

運動習慣を持つ閉経後女性の骨密度と運動量の関連

寺沢なお子^{*1}, 竹田味甫^{*2}, 谷内直人^{*3}

*1: 金沢大学人間科学系

*2: 金沢大学地域創造学類健康スポーツコース

*3: (株) エイム

Relationship between Bone Density and Amount of Habitual Exercise in Postmenopausal Women

Naoko TERASAWA^{*1}, Miho TAKEDA^{*2} and Naoto YACHI^{*3}

*1: Faculty of Human Sciences, Kanazawa University

*2: Health and Sport Sciences Course, School of Regional Development Studies, Kanazawa University

*3: AIM, Co., Ltd.

Abstract

We investigated the relationship between bone density (BD) and the amount of exercise in postmenopausal women who habitually exercised at a fitness club.

For all participants, various factors were measured, including Stiffness value of the right calcaneus, height, body weight, and maximal oxygen consumption. Participants were provided several questionnaires concerning past and present lifestyle factors, frequency of food intake, duration of fitness club membership, and amount of exercise at the fitness club, and their responses were evaluated.

The participants were classified into two groups based on the Stiffness value: high-BD group [$\geq 80\%$ of the young adult mean (YAM)] and low-BD group ($<80\%$ of YAM). There were significant differences between the two groups in menopausal age ($p<0.05$), Stiffness value ($p<0.01$), and YAM (%) ($p<0.01$); a significant correlation was observed between YAM (%) and age in the high-BD group ($p<0.05$). In addition, significant differences were not observed in past and present lifestyle factors and YAM (%) between the two groups. Significant differences were observed between the groups in age at which the participants joined the fitness club, in total amount of METs·h (Ex), in total exercise time (h), and in estimated energy consumption (kcal) during 1 week at the fitness club ($p<0.05$). Compared with the low-BD group, the high-BD group showed a higher amount of Ex (11.5 Ex), longer exercise time (2.0 h), and greater energy consumption (682 kcal) in a week. On the other hand, there was no significant difference in the daily physical activity between the two groups.

Furthermore, the intake of magnesium, iron, and vitamins D, E, K, B₆, B₁₂, and folic acid was significantly higher in the high-BD group than in the low-BD group ($p<0.05$).

The results of this study indicate that the age of commencing habitual exercise and the amount of exercise were important determinants of BD in postmenopausal women. Women in the high-BD group, who commenced habitual exercise 2.9 years after menopause and performed exercise of 37.5 Ex per week, had a BD of 97.3% of YAM 10.2 years after menopause. However, women in the low-BD group, who commenced habitual exercise 4.8 years after menopause and performed exercise of 26.0 Ex per week, had a BD of only 71.5% of YAM 10.4 years after menopause.

The findings of this study indicate the criteria for commencing habitual exercise after menopause and the amount of exercise per week required to maintain BD in postmenopausal women.

Key words: amount of exercise (運動量), habitual exercise (運動習慣), postmenopausal women (閉経後女性), Stiffness value (スティフネス値), young adult mean (若年成人平均値)

I. 緒 言

日本における骨粗鬆症患者は1,280万人(2005年の年齢別人口構成より)と推測されており、その77%が女性である¹⁾。骨粗鬆症によって引き起こされる骨折、中でも大腿骨近位部骨折は単に移動能力や生活機能を低下させるだけではなく、死亡率上昇という生命予後と直結した骨折であることも数多くの研究から明らかにされている²⁾。

ヒトの骨量は学童期から思春期にかけて高まり、20歳前後で骨量頂値(peak bone mass)を迎えるが、成人期以降、加齢や閉経に伴い、破骨細胞による骨吸収が骨芽細胞による骨形成を上回り、骨密度は低下する³⁾。特に女性の場合は50歳前後で閉経に伴うエストロゲンの減少により骨密度が急激に低下する⁴⁾。1996年度の骨粗鬆症診断基準発表の骨密度の年齢分布によると、女性における若年成人平均値(young adult mean, YAM)の70%未満の者の推計は40歳代前半で0.8%であるが、年齢とともにその割合は漸増し、50歳代前半で7.1%、60歳代前半で26.3%、さらに70歳代前半では41.0%に増加している⁵⁾。このことから、特に女性において骨粗鬆症を予防する方策として、20歳前後までに最大骨量を増加させておくこと、閉経期以降に顕著になる骨密度低下を予防することの2点が重要であると考えられている。

骨密度低下については、加齢、性(女性)、体格、遺伝要因、乳製品摂取量、タンパク質摂取量、食事制限、運動不足、喫煙、過度のアルコール摂取、投薬等、様々な要因が挙げられる^{3,4)}。これらのうち、栄養と運動には一定の見解が得られていない部分も多く、栄養面では乳製品やカルシウム摂取が骨密度の維持に有効^{6,7)}とされている一方、カルシウムの骨量増加および予防効果は弱いという報告も見られ^{3,4)}、また運動面では、骨への重力負荷が骨量増加に有効であることから水泳選手の骨密度は対照群より低い^{8,10)}と報告されている一方、水泳も骨量増加に効果が認められたとの報告もみられる^{11,12)}。

さらに、どの程度の運動量が閉経後女性の骨密度低下抑制または維持に効果があるのかについても様々な報告があり、レジスタンストレーニングが骨密度維持に有効¹³⁾、1年以上の継続した運動習慣が骨量維持に効果的¹⁴⁾、1日1万歩の歩行や1日20~30分の軽度の運動を週3回程度行うことで十分骨粗鬆症を予防可能¹⁵⁾、60歳代の女性でゲートボール程度の軽度の運動でわずかながら骨密度が増加¹⁶⁾などの報告がみられる。その一方で、60歳以上においては骨密度に対する運動習慣の効果は少ない可能性¹⁷⁾や、骨に負荷をかける運動の骨量に対する効果はそれほど大きいものではなく、中程度~軽度の運動では長期間持続しても骨量への影響は少ない¹⁸⁾との報告もみられる。

そこで本研究では、フィットネスクラブに通い一定の

運動習慣を有する閉経後女性を対象とし、骨密度に対する運動量の影響を明らかにすることを目的に調査を行った。

II. 方 法

1. 対象者および調査期間

石川県金沢市M地区のフィットネスクラブAの会員である50~69歳の女性に対し、本調査の目的、方法、個人情報保護等について記載した説明書と同意書を配布するとともに、口頭で説明を行った。調査協力への同意が得られた者の中から閉経後女性を抽出し、調査票の記載に不備のあった者、骨関連の投薬を行っている者、および糖尿病の者を除外した結果、39名が本研究の分析対象となった。なお、透析治療を行っている者はいなかった。

本研究は、「金沢大学人間社会研究域人間科学系におけるヒトを対象とする研究倫理委員会」の承認を得て行い(承認番号2013-1)、調査は平成25年7月下旬~8月下旬に実施した。

2. 測定項目

1) 骨密度測定

骨密度の指標としては、二重エネルギーX線吸収法(DXA、腰椎)とも相関し評価の妥当性が認められている踵骨のStiffness値^{19,20)}を用いた。踵骨量は大腿骨頸部骨折のリスクと相関することも報告されている^{21,22)}。測定には超音波踵骨測定装置A-1000 EXP II(GEヘルスケア・ジャパン)を用い、右足踵骨のStiffness値を測定した。得られたYAM(%)をもとに、対象者を次のように2群に分類した。YAM(%)は一般的に80%以上が正常、70%以上80%未満が骨量減少、70%未満が骨粗鬆症と評価されるが、今回は対象者数の関係上、80%以上(骨量正常)を高骨密度群、80%未満(骨量減少)を低骨密度群とした。

2) 身体計測および最大酸素摂取量測定

対象者の身体計測は、フィットネスクラブ内に設置の身長計、および体重計(SEALING WB-110, タニタ)にて行った。また、最大酸素摂取量(VO₂ max)は、AEROBIKE 900U-ex(コンピュエルネス)にて測定を行った。さらに、各自の体重と基礎代謝基準値(50歳以上20.7 kcal/kg 体重/日)²³⁾から基礎代謝量を算出した。

3. アンケート調査

自記式調査票により、対象者の同居者、出産経験および出産人数、月経の状況(月経の有無および初潮・閉経年齢)、婦人科手術経験、糖尿病と診断されているか、透析治療を行っているか、腰痛・背痛の有無、骨折経験、骨関連の投薬の有無、喫煙習慣、飲酒習慣、思春期(小

学校～高校)のスポーツ経験, フィットネスクラブ以外での運動習慣(現在), フィットネスクラブ所属期間, フィットネスクラブで行っている運動の内容・時間とそれぞれの自覚的運動強度(1:かなり楽, 2:楽, 3:ややきつい, 4:きつい, 5:かなりきつい, 6:非常にきつい)等について質問した。

フィットネスクラブで行われている運動は, エアロビクス等の有酸素系, ヨガ等の調整系, ダンス系, 筋トレ系, プール系の各運動である。各対象者が行っている運動について, 「改訂版 身体活動のメッツ (METs) 表」²⁴⁾より運動ごとのMETs数を割り出し, これに運動実施時間を掛けることで各運動のエクササイズ値 (Ex = METs × 時間) を算出した。また, 得られたEx値に体重を掛けることで各運動の推定エネルギー消費量を算出し, 対象者ごとに集計して運動による週あたりの推定エネルギー消費量を求めた。なお, この算出にあたっては, 厚生労働省「健康づくりのための身体活動基準2013」に従い, 1.05の係数は用いなかった²⁵⁾。

4. 生活活動状況調査

対象者には, 基本的にはフィットネスクラブへ行かない日の行動について回答するよう依頼した。対象者の1日の生活活動につき, 5分単位で調査票に記入してもらい, 「改訂版 身体活動のメッツ (METs) 表」²⁴⁾より各活動のMETs数を割り出した。これに実施時間を掛けることでEx値を算出し, さらに定法により1日の推定エネルギー消費量を求めた²⁶⁾。

5. 栄養調査

エクセル栄養君 FFQg Ver.3.5 (建帛社) の食物摂取頻度調査票を用いて調査を行い, 回答の入力により得られた各対象者の栄養素摂取量を算出した。また, 各栄養素摂取量が, 日本人の食事摂取基準 (2010年版)²⁷⁾の示す推定平均必要量, 目安量, および目標量未満の者, 推奨量および目標量以上の者の割合を算出した。エネルギーについてはエクセル栄養君 FFQgの算出した各対象者のエネルギー摂取基準量に満たない者の割合を求めた。

6. 統計解析

結果は表中に平均値±標準偏差で表した。2群間の比較は, F検定により等分散が認められた場合は対応のないStudentのt検定, 非等分散であった場合はWelch検定で行った。対象者の身体特性とYAM (%)の相関についてはPearsonの方法を用いた。またフィットネスクラブへの所属時年齢 (3段階) とYAM (%)の相関については, 二要因分散分析を行い, 有意差が認められた場合にはTukey-Kramerの多重比較検定を用いた。有意水準は危険率5%未満 ($p<0.05$) および1%未満 ($p<0.01$) とした。

表1 対象者の身体特性(n=39)

	高骨密度群 (n=22)	低骨密度群 (n=17)
年齢(歳)	60.0 ± 6.0	62.8 ± 3.8
閉経年齢(歳)*	49.9 ± 4.0	52.5 ± 2.5
閉経後年数(年)	10.2 ± 7.7	10.4 ± 4.7
初潮年齢(歳)	13.0 ± 1.1	12.8 ± 1.1
身長(cm)	157.5 ± 4.3	155.7 ± 3.9
体重(kg)	53.2 ± 4.5	50.4 ± 4.4
BMI	21.4 ± 1.7	20.8 ± 1.5
基礎代謝量(kcal)	1,101 ± 93	1,044 ± 91
VO ₂ max (ml/kg/min)	40.2 ± 12.7	42.7 ± 11.9
Stiffness 値**	88.2 ± 12.9	65.8 ± 5.7
YAM (%)**	97.3 ± 14.4	71.5 ± 6.2
平均値±標準偏差	* $p<0.05$, ** $p<0.01$	

III. 結 果

1. 対象者の身体特性

対象者39名をYAM 80%以上(高骨密度群), 80%未満(低骨密度群)で分類した結果, 前者22名, 後者17名となった。なお, 低骨密度群のうち, YAMが70%以上80%未満の者は12名, 70%未満の者は5名であった。

対象者の身体特性を表1に示した。高骨密度群, 低骨密度群の2群間には, 年齢に有意差は認められなかったが, 閉経年齢に有意差 ($p<0.05$) が認められ, 高骨密度群の方が2.6歳閉経が早かった。また2群間でStiffness値およびYAM (%)に有意差 ($p<0.01$) が認められ, Stiffness値は高骨密度群の88.2に対して低骨密度群65.8, YAM (%)は高骨密度群の97.3%に対して低骨密度群は71.5%と低かった。

2. 身体特性とYAM (%)の相関

全対象者, 高骨密度群, 低骨密度群の身体特性とYAM (%)の相関係数を表2～4に示した。全対象者および高骨密度群では, YAM (%)と年齢の間に有意な負の相関が認められた (全対象者 $p<0.01$, 高骨密度群 $p<0.05$)。

3. 生活習慣とYAM (%)の関連

対象者の過去および現在の生活習慣とYAM (%)の関連については, いずれの項目にも有意差は認められなかった (表5)。

以下, 表には示していないが, 「同居者」の「独居・夫と同居」の内訳は, 独居3名, 夫と同居20名であった。「出産経験あり」の出産人数は, 1人4名, 2人22名, 3人9名であり, 出産年齢は1人目25.4 ± 3.7歳, 2人目27.9 ± 3.4歳, 3人目30.4 ± 2.9歳であった。「婦人科手術経験あり」の手術時の年齢 (複数回経験ありの場合は延べ) は, 44.6 ± 11.5歳であった。なお, 複数回の手術

経験を有する者は1名であった。「骨折経験あり」の骨折時の年齢(複数回経験ありの場合は延べ)は41.9 ± 17.0歳であった。なお、複数回の骨折経験を有する者は1名であった。「喫煙」については喫煙中の者はおらず、喫煙経験を持つ者の喫煙歴は16.4 ± 11.5年、禁煙した年齢は43.0 ± 15.1歳であった。「飲酒」については「全く飲まない」13名、「ほとんど飲まない」12名、「週1～3日飲む」2名、「週4～6日飲む」3名、「毎日飲む」9名であった。「思春期のスポーツ経験あり」においては、小学校から高校までのスポーツ継続年数は4.3 ± 1.4年、スポーツを始めた年齢は12.6 ± 2.0歳、やめた年齢は15.9 ± 1.6歳であった。「フィットネスクラブ以外での運動習慣あり」における運動継続年数は11.4 ± 11.5年であった。

4. 身体活動状況

フィットネスクラブにおける運動実施状況(表6)では、所属時年齢に群間で有意差($p < 0.05$)が認められ、高骨密度群52.8歳、低骨密度群57.2歳であった。この

年齢はそれぞれ閉経から2.9年後、4.8年後であった。また、フィットネスクラブの所属月数には高骨密度群87.2ヶ月、低骨密度群67.0ヶ月と群間に20.2ヶ月の差があったが、有意差は認められなかった。

一方、フィットネスクラブで対象者が行っている全運動の週あたり総Ex、総運動実施時間、および推定エネルギー消費量に群間で有意差($p < 0.05$)が認められ、高骨密度群は低骨密度群に比べて週あたり11.5 Ex、2.0時間、および682 kcal 多く運動を行っていた。週あたりの運動実施日数、延べ運動種目数、運動あたりの自覚的運動強度×時間、および低重力負荷運動(ヨガ系、プール系、筋トレス等)を除いたEx量には有意差は認められなかった。また、日常生活活動量には群間で有意差は認められなかった。

表2 全対象者の身体特性とYAM(%)の相関係数(n=39)

	YAM	年齢	身長	体重	BMI	$\dot{V}O_2$ max
YAM (%)	1.000					
年齢 (歳)	-0.419**	1.000				
身長 (cm)	0.071	-0.224	1.000			
体重 (kg)	0.213	-0.063	0.510**	1.000		
BMI	0.203	0.072	-0.121	0.791**	1.000	
$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	-0.021	-0.028	-0.026	0.170	0.221	1.000

** $p < 0.01$

表3 高骨密度群の身体特性とYAM(%)の相関係数(n=22)

	YAM	年齢	身長	体重	BMI	$\dot{V}O_2$ max
YAM (%)	1.000					
年齢 (歳)	-0.441*	1.000				
身長 (cm)	-0.110	-0.172	1.000			
体重 (kg)	-0.014	-0.027	0.425*	1.000		
BMI	0.062	0.076	-0.255	0.766**	1.000	
$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	0.032	0.190	-0.164	0.150	0.276	1.000

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

表4 低骨密度群の身体特性とYAM(%)の相関係数(n=17)

	YAM	年齢	身長	体重	BMI	$\dot{V}O_2$ max
YAM (%)	1.000					
年齢 (歳)	0.043	1.000				
身長 (cm)	-0.223	-0.206	1.000			
体重 (kg)	0.010	0.100	0.561*	1.000		
BMI	0.185	0.256	-0.033	0.808**	1.000	
$\dot{V}O_2$ max (ml/kg/min)	-0.173	-0.361	0.206	0.233	0.149	1.000

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

5. フィットネスクラブにおける身体活動状況とYAM(%)の関連

対象者のフィットネスクラブにおける身体活動状況について、段階別にYAM(%)との相関を検討した結果、所属時年齢、所属月数、週あたりの総Ex、総運動実施時間、推定エネルギー消費量に有意差が認められ、所属時年齢は若い方が、所属月数は長い方が、運動量が多い方がYAM(%)が高かった(表7)。

6. 栄養素摂取状況

表8に示した全ての栄養素において、高骨密度群の方が低骨密度群より摂取量が多く、有意差が認められた項目も多かった。また低骨密度群では、6割以上の者が推定平均必要量、目安量もしくは目標量を満たしていない

表5 対象者の生活習慣とYAM(%)の関連(n=39)

		n	YAM(%)
同居者	独居・夫と同居	23	87.4 ± 17.9
	それ以外(夫と子, 親と夫と子と同居など)	16	84.1 ± 16.1
出産経験	なし	4	85.8 ± 25.9
	あり	35	86.1 ± 16.0
婦人科手術経験	なし	29	84.3 ± 14.7
	あり	10	91.2 ± 22.4
腰痛・背痛	なし	31	87.2 ± 16.5
	あり	8	81.6 ± 19.4
骨折経験	なし	32	86.6 ± 17.6
	あり	7	83.4 ± 15.4
喫煙	吸わない	33	87.5 ± 17.8
	吸っていたがやめた	6	78.0 ± 10.4
飲酒	全く飲まない・ほとんど飲まない	25	82.5 ± 16.3
	毎日飲む・週4-6日飲む・週1-3日飲む	14	92.4 ± 17.2
思春期のスポーツ経験	なし	25	87.8 ± 18.0
	あり	14	83.0 ± 15.4
フィットネスクラブ以外での運動習慣	なし	26	84.6 ± 18.4
	あり	13	89.0 ± 14.2

平均値±標準偏差

表6 対象者の身体活動状況(n=39)

	高骨密度群 (n=22)	低骨密度群 (n=17)
フィットネスクラブにおける運動実施状況		
所属時年齢(歳)*	52.8 ± 7.2	57.2 ± 3.8
所属時の閉経からの経過年数(年)	2.9 ± 8.3	4.8 ± 4.6
所属月数(ヶ月)	87.2 ± 53.9	67.0 ± 25.7
総Ex(／週)*	37.5 ± 17.1	26.0 ± 17.1
運動実施日数(／週)	4.5 ± 0.9	3.8 ± 1.5
総運動実施時間(h／週)*	7.4 ± 2.4	5.4 ± 2.8
推定エネルギー消費量(kcal／週)*	1,969 ± 827	1,287 ± 818
延べ運動種目数(／週)	9.5 ± 3.4	7.4 ± 3.9
運動あたりの自覚的運動強度×時間	2.3 ± 0.5	2.0 ± 0.5
低重力負荷運動を除いたEx量(／週)	24.7 ± 17.5	15.2 ± 16.0
日常生活活動状況		
総Ex(／日)	30.9 ± 6.7	32.2 ± 8.0
推定エネルギー消費量(kcal／日)	1,738 ± 448	1,725 ± 489
平均値±標準偏差		* p < 0.05

栄養素が複数見られた。一方、両群ともエネルギー摂取量は6割以上の者が不足しており、炭水化物は下限であるエネルギー比率50%を下回る者が半数以上見られたが、脂質は上限であるエネルギー比率25%を上回る者が半数以上であった。

IV. 考 察

閉経後、女性はエストロゲンの減少により骨吸収が進み、骨粗鬆症になりやすくなる。骨密度低下を抑制する因子として、運動に効果を認めた報告は多いが^{11, 16)}、定期的な運動習慣を有していても骨密度が低い場合もあ

表7 対象者のフィットネスクラブにおける身体活動状況と YAM (%) の関連(n=39)

		n	YAM (%)	
所属時年齢(歳)	43.6 ± 2.4	6	107.5 ± 15.7	**
	51.9 ± 3.3	12	84.4 ± 11.5	
	59.5 ± 2.1	21	80.9 ± 15.7	
所属月数(ヶ月)	58.5 ± 23.1	25	81.4 ± 14.6	*
	113.9 ± 52.2	14	94.4 ± 18.4	
総 Ex (週)	19.4 ± 6.9	23	81.5 ± 15.9	*
	51.2 ± 11.4	16	92.6 ± 17.0	
総運動実施時間(h/週)	4.0 ± 1.1	16	78.5 ± 14.1	*
	8.2 ± 2.1	23	91.3 ± 17.3	
推定エネルギー消費量(kcal/週)	855 ± 239	16	78.0 ± 14.9	*
	2,381 ± 697	23	91.7 ± 16.6	
平均値±標準偏差				* p < 0.05, ** p < 0.01

る。そこで本研究では、フィットネスクラブに所属し定期的な運動習慣を持つ閉経後女性の骨密度と運動量との関連を明らかにすることを目的とした。

1. 身体特性

本研究の高骨密度群と低骨密度群には閉経年齢に有意差が認められ、高骨密度群の方が2.6歳閉経が早かった。年齢、閉経後年数には群間で有意差は認められなかった。また、全対象者および高骨密度群には YAM (%) と年齢の間に有意な負の相関が認められた。

骨密度と閉経後年数の関連については、骨密度低下は閉経後約10年間で大きいがり、その後は次第に緩やかになり、60歳代では早期閉経者と晩期閉経者の間に有意差はなくなる²⁷⁾という報告や、60歳代では骨密度に閉経後年数が影響している²⁸⁾という報告が見られる。本研究の対象者は同群とも平均で60歳代であり、閉経後年数は10年程度であったが、低骨密度群の方が年齢や閉経後年数のばらつきが小さかった。低骨密度群において YAM (%) と年齢の間に有意な相関が見られなかったのは、これが一因かもしれない。

本研究の対象者の体重およびBMIには群間で有意差が認められなかったが、高骨密度群の方が体重が2.8kg多く、BMIが0.6高かった。体重と骨密度は相関関係が指摘されており、閉経後では肥満(BMIの高値)が橈骨骨密度低下の予防因子である^{29,30)}、閉経に関わらず成人女性は体重が重いと骨密度が高い⁹⁾、60歳代以降では骨密度は体重と正相関する¹⁷⁾、などの報告が見られる。本研究の対象者のBMI平均値は高骨密度群、低骨密度群でそれぞれ21.4、20.8であり、いずれも肥満や痩せではないものの、群間の体重差2.8kgが骨密度に影響している可能性もある。なお、本研究の高骨密度群でBMIが25以上(肥満)であった者は0名、18.5未満(痩せ)であった者は1名であり、低骨密度群ではいずれも0名であった。

Stiffness 値および YAM (%) については群間で有意差が認められた。超音波踵骨測定装置 A-1000 (GEヘルスケア・ジャパン)を用いた場合の Stiffness 値の基準値は、60～64歳で69.9 ± 9.3³¹⁾とされている。本研究対象者の Stiffness 値は平均で高骨密度群が88.2、低骨密度群が65.8であり、高骨密度群は同年代の基準値を大きく上回っていたが、低骨密度群では下回っていた。

2. 生活習慣

対象者の生活習慣と YAM (%) の関連については以下のとおりである。

1) 同居者

「独居・夫と同居」群と「それ以外(夫と子・親と夫と子と同居など)」群の骨密度に有意差は認められなかった。本研究対象者の活動量に同居者の影響はなかったものと考えられる。

2) 出産経験

出産経験については、50歳代では骨密度と「出産歴あり」が有意な負の相関を示す¹⁷⁾、出産回数が少ない方が骨密度が高い³²⁾などの報告の一方、出産回数の多い女性の方が少ない女性より骨密度が高い可能性がある⁹⁾という報告も見られる。本研究では出産経験なし群とあり群の骨密度に有意差は認められなかった。

3) 婦人科手術経験

婦人科手術においては、両卵巣摘出によるエストロゲン減少が骨密度低下をもたらす³³⁾。本研究では、婦人科手術経験なし群とあり群の骨密度に有意差は認められなかった。これは、本研究の「婦人科手術経験あり」10名中、卵巣摘出者は3名と少なかったことによると考えられる。

表 8 対象者の栄養素摂取状況(n=39)

	摂取量		摂取基準量 ²⁾ 未達の者(%)		摂取基準量 ³⁾ 以上の者(%)	
	高骨密度群 ¹⁾	低骨密度群 ¹⁾	高骨密度群 ¹⁾	低骨密度群 ¹⁾	高骨密度群 ¹⁾	低骨密度群 ¹⁾
エネルギー(kcal)	1,955 ± 495	1,690 ± 362	63.6	76.5	—	—
タンパク質(g)	74.8 ± 24.2	61.8 ± 15.2	0.0	11.8	86.4	70.6
脂質(g)	65.7 ± 19.2	56.2 ± 13.3				
エネルギー比率						
20%(下限)			13.6	35.3	—	—
25%(上限)			—	—	63.6	52.9
炭水化物(g)	251 ± 70	226 ± 58				
エネルギー比率						
50%(下限)			59.1	70.6	—	—
70%(上限)			—	—	4.5	5.9
カルシウム(mg)	718 ± 216	612 ± 144	18.2	29.4	63.6	29.4
マグネシウム(mg)	287 ± 101	226 ± 52 *	40.9	64.7	40.9	11.8
リン(mg)	1,165 ± 359	976 ± 218	22.7	41.2	—	—
鉄(mg)	8.6 ± 3.2	6.8 ± 1.6 *	18.2	23.5	68.2	58.8
亜鉛(mg)	8.4 ± 2.6	7.2 ± 1.6	50.0	70.6	31.8	5.9
ビタミンD(μ g)	9.1 ± 5.9	6.0 ± 1.8 *	27.3	35.3	—	—
ビタミンE(mg) ⁴⁾	7.4 ± 2.6	5.9 ± 1.3 *	45.5	82.4	—	—
ビタミンK(μ g)	266 ± 123	203 ± 49 *	4.5	0.0	—	—
ビタミンB ₁ (mg)	1.0 ± 0.3	0.9 ± 0.2	45.5	58.8	31.8	23.5
ビタミンB ₆ (mg)	1.3 ± 0.5	1.0 ± 0.3 *	36.4	35.3	59.1	41.2
ビタミンB ₁₂ (μ g)	8.5 ± 4.7	5.8 ± 1.8 *	0.0	0.0	100	100
葉酸(μ g)	346 ± 137	275 ± 67 *	18.2	17.6	72.7	82.4
ビタミンC(mg)	130 ± 58	105 ± 35	27.3	17.6	50.0	58.8

平均値±標準偏差

* $p < 0.05$

1) 高骨密度群 n=22, 低骨密度群 n=17

2) 以下の栄養素の摂取量が日本人の食事摂取基準(2010年版)による推定平均必要量, 目安量, または目標量未満の者の割合。エネルギーはエクセル栄養君 FFQg Ver.3.5 によるエネルギー摂取基準量未満の者の割合。

推定平均必要量: タンパク質, カルシウム, マグネシウム, 鉄(月経なし), 亜鉛, ビタミン B₁, B₆, B₁₂, 葉酸, ビタミン C

目安量: リン, ビタミン D, E, K

目標量: 脂質, 炭水化物

3) 以下の栄養素の摂取量が日本人の食事摂取基準(2010年版)による推奨量または目標量以上の者の割合。

推奨量: タンパク質, カルシウム, マグネシウム, 鉄(月経なし), 亜鉛, ビタミン B₁, B₆, B₁₂, 葉酸, ビタミン C

目標量: 脂質, 炭水化物

4) α -Tocopherol 量

4) 腰痛・背痛

腰痛・背痛については骨粗鬆症との関連が指摘されている³⁴⁾。本研究では有意差は認められなかったものの、「腰痛・背痛あり」群の方が「なし」群より YAM (%) が低い傾向にあった。

5) 骨折経験

既存骨折の存在は、骨質の脆弱性、微細構造の欠陥や転倒しやすさ、転倒したときに骨折を防ごうとする反射

的な行動能力の低下などを間接的に示している可能性があり、既存骨折があるとその骨折部位にかかわらず、将来の骨折リスクは約2倍になる¹⁸⁾と報告されている。本研究では「骨折経験あり」の群の方が「なし」群より YAM (%) が低い傾向にあったが、有意差は認められなかった。

6) 喫煙

喫煙習慣は骨密度を低下させる^{17, 18)}と報告されている。本研究の対象者に喫煙中の者はいなかったため、対象者

を「吸わない」群と「吸っていたがやめた」群の2群に分類した。その結果、「吸わない」群の方が骨密度が高い傾向にあったが、有意差は認められなかった。これは、本研究の対象者の喫煙歴が平均で16.4年、禁煙時年齢43.0歳と、比較的若い年齢で禁煙していたことが一因である可能性が考えられた。

7) 飲酒

適度な飲酒は骨密度を増加させる^{9,35)}と報告されている。飲酒量にもよるものの、本研究でも「全く飲まない・ほとんど飲まない」群と「毎日飲む・週に4～6日飲む・週に1～3日飲む」群の2群間では、後者の方が骨密度が高い傾向にあったが、有意差は認められなかった。

8) 思春期のスポーツ経験

思春期(小学校～高校)のスポーツ経験については、ある方が骨密度が高い^{1,3,15,20,35)}、過去に運動を行っていた群の骨密度は高いが加齢とともにその差は減少した³⁾などの報告が見られる。しかし、本研究では思春期のスポーツ経験の有無と骨密度に有意な相関は認められなかった。

9) フィットネスクラブ以外での運動習慣

フィットネスクラブ以外での運動習慣については、「あり」群の方が「なし」群より骨密度が高い傾向にあったが、有意差は認められなかった。運動内容がラジオ体操、ウォーキング、太極拳、ゴルフなど、骨への負荷が比較的小さい運動が多かったことがその一因かもしれない。

以上、対象者の生活習慣に関連する項目にはいずれも有意差が認められなかったことから、本研究の対象者の骨密度に過去および現在の生活習慣が影響を及ぼしている可能性は低いと考えられた。

3. 身体活動状況

対象者のフィットネスクラブ所属時年齢に2群間で有意差が認められ、高骨密度群52.8歳、低骨密度群57.2歳と前者の方が4.4歳早かった。また、所属時年齢について段階別にYAM(%)との相関を調べた結果、平均43.6歳で所属した群と51.9歳で所属した群の間に、また43.6歳で所属した群と59.5歳で所属した群の間にそれぞれ有意差($p<0.05$, $p<0.01$)が認められ、所属時年齢は若いほどYAM(%)が高かった。

閉経後骨密度が低下するまでには多少の時間的ずれがあるため、閉経直後に骨量減少の対策を講じれば閉経後の急激な骨量低下を予防できる可能性がある³⁶⁾。すなわち、閉経前後から十分な運動を心がけることで骨量低下が抑制できると考えられ、その年齢は若いほど良いと言える。このことから本研究の高骨密度群の運動習慣開始

年齢は適切であった可能性が示唆された。

また、週あたりの総Ex、総運動実施時間、推定エネルギー消費量は高骨密度群が有意に高く、低骨密度群に比べて週あたり11.5 Ex、2.0時間、および682 kcal上回っていた。これを運動種目あたりに換算すると、高骨密度群は低骨密度群に比べて0.44 Ex高強度の運動を約3分間長く行っており、さらにこのような運動を週に2.1種目多く行っていることがわかった。0.44 Ex差の運動とは、8.4 km/hの速度(9.0 METs)または9.7 km/h(9.8 METs)の速度(一般的な徒歩の速度の約2倍)でランニングを33分間行った場合の両者の差、もしくは8.4 km/hの速度でランニングを30分間または33分間行った場合の両者の差である²⁹⁾。

一方、所属月数、総Ex、総運動実施時間、推定エネルギー消費量について、段階別にYAM(%)との相関を調べた結果、いずれも群間の数値の差が2倍程度かそれ以上の場合に有意差が認められ、運動量が多いほどYAM(%)が高くなることが示された。

「健康づくりのための身体活動基準2013」²⁵⁾では、18～64歳の運動量の基準として「強度が3 METs以上の運動を4 METs・時/週行う」、65歳以上の場合には生活活動と運動の基準として「強度を問わず身体活動を10 METs・時/週行う」とされている。しかし、これは生活習慣病や生活機能低下のリスク低減のための基準であり、骨密度の低下抑制のためには必ずしも十分とは言えない。本研究の対象者は週に1運動種目あたり、高骨密度群約3.9 Ex、低骨密度群約3.5 Exの運動を行っており、週の合計で高骨密度群37.5 Ex、低骨密度群26.0 Exといずれも基準を大きく超えていたが、低骨密度群のYAM(%)は71.5%であり、Stiffness値も高骨密度群に比べて有意に低かった。すなわち、骨密度維持のためには週に26.0 Exでは足りない可能性があり、週に37.5 Exを目安に運動を行う必要があるかもしれない。

骨密度の維持または増加に有効な運動については、レジスタンストレーニング¹³⁾、1年以上の継続した運動習慣¹⁴⁾、1日1万歩の歩行や1日20～30分の軽度の運動を週3回程度¹⁵⁾など様々な報告が見られる。一方、水泳のような骨に対する重力負荷の低い運動は骨密度の低下抑制に効果を及ぼさないことが報告されている^{8,10)}。そこで、各対象者が行っている運動の中から骨に対する重力負荷の低い運動(ヨガ系、プール系、筋トレス等)を除いて検討を行った結果、Ex量は高骨密度群24.7、低骨密度群15.2と高骨密度群の方が多かったが、群間に有意差は認められず、本研究の2群間の骨密度の差は重力負荷運動には依存していないことが示唆された。

4. 栄養素摂取状況

高骨密度群、低骨密度群の栄養素摂取状況については以下のとおりである。

1) ミネラル

カルシウム (Ca) 摂取量には群間で有意差は認められなかった。Ca 摂取量と骨密度の関連については、Ca や乳製品の摂取が閉経後女性の骨密度の維持または増加に有効であるという報告^{5, 7, 39)}や、欧米において Ca 摂取量が 1,000 mg/日以上の群は 400 mg/日以下の群に比べて大腿骨頸部骨折のリスクが半分になったものの、有意差は認められなかったとの報告³⁹⁾等があり、一定の見解が得られていない。しかし、「骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2011 年版」¹⁾においては 1 日 700 ~ 800 mg の Ca を食品から摂取することが推奨されており、他にも 1 日 800 mg の Ca 摂取を推奨する報告がみられる⁴⁰⁾。本研究の対象者は両群とも平均摂取量で「日本人の食事摂取基準 (2010 年版)」の示す推定平均必要量 550 mg は超えていたが、推奨量 650 mg を満たす者は低骨密度群においては 3 割程度にとどまった。また高骨密度群も平均摂取量で 800 mg には達していなかった。骨粗鬆症予防のためには Ca 摂取量をさらに増やす必要があると思われる。

一方、マグネシウム (Mg)、鉄 (Fe) の摂取量に群間で有意差が認められた。Mg は骨の構成成分であるが、血中濃度が低下すると Ca とともに骨から溶出する。Ca と Mg の摂取比は約 2 : 1 が望ましいとされているが、本研究では低骨密度群において 64.7% の者が Mg の推定平均必要量 240 mg を満たしておらず、本群の Ca/Mg 比は 2.7 であったことから、Mg 摂取量を増やす必要がある。一方、鉄は両群とも平均摂取量で推奨量 6.5 mg を上回っていた。80 歳代以上では鉄摂取量と骨密度は正相関する²³⁾と報告されていることから、骨密度維持のために不足しないよう摂取することが望まれる。

亜鉛 (Zn) は低骨密度群において 70.6% の者が推定平均必要量の 8 mg を満たしていなかった。野寺ら⁴¹⁾は、骨芽細胞の動態の指標となる alkaline phosphatase (ALP) の活性が Zn の摂取不足により低下したことを示し、これは ALP が活性中心に Zn を有する酵素であるためであると報告しており、骨に対し重要なミネラルであることを示している。

2) ビタミン

ビタミン D (V. D) は腸管からのカルシウム吸収を促すビタミンであり、食品からの摂取とは別に屋外で紫外線に当たることにより体内でも合成される。屋外にいる時間が長い者は骨密度が高いという報告もある^{3, 42)}。石川県金沢市は年間の日照時間が 47 都道府県中 29 位 (2012 年度) で、1 位の山梨県と 522 時間、17 位の東京都と 187 時間の差があり⁴³⁾、特に冬場 (12 ~ 2 月) の日照時間は東京の約半分である⁴⁴⁾。そのため、日光浴による体内での V. D 産生はそれほど多くないと考えられ、食事からの十分な V. D 摂取が骨量の維持・低下抑制のために不可欠である。また V. D は筋力や平行機能等とも関連し、転倒

防止効果があることが高齢者の骨折予防に役立っていると報告されている⁴⁵⁾。本研究の対象者の V. D 摂取量は両群とも平均値で日安量の 5.5 μ g を超えていたが、いずれも「骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2011 年版」¹⁾の V. D 推奨量 10 ~ 20 μ g には達していなかったことから、特に低骨密度群では摂取量を増やすことが望まれる。

ビタミン K は骨の石灰化 (カルシウム沈着) に関わるビタミンである。本研究では両群とも平均摂取量で日安量の 65 μ g を大きく超えていたが、「骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2011 年版」¹⁾の推奨する摂取量 250 μ g には、低骨密度群が達していなかった。

またビタミン B₆、B₁₂、葉酸が不足すると、骨コラーゲンの架橋異常をもたらす上、破骨細胞活性を高め、骨吸収を亢進させて骨密度低下を招くと報告されている⁴⁶⁾。これらのビタミンには群間で有意差が認められたが、推定平均必要量未満の者は少なかった。

3) エネルギー、その他

本研究の対象者は活発な運動習慣を有するが、6 割以上の者がエクセル栄養者 FFQg によるエネルギー摂取基準量 2,075 \pm 246 kcal (高骨密度群) および 2,074 \pm 272 kcal (低骨密度群) を下回っていた。充分なエネルギー量が得られない場合骨代謝が亢進し、骨吸収が促進されて骨量の減少を招く⁴⁷⁾。また、食事制限をしている場合は運動を行っても骨密度が低下したという報告⁴⁸⁾も見られることから、エネルギー不足には注意が必要である。本研究の対象者は、炭水化物の摂取量が下限であるエネルギー比率 50% を下回る者が半数以上見られたのに対し、脂質は上限であるエネルギー比率 25% を上回る者が半数以上であったことから、炭水化物の摂取量を増やし脂質の摂取量を減らす必要がある。それに伴い、糖質の代謝に関わるビタミン B₁ の摂取量を増やすことも望まれる。また、活発な運動を行っている者は抗酸化ビタミンであるビタミン C、E の摂取も必要であるが、本研究の低骨密度群の 8 割以上が V. E の推定平均必要量 6.5 mg を下回っていた。V. C については両群とも平均摂取量では推奨量の 100 mg を上回っていた。V. C は骨などのコラーゲン生成にも不可欠であるため、十分な摂取が望ましい。

本研究における栄養素摂取量の平均値は全て高骨密度群が低骨密度群を上回っていた。湯川ら⁴⁹⁾は、摂取食品数が多いほど骨密度は高値を示したことから、バランスよく食品を摂取し栄養状態を良好にすることが骨量の損失や骨全体の脆弱化を防ぐと考えられると述べている。本研究の低骨密度群は推定平均必要量、日安量、もしくは目標量に満たない栄養素が多い傾向にあることから、食生活の改善が望まれる。

以上の結果より、閉経後の女性の骨密度には運動と栄養が重要であることが改めて示されたが、今回新たに、

運動習慣開始年齢と運動量が閉経後の女性の骨密度に深く関与する可能性が示唆された。すなわち、閉経の2.9年後から運動習慣を有し、本調査時に37.5 Ex/週の運動を実施していた群は、閉経の10.2年後にYAMの97.3%の骨密度を維持していたが、閉経の4.8年後から運動習慣を有し、本調査時に26.0 Ex/週の運動を実施していた群は、閉経の10.4年後にYAMの71.5%の骨密度であり、骨粗鬆症と診断される数値(70%未満)に近い値であった。運動習慣開始年齢は若いほど、運動量が多いほどYAM(%)が高かった。この結果は、閉経前後の女性が骨密度を維持するための運動開始時期および運動量提案の目安になるかもしれない。

今後は、栄養素摂取量が等しい群における運動習慣開始年齢と骨密度の関連、運動習慣開始年齢が等しい群における運動量と骨密度の関連等について調査する必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会 編集: 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2011年版, p. 4-65, ライフサイエンス出版, 東京, 2012
- 2) 山本逸雄: 骨粗鬆症人口の推定, *Osteoporosis Japan*, **7**, 10-11, 1999
- 3) 伊佐治芳健, 土田 満, 堀内俊孝: 若年成人男女における骨密度と生活要因の関連, *日本健康体力栄養学会誌*, **12** (1), 3-12, 2006
- 4) 藤原佐枝子: 骨減少および骨折の危険因子, *臨床スポーツ医学*, **25**, 235-239, 2008
- 5) 土屋久幸, 三宅健夫, 横山英世, 野崎貞彦: 飲料水の成分並びに日常生活習慣等と骨密度の関連, *民族衛生*, **64**, 313-325, 1998
- 6) 後藤利江, 大塚柳太郎: 骨密度(超音波式測定によるStiffness値)と出産回数との関係について—埼玉県骨密度検診データの分析—, *民族衛生*, **65**, 156-160, 1999
- 7) ト部 諭, 柏木智宏, 岩佐弘一, 大久保智治, 土屋 宏, 山本 宝, 本庄英雄, 奥田千恵子, 堀 真人, 岸田綱太郎: カルシウムチャプレンの更年期女性の骨塩量に対する効果, *薬理と治療*, **23**, 3125-3134, 1995
- 8) Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ: A Comparison of Bone Mineral Densities Among Female Athletes in Impact Loading and Active Loading Sports, *Bone*, **17**, 205-210, 1995
- 9) 石川拓次, 桜庭景植: 閉経後の女性における体格および生活習慣が骨塩量に及ぼす影響, *日本臨床スポーツ医学会誌*, **17**, 551-559, 2009
- 10) 赤嶺卓哉, 吉田剛一郎, 高田 大: 体育大学女性スポーツ選手における競技種目別の骨塩量分析について—血中エストロジオール測定を含めて—, *整形外科と災害外科*, **61**, 785-787, 2012
- 11) 呉 堅, 山川 純, 田畑 泉, 吉武 裕, 樋口 満: 水泳運動が閉経後女性の骨密度に及ぼす影響, *体力科学*, **49**, 543-548, 2000
- 12) 曾根照喜, 朱 容仁, 森 啓弥, 福永仁夫: 運動が骨微細構造に与える変化, *臨床スポーツ医学*, **24**, 725-732, 2007
- 13) Martyn-St James M, Carroll S: Progressive high-intensity resistance training and bone mineral density changes among premenopausal women: evidence of discordant site-specific skeletal effects, *Sports Medicine*, **36**, 683-704, 2006
- 14) 森 佳子, 目加田優子, 秋山嘉子, 樋口絵美, 門脇咲子, 児玉俊明, 井上浩一, 川野 因: 更年期女性の骨量低下と運動, 食生活の関わり, *日本食育学会誌*, **3**, 91-97, 2009
- 15) 今本喜久子, 北村文月, 藤本悦子, 新穂千賀子: 中高年女性の踵骨における超音波 Stiffness の推移, *滋賀医科大学看護学ジャーナル*, **4**, 4-11, 2006
- 16) 百武衆一, 後藤澄雄, 山縣正庸, 守屋秀繁: 骨粗鬆症予防としての運動効果と縦断的研究, *臨床スポーツ医学*, **11**, 1271-1277, 1994
- 17) 土屋久幸, 三宅健夫, 横山英世, 野崎貞彦: 骨密度に関連する因子の年齢差についての検討, *民族衛生*, **63**, 241-253, 1997
- 18) 藤原佐枝子: 骨折 危険因子と予防, *診断と治療*, **99**, 1679-1682, 2011
- 19) 山崎 薫, 串田一博, 大村亮宏, 佐野倫生, 佐藤義弘, 井上哲郎: 超音波骨量測定装置(Achilles Ultrasound Bone Densitometer)の使用経験—測定精度と有用性の検討—, *Therapeutic Research*, **13**, 3647-3655, 1992
- 20) 木村博承: 超音波測定法による「骨密度検診」の有用性と生活習慣との関連, *岡山医学会雑誌*, **112**, 169-182, 2000
- 21) 福永仁夫, 串田一博, 藤原佐枝子, 山崎 薫, 曾根照喜, 吉村典子, 中塚喜義, 伊東昌子, 萩野 浩, 楊 鴻生, 友光達志: 定量的超音波法(QUS)による骨粗鬆症性骨折リスクの予知に関する研究, *Osteoporosis Japan*, **13**, 878-882, 2005
- 22) 伊東昌子: QUS使用の実際—臨床応用—臨床的意義—, *Osteoporosis Japan*, **13**, 36-38, 2005
- 23) 厚生労働省: 日本人の食事摂取基準(2010年版), <<http://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/05/s0529-4.htm>> accessed 22 November 2014
- 24) 独立行政法人国立健康・栄養研究所: 改訂版 身体活動のメッツ(METs)表, <<http://www0.nih.go.jp/eiken/programs/2011mets.pdf>> accessed 22 November 2014
- 25) 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準 2013,

- (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpgt.pdf>) accessed 22 November 2014
- 26) 戸谷誠之, 伊藤節子, 渡邊令子編集: 応用栄養学 (改訂第3版). 独立行政法人国立健康・栄養研究所監修, p.45, 南江堂, 東京, 2010
 - 27) 梶田悦子, 伊木雅之, 西野治身, 土肥祥子, 森山忠重, 飛田芳江, 出口洋二, 日下幸則, 緒方 昭: 中高年女性の腰椎骨密度とそれに影響する要因 (第1報) 腰椎骨密度のDual-energy X-ray absorptiometryによる測定成績と年齢, 閉経の影響. 日本衛生学雑誌, **49**, 674-683, 1994
 - 28) 宮島多映子, 鶴山 治, 桐村智子, 加治秀介, 吉本祥生: 閉経後の日本人女性の骨密度に影響を及ぼす要因. 日本看護研究学会雑誌, **25**, 97-107, 2002
 - 29) 永谷照男, 高橋英勝: 運動習慣と橈骨骨密度に関する3年間のFollow-up Study - 成人女性の週1回の運動は加齢に伴う骨密度低下を抑制するか-. Osteoporosis Japan, **8**, 653-657, 2000
 - 30) 庄野菜穂子, 久木野憲司, 吉田節子, 中山実生子, 上野裕文, 西住昌裕: 閉経前後の女性における超音波法による骨密度に関する研究-性ホルモンおよび栄養摂取状況との関連性-. 日本衛生学雑誌, **51**, 755-762, 1997
 - 31) 萩野 浩: QUS 使用の実際, QUS の基準値. Osteoporosis Japan, **13**, 31-35, 2005
 - 32) Sumigawa K, Takahashi I, Matsuzaka M, Danjo K, Koeda S, Hirakawa Y, Kogawa T, Kamitani H, Umeda T, Nakaji S: Risk Factors of Osteoporosis according to the Number of Years after Menopause. 弘前医学, **63**, 38-47, 2012
 - 33) 小林範子, 武田真人, 小田切哲二, 金野陽輔, 加藤達矢, 保坂昌芳, 首藤聡子, 渡利英道, 金内優典, 藤野敬史, 櫻木範明: 子宮頸癌における卵巣温存の意義-骨密度における観点から-. Osteoporosis Japan, **19**, 489-492, 2011
 - 34) 骨粗しょう症ホームページ「いいほね.jp」: 骨粗しょう症コラム, (http://www.iihone.jp/column/column_20081120/column_19t.html) accessed 22 November 2014
 - 35) 藤原佐枝子: 骨減少および骨折の危険因子. 臨床スポーツ医学, **25**, 235-239, 2008
 - 36) 吉村典子, 笠松隆洋, 森岡聖次, 橋本 勉: 和歌山県下一漁村住民の骨密度調査 (第2報) 骨密度に影響を与える要因の分析. 日本衛生学雑誌, **51**, 677-684, 1996
 - 37) 山口 順, 高梨泰彦, 水谷好孝, 辻 健志, 高柳富士丸, 三浦隆行: 運動経験が腰椎・踵骨の骨塩量に与える影響. 臨床スポーツ医学, **17**, 239-244, 2000
 - 38) Ishikawa K, Ohta T, Hirano M, Yoshimoto K, Tanaka S, Inoue S: Relation of lifestyle factors to metacarpal bone mineral density was different depending on menstrual condition and years since menopause in Japanese women. European Journal of Clinical Nutrition, **54**, 9-13, 2000
 - 39) 藤原佐枝子: カルシウム補充と骨折防止効果. 骨粗鬆症治療, **5**, 123-127, 2006
 - 40) 塚原典子, 江澤郁子: 骨粗鬆症と生活習慣 III 食事・Ca 摂取. 骨粗鬆症治療, **2**, 332-336, 2003
 - 41) 野寺 誠, 宮嶋由佳, 宮崎 孝: 亜鉛欠乏食摂取に伴う骨密度の低下. Trace Nutrients Research, **29**, 76-80, 2012
 - 42) 長澤誠一郎, 三宅建夫, 横山英世, 野崎貞彦: 中学生の踵骨骨密度と体格・生活習慣等の関連について. 日大医学雑誌, **60**, 485-491, 2001
 - 43) 総務省統計局: 統計でみる都道府県のすがた 2014 (自然環境), (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001052235&cycode=0>) accessed 22 November 2014
 - 44) 金沢地方気象台: 石川県の気象特性, (<http://www.jma-net.go.jp/kanazawa/mame/tokusei/tokusei.html>) accessed 22 November 2014
 - 45) 萩野 浩, 山本智章, 宮腰尚久, 吉田 顯, 小池達也, 鈴木隆雄: 活性型ビタミン D₃ 製剤が骨粗鬆症の転倒関連運動能力に与える影響. Osteoporosis Japan, **18**, 309-313, 2010
 - 46) 齋藤 充: ホモシステイン (葉酸およびビタミン B₁₂, B₆) の骨折リスクへの影響. Osteoporosis Japan, **16**, 170-174, 2008
 - 47) Talbot SM, Rothkopf MM, Shapses SA: Dietary restriction of energy and calcium alters bone turnover and density in young and old female rats. The Journal of Nutrition, **128**, 640-645, 1998
 - 48) 藤本誉博, 奥野 淳, 中田由夫, 田中喜代次, 重松良祐, 李 東俊, 戴下典子, 天貝 均, 大蔵倫博: 運動と食事制限による減量が閉経後肥満女性の骨密度に及ぼす影響. 肥満研究, **6**, 279-283, 2000
 - 49) 湯川晴美, 鈴木隆雄, 柴田博, 天野秀紀, 芳賀博, 安村誠司: 都市近郊在住の高齢女性における骨密度と栄養摂取の関連. 日本公衆衛生雑誌, **45**, 968-978, 1998