効果的に進めるための知識と技術, 東京: 文光堂, 2008, pp214-219.
- 25) Karlsson MK: Physical activity, skeletal health and fractures in a long term perspective, *J Musculoskel Neuron Interact*, 4: 12-21, 2004.
- 26) Ohisi T, Takahashi M, Kawana K, Aoshima H, Hoshino H, Horiuchi K, Kushida K, Inoue T: Age-related changes of urinary pyridinoline and deoxypyridinoline in Japanese subjects, *Clin Invest Med*, 16: 319-325, 1993.
- 27) 高橋正哲, 大石強, 串田一博, 井上哲郎: 尿中ピリジノリン, デオキシピリジノリンの健常者および骨粗鬆症患者における測定値, *The bone*, 7: 61-67, 1993.
- 28) 折茂肇: 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン(2006年版), 東京: ライフサイエンス出版, 2006, pp56-57.
- 29) 小池亜紀子, 菱山なつみ, 北川淳, 永田瑞穂, 湊久美子, 中原凱文: 女子大学生における3年間の骨代謝変化特性 - 横断的・縦断的研究から -, *体力科学*, 58: 632, 2009.
- 30) Woitge HW, Scheidt-nave C, Kissling C, Leidig-bruckner G, Meyer K, Grauer A, Scharla SH, Ziegler R, Seibel MJ: Seasonal variation of biochemical indexes of bone turnover: results of a population-based study, *J Clin Endocrinol Metab*, 83: 68-75, 1998.