

中高年者における余暇身体活動および青年期の運動経験と骨密度との関連

Relationship of bone mineral density with leisure-time physical activity and adolescent exercise in the middle-aged and elderly

小坂井 留美* 道用 亘* 安藤 富士子*
下方 浩史* 池上 康男**

Rumi KOZAKAI* Wataru DOYO* Fujiko ANDO*
Hiroshi SHIMOKATA* Yasuo IKEGAMI**

Purpose: The aim of this study was to assess the relationships of bone mineral density (BMD) with current leisure-time physical activity (LTPA) and adolescent exercise (AEX) among the middle-aged and elderly in Japan.

Methods: The data for the present study were derived from the baseline data of the National Institute for Longevity Sciences-Longitudinal Study of Aging (NILS-LSA). Subjects consisted of 1017 male (58.5 ± 10.8 years) and 577 postmenopausal female (62.6 ± 8.4 years). Those who had osteoporosis, rheumatoid arthritis or cancer were excluded from the subjects. Those who used thyroid hormone or parathyroid hormone were also excluded. Subjects were interviewed about their physical activity habits during leisure time throughout the past twelve months and about exercise they engaged in during adolescence (12 to 20 years). Subjects were divided into 3 groups according to the intensity of LTPA, 'no LTPA', 'light LTPA' and 'moderate or heavy LTPA'. They were also divided into 2 groups, with or without AEX. BMD was measured with a dual energy X-ray absorptiometry (DXA; Hologic QDR-4500A), in g/cm^2 . Measurement sites were the whole body (WB), L2-L4 lumbar spine (L24), femur neck (FN), Ward's triangle (WT), and trochanter (TR). Relationships of BMD with LTPA and AEX were analyzed using analysis of covariance controlled for age, height and weight. Significant probability levels were less than 0.05.

Results: Average BMD (SD) at WB, L24, FN, WT, TR were 1.09(0.10), 0.99(0.16), 0.76(0.11), 0.56(0.13), 0.67(0.11) in male and 0.93(0.11), 0.82(0.16), 0.66(0.10), 0.47(0.14), 0.55(0.10) in female, respectively. The proportion of subjects with LTPA was 75.5% in male and 67.7% in female. The subjects that engaged in AEX represented 65.7% in male and 39.5% in female. The result of analysis of covariance controlled for age, height and weight was as follows; in male, LTPA showed significant main effect on BMD at FN, WT and TR. AEX showed significant main effect on BMD at all sites. However, there was no interaction effect on BMD at all sites. As for female, LTPA showed significant main effect on BMD at FN and TR. AEX showed significant main effect on BMD at TR. There was a significant interaction effect on BMD at WB and FN.

Conclusion: The results suggested that not only current leisure-time physical activity but also adolescent exercise benefits bone mineral density among middle-aged and elderly people in Japan.

1. 緒言

我が国の高齢者における寝たきりの原因の第2位は転倒による骨折であり¹⁾、骨折は高齢者の自立を妨

げ、生活の質 (Quality of life; QOL) を脅かす要因の一つと考えられている。また、高齢者に多くみられる骨密度の低下による骨折は脆弱性骨折と呼ばれ、World Health Organization (WHO) では、骨密度 (Bone Mineral

* 国立長寿医療センター 疫学研究部
** 名古屋大学総合保健体育科学センター
* Department of Epidemiology, National Institute for Longevity Sciences
** Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

Density; BMD) が若年成人平均値 (Young Adult Mean; YAM) の $-2.5SD$ 以下であると脆弱性骨折が急増することを報告している²²⁾。従って、中高年期における骨密度低下の要因を明らかにし、その予防法を確立することは高齢社会における急務の課題と考えられる。

骨密度の低下には、年齢や性あるいは遺伝的因子など制御できない要因の影響が大きいとされる一方、運動、栄養、嗜好などの生活習慣や日照時間などの環境因子など制御可能な要因も影響するといわれる⁷⁾。運動については、運動不足など身体活動量の減少が骨密度低下の危険因子とされており、骨粗鬆症の予防には運動が推奨されている⁷⁾。しかし、骨密度増加に対する運動介入の効果は多く確認されているものの^{10), 12), 13)}、日常生活における運動習慣と骨密度との関連については、運動により骨密度が増加したという報告^{3), 6), 27)} に対し、骨密度は変化しなかったという報告もみられ^{4), 5)}、一致した結論に至っていない。

一方、中高年期の骨量には若年期の骨密度 (peak bone mass) も影響を与える。骨は成長期に著しく発達して骨量のピークに達することから、この時期にピークをいかに高めるかは、それ以降の骨密度を予測する上で重要な因子と考えられている²⁶⁾。運動は成長期においても骨密度増加と関連することが報告されており^{15), 16), 20)}、現在の運動習慣だけでなく、青年期の運動習慣も併せて検討することは、中高年期の骨密度低下の予防を考える上で重要なことと思われる。

そこで、本研究では地域在住中高年者の日常生活における余暇身体活動状況および青年期の運動と骨密度を調べ、各々の身体活動と骨密度との関連について横断的に検討することを目的とした。

2. 方法

対象

本研究は、国立長寿医療センター疫学研究部が行う「老化に関する長期縦断疫学調査 (National Institute for Longevity-Longitudinal Study of Aging; NILS-LSA)」の一環として行われた。NILS-LSA は、老化および老年病の予防法の確立や機序の解明を目的に、医学、形態学、栄養学、心理学、運動生理学などの分野から調査、検討を行う学際的な研究である。詳細は他論文を参照にされたい²⁸⁾。NILS-LSA の参加者は、国立長寿医療センター周辺の愛知県大府市、東浦町に在住する地域住民より性・年代別に層化無作為抽出された人の中で、調査・検査内容とその継続の意義を十分に理解し、文書による了承 (インフォームドコンセント) の得られた40~79歳までの男女2267名である。本研究では、調

査参加者の中から骨密度に影響すると考えられる疾患 (骨粗鬆症、リュウマチ・関節炎、がん) や服薬 (甲状腺・副甲状腺ホルモン剤) のない男性1017名 (平均年齢 58.5 ± 10.8 歳)、閉経後の女性577名 (平均年齢 62.6 ± 8.4 歳) について検討した。尚、NILS-LSA は、「疫学調査に関する倫理指針」を遵守し、国立長寿医療センター倫理委員会の承諾を受けた上で実施されている。

測定項目

骨密度 (Bone mineral density; BMD, g/cm^2) は、Dual energy X-ray absorptiometry (DXA; Hologic 社製、QDR-4500A) を用いて測定した。測定部位は、全身 (Whole Body; WB)、腰椎 L2-4 (Lumber2-4; L24)、右下肢の大腿骨頸部 (Femoral Neck; FN)、ワード三角 (Word Triangle; WT)、大転子部 (Trochanter Region; TR) とした。骨密度測定において、別に行った再現性の検討では、10名の被験者 (男性6名、女性4名、平均年齢 38.3 ± 6.8 歳) に対し、測定を3回繰り返した際の各測定項目の変動係数 (coefficient of variation; CV) は、WB = 0.9%、L24 = 0.9%、FN = 1.3%、WT = 2.5%、TR = 1.0%であった。

身体活動量は、余暇身体活動 (Leisure-time physical activity; LTPA) と青年期の運動経験 (Adolescent exercise; AEX) について質問票を用いた聞き取り調査を行った¹¹⁾。余暇身体活動は、過去1年間に余暇時間に定期的な身体活動 (週1回、1回10分以上) を行ったかを聞き取り、その活動内容を「低強度 = 2.5METs (metabolic equivalents) 程度」、「中強度 = 4.5METs 程度」、「高強度 = 6.5METs 以上程度」に分類した。青年期の運動経験は、12~20歳の間にクラブ活動などで定期的な運動 (週1回、1年以上) を行ったか否かを調べた。

対象者の基礎的身体特性として、身長、体重を測定し、体重を身長²で除した Body Mass Index (BMI; kg/m^2) を算出した。体脂肪率および除脂肪量は、骨密度と同じく DXA にて測定した。

統計解析

骨密度は性別に平均値を算出した。現在の余暇身体活動および青年期の運動と骨密度の関連を検討するために、余暇身体活動のレベルを、「活動を行っていなかったもの = LTPA (N)」、「低強度の活動のみを行っていたもの = LTPA (L)」、「中強度以上の活動を行っていたもの = LTPA (H)」の3段階、青年期の運動経験を、「なし = AEX (-)」、「あり = AEX (+)」の2段階に分け、各骨密度への余暇身体活動および青年期の運動の影響について年齢、身長、体重を調整変数とした共分散分析を行った。尚、余暇身体活動レベルについては、高

強度の活動に従事した人の数が少なかったため、中強度の活動に従事した人と合わせて LTPA (H) とした。解析には SAS (Statistical Analysis System, release.8.2) を用い²⁴⁾、有意水準はすべて 5 % 未満とした。

3. 結果

対象者の身体特性は Table 1 に、DXA で測定した部位別の骨密度は Table 2 に示した。本研究の対象者の骨密度は、日本骨粗鬆学会の提示する骨密度の各性・年代別標準値と大きな差は認めなかった¹⁹⁾。

強度別の余暇身体活動および青年期の運動に従事した者の割合は、Table 3 に示した。過去 1 年間に余暇身体活動に従事したものは男性で 75.5%、女性で 67.7% であった。強度別の余暇身体活動従事者の割合をみると、低強度のみの活動に従事していた人は男性 30.5%、女性 33.8%、中強度以上の活動に従事していた人は男性 45.0%、女性 33.9% であった。男性は女性に比べ強度の高い余暇身体活動に参加する人の割合が高かった。一方、青年期の運動経験のある者は、男性 65.7%、女性 39.5% であり、女性は男性に比べ青年期の運動経験のある人の割合が低かった。

余暇身体活動および青年期の運動と各部位の骨密度との関連を検討するために、余暇身体活動レベルを LTPA (N)、LTPA (L)、LTPA (H) の 3 段階、青年期の運動を AEX (-)、AEX (+) の 2 段階に分け、年齢、身長、体重を調整変数とした共分散分析を行った。その結果、男性では、余暇身体活動の主効果は FN、WT、TR の大腿骨近位部において有意であり、青年期の運動の主効果は全ての部位において有意であった。余暇身体活動と青年期の運動との交互作用は、いずれの部位にもみとめられなかった (Table 4)。男性において、余暇身体活動のレベルの高い人は大腿骨近位部の骨密度の高いこと、青年期の運動経験のある人は測定した全ての部位において骨密度の高いことが示された。女性では、余暇身体活動の主効果は FN と TR において有意であり、青年期の運動の主効果は TR において有意であった。余暇身体活動と青年期の運動の交互作用は、WB と FN において有意であった (Table 5)。女性において、余暇身体活動レベルの高い人は大腿骨頸部と大転子部の骨密度が高く、青年期の運動経験のある人は大転子部の骨密度の高いことが示された。女性ではさらに、全身と大腿骨頸部において青年期の運動経験の有無により余暇身体活動レベルと骨密度との関連に差のあることが示され、青年期の運動経験のないものは余暇身体活動レベルの高いもので骨密度の高い傾向が認められたが、運動経験のあるものではその傾向は認

められなかった。

余暇身体活動および青年期の運動と骨密度との関連は、性や部位により異なったものの、大腿骨近位部、特に大転子部においては男女に共通して各々の身体活動の高いもので骨密度の高いことが認められた (Fig. 1)。

Table 1. Characteristics of the subjects

		Male	Postmenopausal female
Height	(cm)	164.8±6.3	150.7±6.0
Weight	(kg)	62.4±9.1	52.0±8.4
BMI	(kg/m ²)	22.9±2.8	22.9±3.3
% Body fat	-	21.3±4.3	32.1±5.0
Fat free mass	(kg)	49.2±5.9	35.4±4.3
Mean±S.D.			

Table 2. The average of bone mineral density (BMD) at each site in both genders

site	BMD (g/cm ²)	
	Male	Postmenopausal female
Whole Body	1.09±0.10	0.93±0.11
Lumber 2-4	0.99±0.16	0.82±0.15
Femoral neck	0.76±0.11	0.66±0.10
Ward Triangle	0.56±0.13	0.47±0.14
Trochanter Region	0.67±0.11	0.55±0.10
Mean ± S.D.		

Table 3. The participation rates of LTPA and AEX

	Levels	Male	Postmenopausal female
LTPA	Total [‡]	75.5	67.7
	Light	30.5	33.8
	Moderate and Heavy	45.0	33.9
AEX	Total [‡]	65.7	39.5

Note. [‡]total number of the subjects who participated in LTPA or AEX. LTPA, leisure-time physical activity; AEX, adolescence exercise. Values are expressed in percentage.

Table 4. The analysis of covariance controlled for age, height and weight in male

Male	WB		L24		FN		WT		TR	
	df	F value	df	F value	df	F value	df	F value	df	F value
LTPA	2	1.66	2	0.27	2	5.65*	2	5.15*	2	4.96*
AEX	1	6.21*	1	12.90*	1	4.42*	1	5.93*	1	15.59*
LTPA>AEX	2	1.11	2	0.55	2	1.79	2	1.86	2	0.80
Age	1	8.09*	1	11.07*	1	26.22*	1	122.31*	1	0.45
Height	1	0.44	1	5.13*	1	0.76	1	1.77	1	12.71*
Weight	1	73.03*	1	141.54*	1	184.34*	1	91.91*	1	217.78*
error	1008		1007		1007		1007		1007	
r ²	0.15		0.15		0.29		0.30		0.24	

Note. LTPA, leisure-time physical activity; AEX, adolescence exercise; WB, Whole body; L24, Lumber2-4; FN, Femoral Neck; WT, Ward Triangle; TR, Trochanter region. * $p < 0.05$

Table 5. The analysis of covariance controlled for age, height and weight in postmenopausal female

Female	WB		L24		FN		WT		TR	
	df	F value	df	F value	df	F value	df	F value	df	F value
LTPA	2	0.70	2	0.70	2	3.14*	2	1.98	2	3.98*
AEX	1	1.02	1	1.42	1	2.81	1	2.10	1	6.40*
LTPA>AEX	2	3.50*	2	0.71	2	4.55*	2	2.13	2	2.31
Age	1	232.89*	1	89.64*	1	162.37*	1	245.02*	1	149.47*
Height	1	2.23	1	0.01	1	1.11	1	2.85	1	7.42*
Weight	1	19.57*	1	86.31*	1	92.60*	1	42.12*	1	120.05*
error	566		566		564		564		564	
r ²	0.43		0.34		0.42		0.42		0.42	

Note. LTPA, leisure-time physical activity; AEX, adolescence exercise; WB, Whole body; L24, Lumber2-4; FN, Femoral Neck; WT, Ward Triangle; TR, Trochanter region. * $p < 0.05$

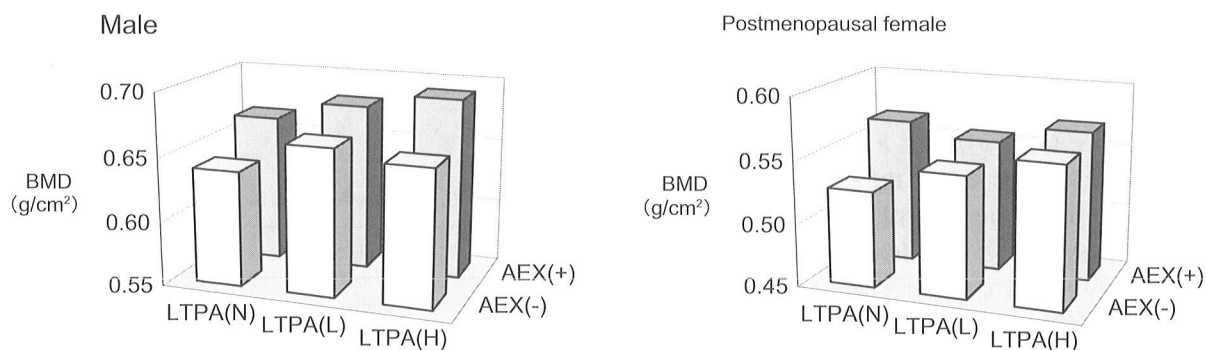


Fig. 1. The relationships of LTPA and AEX with BMD at TR controlled for age, height and weight dividing by gender. LTPA(N), no leisure-time physical activity; LTPA(L), light leisure-time physical activity; LTPA(H), moderate and heavy leisure-time physical activity; AEX(-), without adolescent exercise; AEX(+), with adolescent exercise; BMD, bone mineral density, TR, trochanter region.

4. 考察

本研究では、地域在住中高年者における現在の余暇身体活動状況および青年期の運動経験と骨密度を調べ、各々の身体活動と骨密度との関連について、年齢や体格を調整した検討を行った。その結果、男女ともに余暇身体活動のレベルの高いもので大腿骨近位部の骨密度の高いこと、青年期の運動経験のあるもので男性における全ての部位の骨密度、および女性における大転子部の骨密度の-highいことが示された。

余暇身体活動と大腿骨の骨密度との関連が認められたことは、Vuillemin らの健康な高齢男女を対象とした報告²⁷⁾ や閉経女性を対象とした Blanchet らの報告を支持する結果である³⁾。身体活動は大腿骨への力学的あるいは筋肉の収縮による負荷により、この部位の骨密度の維持向上に関連したと考えられた。

これまで、運動習慣と骨密度との関連が先行研究^{4), 5)} において明確でなかった理由の一つには、身体活動の定量や分類方法が異なることがあげられる。Coupland らは、閉経女性における歩行と骨密度との関連の検討から、骨密度は歩行量よりも歩行速度との関連の強いことを示し⁵⁾、骨密度は活動の量よりも強度に依存することを示唆した。また Kerr らは、12ヶ月の運動介入の研究において低負荷・高頻度のトレーニングに比べ、高負荷・低頻度の活動でより骨密度の高まることを報告し、骨密度に対する強度の高いトレーニングの有効性を示した¹³⁾。本研究では余暇身体活動の分類に、metabolic equivalents (METs) を指標として用いた。METs は、酸素摂取量を基準とした強度設定であるため²⁾、加重負荷の程度は明確ではないが、METs により分類された活動内容をみると、低強度では散歩や庭仕事などが含まれたのに対し、中強度以上の活動ではスポーツ活動などが含まれた。従って、本研究の活動分類は加重負荷の強弱をある程度反映しており、余暇身体活動レベルによる骨密度の違いに結びついたと考えられた。

余暇身体活動と骨密度との関係が部位により異なった点、すなわち全身や腰椎、女性におけるワード三角部の骨密度と余暇身体活動との関連が認められなかった点については、次のような理由があげられる。大腿骨近位部は運動の影響を受けやすく^{10), 13)}、特に最近の身体活動が反映しやすい部位であることが指摘されている²⁷⁾。本研究では女性において特に骨量低下の危険性の高い閉経女性に関して検討を行ったが、NILS-LSA の未閉経女性においても大腿骨近位部でのみ余暇身体活動との関連が認められた (データ未発表)。そのため、大腿骨近位部では全身や腰椎に比べ現在の余暇身

体活動の効果が表れやすかったと考えられた。一方、腰椎は加齢に伴い骨や血管の石灰化を起こしやすい部位とされており¹⁸⁾、70歳以上の人も多く含む本研究の対象者においては、このような見かけ上の骨密度の高さが腰椎において、また全身において身体活動の影響を捉えにくくしたことが考えられた。女性のワード三角部については、骨の構成要素による説明が考えられる。ワード三角部は皮質骨に比べ海面骨の割合が高く、海面骨を含む部位は加齢の影響を受けやすいとされている^{1), 18), 23)}。従って、女性において加齢による顕著な海面骨の減少が身体活動の影響を上回ったことが考えられた。ただし、先行研究ではこれらの部位において運動の影響を認める報告もあるため^{8), 17)}、身体活動の影響が部位により異なる点については、今後さらなる研究が必要である。

青年期の活動と骨密度との関連については、男性では全ての部位において、女性では大転子部において、青年期の運動経験のあるもので骨密度の高いという結果が認められた。先行研究において、Florindo らは50歳以上のブラジル人男性を対象に行った研究から、10歳から20歳までの運動は最近1年間の活動と同様に全身、腰椎、大腿部近位部の骨密度を高めるための独立した因子となることを報告した⁶⁾。女性については、Puntilla らが閉経前後の女性の骨密度と11—17歳の運動との関連の検討から、青年期のスポーツ活動は腰椎骨密度の維持に関連すること²¹⁾、また Ward らは高齢女性において大腿骨頸部の骨密度と発育期の身体活動との関連を報告した²⁸⁾。本研究はこれらの結果を支持するものであり、青年期の運動経験が中高年期の骨密度の維持向上に影響する可能性を示した。

健常者において、腰椎や股関節部の骨塩量は思春期後期に最大になるとされ、骨塩量増加のピークは女子で13歳前後、男子で16歳前後といわれている²⁶⁾。従って、この骨形成時期の環境因子の影響は非常に重要であると考えられている²⁶⁾。成長期の運動はこの時期の骨密度を高める^{15), 16), 20)}。また、高められた骨密度は一定期間維持されることが縦断研究により報告されている^{9), 15)}。本研究では、男性において青年期の運動経験のあるものでは有意に骨密度が高いという結果が得られたが、骨の成長の著しい12—20歳の間に積極的に運動を行い、骨量のピークを高めたことが中高年期の骨密度の維持に結びついた可能性がある。

一方、女性における青年期の運動と骨密度との関連は大腿骨近位部内でも部位により異なり、その関係性は明らかではなかった。これは、女性においては青年期に行った運動の強度が男性ほど強くない可能性のあることや、骨密度に対する年齢の影響の大きいこと、

さらには出産や閉経などダイナミックな性ホルモンの変動のあることなどが影響したのではないかと考えられる。その中で、大転子部において影響が認められたことは、この部位が筋肉との接合部であり、特に運動の影響を受けやすい部位であるという指摘のあることから^{5),13)}、他の大腿骨近位部に比べ大転子部で青年期の運動の影響が強く表れたことが考えられた。

女性においては、さらに全身と大腿骨頸部の骨密度において青年期の運動経験の有無により余暇身体活動と骨密度との関連の異なることが示された。各身体活動レベルの骨密度の平均値を確認すると、青年期の運動経験のない群では余暇身体活動レベルが上がるにつれ骨密度も高まるが、運動経験のあるものは余暇身体活動のレベルによらず比較的骨密度が高値に維持されることが推察された。しかし、本研究のみでこの結果を解釈することは難しく、さらに検討を重ねる必要がある。

以上のように、余暇身体活動および青年期の運動は、性や部位により異なるものの骨密度との有意な関連が認められた。特に大腿骨近位部では、男女共に各々の活動レベルの高いもので骨密度は高値を示した。大腿骨近位部は転倒による骨折を起こしやすい部位であるため、この部位の骨密度の維持向上は高齢になるに従い非常に重要となる。また、転倒は筋力や平衡機能の低下と密接に結びついており¹⁷⁾、転倒予防の観点からも現在および青年期における積極的な身体活動はこれらの運動機能の維持向上に有効である。

本研究には、いくつかの問題点も考えられた。一つは、身体活動量の測定方法に関する点である。本研究では身体活動量は聞き取り法による測定を行ったため、信頼性や再現性を考慮する必要があった。対象者の記憶の曖昧さや回答に対して何らかのバイアスの入ることなどは、聞き取り法に共通した対象者側の問題点である。一方、聞き取る側の問題点となる部分に関して、本研究では信頼性の確認された質問紙を用い、トレーニングされた面接者が面接を行うことで対応した。また、二つ目として身体活動のレベルの分類では強度による検討のみを行ったため、運動を行う上で重要な頻度や時間などは考慮されていない。骨密度低下の予防に対する至適運動を提唱していくためには、今後この点についても検討していくことも必要である。三つ目は、骨密度への他の因子の関与に関する点である。骨密度には様々な関連因子があるとされ、性ホルモンや成長ホルモンといった内分泌や遺伝子などの内的要因、嗜好品やカルシウム補助食品の摂取といった栄養摂取量、あるいは仕事活動量などの生活環境要因などがあげられている。骨粗鬆症の予防策を確立していくため

には、今後これらを含めた総合的な検討をしていく必要がある。

本研究は多数の一般地域住民を対象に、余暇身体活動および青年期の運動経験と骨密度を調べ、各々の身体活動と骨密度との関連を検討した。その結果、現在および青年期の積極的な身体活動は、中高年期における大腿骨近位部の骨密度の維持向上に関連することが示された。本研究の結果は、高齢者における骨折の予防法を確立するための一助となることが示唆された。

5. 要約

本研究では、地域在住中高年者を対象に、余暇身体活動および青年期の運動と骨密度を調べ、各々の身体活動と骨密度との関連について検討した。骨密度の測定はDXAを用い、全身、腰椎L2-4、大腿骨骨頭、ワード三角、大転子部を測定した。余暇身体活動状況と青年期の運動経験は聞き取り調査により調べた。余暇身体活動および青年期の運動と骨密度との関連について、余暇身体活動を「活動なし」、「低強度の活動のみ」、「中強度以上の活動」の3段階、青年期の運動経験を「なし」、「あり」の2段階に分け、年齢、身長、体重を調整した共分散分析を用いて検討した。以下に結果を示す。

- 1) 余暇身体活動に従事していた人の割合は男性75.5%、女性67.7%であり、強度別では低強度、中強度以上の順に男性30.5%、45.0%、女性33.8%、33.9%であった。青年期の運動経験のある人の割合は、男性65.7%、女性39.5%であった。
- 2) 余暇身体活動と骨密度との関連では、男性において余暇身体活動のレベルの高いもので大腿骨近位部の骨密度の高いこと、同じく女性でもワード三角部を除く大腿骨近位部の骨密度の高いことが示された。
- 3) 青年期の運動と骨密度との関連では、男性において青年期の運動経験のあるもので全ての部位における骨密度の高いこと、女性では大転子部の骨密度の高いことが示された。女性ではさらに全身と大腿骨頸部において、青年期の運動経験の有無により余暇身体活動と骨密度との関連の異なることが示された。

以上の結果より、余暇身体活動と青年期の運動経験は骨密度の維持向上に関連し、加齢に伴う骨密度の低下や骨折の予防に繋がることが示唆された。

文 献

- 1) Adami, S., D. Gatti, V. Braga, D. Bianchini, and M. Rossini:

- Site-specific effects of strength training on bone structure and geometry of ultradistal radius in postmenopausal women. *J. Bone Miner. Res.* **14**(1): 120-124, 1999.
- 2) アメリカスポーツ医学会編 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳 運動処方指針 運動負荷試験と運動プログラム 原著第6版 南江堂 p143-151, 2001.
 - 3) Blanchet, C., Y. Giguère, D. Prud'homme, L. Turcot-Lemay, M. Dumont, G. Leduc, S. Côte, N. Laflamme, F. Rousseau, and S. Dodin: Leisure physical activity is associated with quantitative ultrasound measurements independently of bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif. Tissue Int.* **73**(4): 339-349, 2003.
 - 4) Brahm, H., H. Mallmin, K. Michaëlsson, H. Ström, and S. Ljunghall: Relationships between bone mass measurements and lifetime physical activity in a Swedish population. *Calcif. Tissue Int.* **62**: 400-412, 1998.
 - 5) Coupland, C.A.C., S.J. Cliffe, E.J. Bassey, M.J. Grainge, D.J. Hosking, and C.E.D. Chilvers: Habitual physical activity and bone mineral density in postmenopausal women in England. *Int. J. Epidemiol.* **28**: 241-246, 1999.
 - 6) Florindo, A.A., Mdo.R. Latorre, P.C. Jaime, T. Tanaka, M.G. Pippa, and C.A. Zerbin: Past and present habitual physical activity and its relationship with bone mineral density in men aged 50 years and older in Brazil. *J. Gerontol.* **57A**(10): M654-657, 2002.
 - 7) 藤原佐枝子 骨粗鬆症 危険因子と予防対策 日本臨床 **56**(6): 211-215, 1998.
 - 8) Greendale, G.A., M.H. Huang, Y. Wang, J.S. Finkelstein, M.E. Danielson, and B. Sternfeld: Sport and home physical activity are independently associated with bone density. *Med. Sci. Sports. Exerc.* **35**(3): 506-512, 2003.
 - 9) Gstavsson, A., K. Thorsen, and P. Nordström: A 3-year longitudinal study of the effect of physical activity on the accrual of bone mineral density in healthy adolescent males. *Calcif. Tissue Int.* **73**: 108-114, 2003.
 - 10) Heinonen, A., P. Kannus, H. Sievänen, M. Pasanen, P. Oja, and I. Vuori: Good maintenance of high-impact activity-induced bone gain by voluntary, unsupervised exercises: An 8-month follow-up of a randomized controlled trial. *J. Bone Miner. Res.* **14**(1): 125-128, 1999.
 - 11) Iwai, N., N. Yoshiike, S. Saitoh, T. Nose, T. Kushi, H. Tanaka, and the Japan Lifestyle Monitoring Study Group: Leisure-time physical activity and related lifestyle characteristics among middle-aged Japanese. *J. Epidemiol.* **10**: 226-233, 2000.
 - 12) Kelley, G.A., K.S. Kelley, and Z.V. Tran: Exercise and bone mineral density in men: a meta-analysis. *J. Appl. Physiol.* **88**: 1730-1736, 2000.
 - 13) Kerr, D., A. Morton, I. Dick, and R. Prince: Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J. Bone Miner. Res.* **11**(2): 218-225, 1996.
 - 14) 厚生省 監修 厚生労働白書(平成12年度版) ぎょうせい p71-74, 2000.
 - 15) Lloyd, T., V.M. Chinchilli, N. Johnson-Rollings, K. Kieselhorst, D.F. Egli, and R. Marcus: Adult female hip bone density reflects teenage sports-exercise patterns but not teenage calcium intake. *Pediatrics* **106**(1): 40-44, 2000.
 - 16) MacKelvie, K.J., K.M. Khan, and H.A. McKay: Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *Br. J. Sports Med.* **36**: 250-257, 2002.
 - 17) 真野行生 編 高齢者の転倒とその対策 医歯薬出版株式会社 p2-7, 1999.
 - 18) 森田陸司 監修 骨粗鬆症と骨塩定量—DXAによる骨塩定量—メデイカルレビュー社 p48-62, 1994.
 - 19) 折茂肇 原発性骨粗鬆症診断基準—2000年度改訂版(概要)—*Osteoporosis Japan* **9**(1): 9-14, 2001.
 - 20) Pettersson, U., P. Nordström, H. Alfrédson, K. Henriksson-Larsén, and R. Lorentzon: Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: A comparative study between two different types of sports. *Calcif. Tissue Int.* **67**(3): 207-214, 2000.
 - 21) Puntilla, E., H. Kröger, T. Lakka, R. Honkanen, and M. Tuppurainen: Physical activity in adolescence and bone density in peri- and postmenopausal women: A population-based study. *Bone* **21**(4): 363-367, 1997.
 - 22) Report of WHO Study Group: Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. p2-7, 1994.
 - 23) Riggs, B.L., H.W. Wahner, E. Seeman, K.P. Offord, and W.L. Dunn: Changes in bone mineral density of the proximal femur and spine with ageing. *J. Clin. Invest.* **70**: 716-723, 1982.
 - 24) SAS Procedures Guide, Release 8.2 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA, 2001.
 - 25) Shimokata, H., F. Ando, and N. Niino: A new comprehensive study on aging – the National Institute for Longevity Science, Longitudinal Study of Aging (NILS-LSA). *J. Epidemiol.* **10**: S1-S9, 2000.
 - 26) 田中弘之 青壮年期の最大骨量の調節機構 *Medical Practice* **19**(10): 1645-1649, 2002.
 - 27) Vuillemin, A., F. Guillemin, P. Jouanny, G. Denis, and C. Jeandel: Differential influence of physical activity on lumbar spine and femoral neck bone mineral density in the elderly population. *J. Gerontol.* **56A**(6): B248-253, 2001.
 - 28) Ward, J.A., S.R. Load, P. Williams, K. Anstey, and E. Zivanovic: Physiologic, health and lifestyle factors associated with femoral neck bone density in older women. *Bone* **16**(4): s373-s378, 1995.

(2004年9月21日受付)

