

研究

中学生における骨密度と生活習慣との関連

米山 京子, 根来 光将

【論文要旨】

平成16年5～6月および9月に中学1年生(12～13歳)の男子97人, 女子93人を対象に超音波法による踵骨骨密度の測定, 体格, 初経の有無および日常生活に関する調査を行い, 骨密度と生活要因との関連を成長・成熟因子を考慮した共分散構造分析により, 横断的に解析した。男子では運動部活動を毎日行い, 食品の摂取バランスが良いなど, 運動習慣と良好な食生活が連動したライフスタイルが骨密度の高さと有意に関連していた。女子では骨密度と有意な関連を認めるライフスタイルは構築されなかったが, 学校以外の運動サークルに所属の者では骨密度が有意に高かった。

Key words : 骨密度, ライフスタイル, 共分散構造分析, 中学生, 超音波骨密度測定

I. はじめに

思春期は骨量・骨密度ともに急激に増大する時期であり¹⁾²⁾, 筋骨格系形成の重要な時期にあたる。生涯における最大骨量(ピークボンマス)に達する時期は従来20～30歳代といわれていたが, 近年の研究ではさらに早く16, 17歳で到達する可能性が指摘されている^{1)～4)}。できるだけ高い最大骨量を獲得することは, 頑健な骨格系を形成し将来にわたる骨折や骨粗鬆症などの第1次予防となること, また妊娠・授乳期などに備えてカルシウム栄養の貯蔵が増えることなどの意義がある。

一方, 近年の児童生徒を取り巻く食環境や生活環境, 育児状況の変化は児童生徒の生活全般に種々の変化をもたらし, それらが心身の健康に影響を及ぼしていることが報告されている^{5)～7)}。不適当な食習慣や放課後の過ごし方などの学校生活が成長期の骨密度に影響を及ぼしてはいないであろうか。若者の骨密度と生活習慣との関連については, 対象者の年齢幅を12～18歳などと幅広く含めた報告³⁾⁴⁾, あるいは成

長のほぼ終了した高校・大学生についての報告^{8)～11)}は多く見受けられるが, 思春期のほぼ同じステージにある多数の対象者について検討した報告はほとんど見られない。ことに思春期には発育や成熟過程に変化が見られ, また個人差も大きいので, 生活習慣との関連を検討する場合には, 骨密度へのそれらの影響を考慮する必要がある。

超音波骨密度測定装置は直接骨密度を測定するものではないが, 放射線被爆がないため骨粗鬆症予防検診や健康指標としての骨評価の手段として, 成長期の若者にも幅広く用いられている。

本研究では中学1年生男女を対象として, 超音波法による骨密度と生活習慣との関連を共分散構造分析法により横断的に解析したので報告する。

II. 方法

1. 調査対象者および調査時期, 倫理的配慮

対象者は奈良市の近郊都市にある生活環境の類似した2つの公立中学校の中学1年生(12,

Relationship between Bone Mineral Density and Lifestyle in Junior High School Students

[1823]

Kyoko YONEYAMA, Mitsumasa NEGORO

受付 06. 5. 8

奈良教育大学生活科学教育講座(研究職)

採用 06. 8. 25

別刷請求先: 米山京子 奈良教育大学生活科学教育講座 〒630-8528 奈良県奈良市高畑町

Tel/Fax: 0742-27-9248

13歳)男女全員の中から骨密度の測定に参加し、アンケート調査に協力した男子97人、女子93人である。骨密度測定およびアンケート調査を平成16年5～6月および9月に行った。研究開始時に学校長、各クラス担任、各部活顧問に文書で研究の目的、協力いただく事柄、骨密度の測定方法および得られた個人情報について研究の目的以外利用しないことを明記した文書により協力を依頼し承諾を得た。

2. 骨密度測定方法および骨密度指標

骨密度測定は毎回同一の1台、超音波骨密度測定装置(Lunar製Achilles 1000PLUS II)を用い、毎回同一人物が同一場所にて放課後行った。測定には踵骨下後端の突起部分の輪郭内で測定がなされるように全員にベースック下敷き1枚と小下敷き2枚を用い、右踵骨で行った。また、計測時の姿勢および足の位置、特に踵が浮いていないか確認した。

当装置は超音波伝導速度(Speed of Sound; SOS)と超音波減衰係数(Broadband Ultrasound Attenuation; BUA)の2つの指標が出力され、両者は骨組織を異なる観点から評価しているが、本研究では両者を統合したStiffness(以後STと略記)¹²⁾を骨密度指標として用いた。

3. 調査方法、調査項目および回答方法

調査は骨密度測定の待機中に自己記入方式で行った。内容について不明な点にはその場で個別に説明し回答を確認、未記入をできるだけ少なくした。調査項目は身長、体重、初経の有無(女子)、食生活、家庭生活、学校生活の4分野である。身長、体重は学校での4月の計測値を記入させた。生活に関する調査項目は池田ら¹³⁾、および文部科学省の全国調査の調査項目⁶⁾を参考に設定した。すなわち、食生活では15の食品群(1.卵、2.肉・ハム・ソーセージ類、3.魚貝類・練り製品、4.牛乳・チーズ・ヨーグルト類、5.大豆製品(豆腐・納豆など)、6.緑黄色野菜(人参など)、7.その他の野菜、8.海藻類(わかめなど)、9.イモ類、10.果物、11.油料理、12.菓子パン、13.スナック菓子、14.菓子類、15.インスタント麺類)について摂取頻度を「毎日」、「2, 3日に1回」、「週に1回」の3つのカテ

グリーから選択させ、4つの食品群(市販のジュース類、炭酸飲料、牛乳、ヨーグルト・チーズ)については摂取量を記入させた。食行動では欠食、食事時間の規則性、間食頻度など8項目、家庭生活では起床就寝時刻、TVゲーム、塾・習い事などの7項目、学校生活では運動部の活動日数や学校外および小学生時の運動部所属など8項目について設問し、回答はそれぞれ2～4つのカテゴリーから選択させた。背景要因として主な疾患の既往歴を設問した。

4. 集計・解析方法

1) 食生活を評価する各種指標の算出

各種食品群の摂取状況を把握するために、個々の食品群について摂取頻度が「毎日」を2点、「2, 3日に1回」を1点、「週1回以下」を0点と得点化し、数種の食品群の摂取状況を組み合わせて6種類のスコア、すなわちバランススコア、たんぱく質スコア、間食スコア、カルシウムスコア、ジューススコア、ミルクスコアを作成した。算出方法は表2に示す。

2) 解析方法

まず、男女別に骨密度の分布を調べた。骨密度との関係について、男女別に各生活項目の中で連続変量についてはPearsonの積率相関係数により、離散変量についてはカテゴリーごとの骨密度平均値をカテゴリー間で比較し、分散分析法により有意性検定を行った。次に、骨密度を従属変数、身長、体重、初経有無および各生活項目の中で骨密度との関連の比較的大きかった項目を独立変数として、10%レベルでモデルから削除の条件で変数後退法による重回帰分析を行った。さらに、トータルな視点で骨密度と生活パターンとの関連性を探るために、身体的因子とライフスタイル因子が骨密度に関連するという多重指標構造モデルを想定した共分散構造分析を行った。身体的因子の構成変数は身長、体重、女子ではさらに初経有無、ライフスタイル因子の構成変数は、骨密度との関連が比較的大きかった項目を順次モデルに投入し、パスや共分散の有意性を基にパスの加除を行い、適合度がより高いモデルを探索した。モデル適合度の指標として、CFI(比較適合度指標)、RMSEA(平均二乗誤差平方根)、AIC(赤池情

報量基準)を用い,CFIが0.9以上, RMSEAが0.05未満をモデル適合の基準とした。分析にはSPSS Ver.13, Amos Ver.5を用い,すべての分析で統計的有意水準を5%とした。

Ⅲ. 結 果

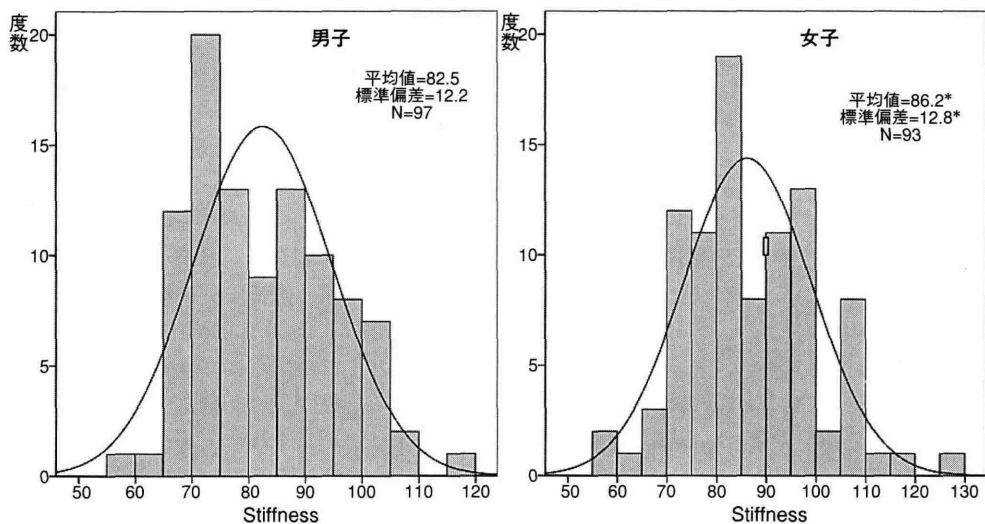
対象とした2学校間では骨密度測定時期が数か月異なったが,男女とも体格および骨密度の平均値には両校間に相異はほとんど認められなかった。以後の分析は2校を統合して行った。対象者の中には骨の発育に影響する疾患の既往者は皆無であった。

男女別に図1にSTの分布を示す。最頻値は男子では70~75に対し女子では80~85と高く,女子ではほぼ正規分布を示したが男子では幾分正方向に歪んだ分布であった。対象者の体格および骨密度測定値の平均値,標準偏差値,および両者の相関係数を男女別に表1に示す。対象者の体格は平成17年度学校保健統計による全国平均値¹⁴⁾と比較すると,男子は身長,体重ともに幾分大きく女子はほぼ同じであった。男女間では,身長は男子が有意に高かった。STの平均値(標準偏差)は男子82.5(12.2),女子86.2(12.9)で,SOSおよびSTは女子が有意に高かった。身長,体重とBUA,ST間には男女ともに有意な正相関が見られた。また,女子では「初経あり」の場合にSTの平均値は90.1(N=

68),「なし」の場合に78.0(N=25)で,「あり」の場合に有意に高かった。STと身長(男子),STと初経有無別体重(女子)との関係を図2に示す。

各種食品摂取スコアの平均値,標準偏差値およびSTとの相関係数を表2に示す。各項目毎に若干の欠損値が見られたため,対象者数が若干異なっている。ジューススコアの平均値は男女ともに400mlを超えていた。また,間食スコアは女子が,ミルクスコアは男子が高かったが,いずれも男女間に有意差は認められなかった。STと有意な相関の見られる項目は男子では皆無,女子ではバランススコア,たんぱく質スコアといずれも有意の正相関,また,カルシウムスコアとの相関係数も正で比較的大きかった。

表3に食行動および家庭生活について各項目のカテゴリー別ST平均値を男女別に示す。カテゴリー間で有意差の見られた項目は男女とも皆無であったが,男子では朝食時刻が「6時半以前」でST値が高く,食事の楽しみで,「楽しみでない」場合にST値が低かった。家庭生活項目では,男子では就寝時刻が11時以後の場合に10時以前に比べてST値が低い傾向であった。表4に学校生活の各項目のカテゴリー別ST平均値を男女別に示す。運動部所属率は男子では90.4%に対し,女子では65.5%と低かった。男子では「運動部に所属する」,「運動の種



*: $p < 0.05$ (男子との比較)

図1 Stiffnessの分布

表1 対象者の身体特性および骨密度測定値の平均値, 標準偏差, および両者間の相関係数 (r)

	男子 (N=97)		女子 (N=93)		t-test #	男子 (r)		女子 (r)	
	M	SD	M	SD		身長	体重	身長	体重
SOS	1545	22	1557	28	**	0.210*	0.089	0.160	0.234*
BUA	104.7	12.0	105.7	11.9		0.473**	0.467**	0.421**	0.656**
Stiffness	82.5	12.2	86.2	12.9	*	0.416**	0.351**	0.352**	0.539**
身長	154.3	8.5	152.0	5.6	*				
体重	46.8	14.3	44.6	10.9					
BMI	18.5	3.2	19.3	3.3					

N : 対象者数, BMI : Body Mass Index, # : 男女間の比較, ** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$
SOS, BUA, Stiffness : 骨密度指標 (本文参照)

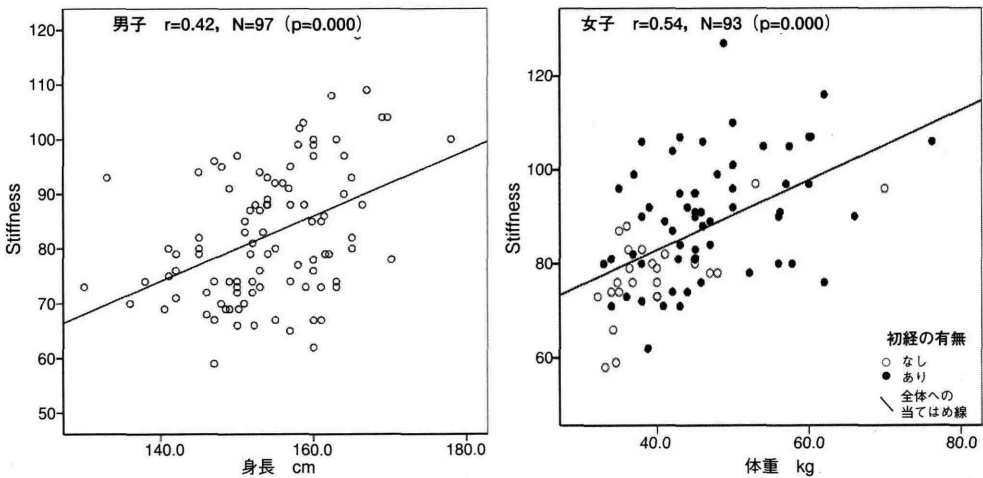


図2 身長 (男子) または体重 (女子) とStiffness との相関関係

表2 食品摂取スコアの平均値, 標準偏差および骨密度 (Stiffness) との相関係数 (r)

スコア	男子 (N=95)			女子 (N=88)		
	M	SD	r	M	SD	r
バランススコア ¹⁾	10.9	3.3	0.132	11.3	4.0	0.221*
たんぱく質スコア ²⁾	5.4	2.1	0.077	5.5	2.3	0.179*
カルシウムスコア ³⁾	11.9	4.1	0.091	12.3	4.8	0.174
間食スコア ⁴⁾	3.1	2.1	0.064	3.6	2.0	0.039
ジューススコア ⁵⁾	430	507	0.152	418	361	0.050
ミルクスコア ⁶⁾	353	287	0.096	279	265	0.059

各スコアの算出方法 (各食品群名は本文参照)

N : 対象者数, * : $p < 0.05$

- 1) 1.卵から10.果物までの10食品群の各得点を加算
- 2) 1.卵から5.大豆製品までの5食品群の各得点を加算
- 3) カルシウム含有量を基に, 牛乳の得点を4倍, 大豆製品の得点を2倍, 魚貝類, 緑黄色野菜, その他野菜, 海藻類の得点をそのままとして加算
- 4) 12.菓子パンから15.インスタント麺類までの4食品群の得点を加算
- 5) 市販のジュース類と炭酸飲料の1日の平均摂取量を加算
- 6) チーズの摂取量を6倍, 牛乳, ヨーグルト摂取量をそのまま加算

表3 食行動および家庭での生活と骨密度 (Stiffness) の関係

項 目		カテゴリー	男 子			女 子		
			N	M	F	N	M	F
欠食	0	なし	68	83.8	0.61	60	85.6	0.43
	1	あり	26	81.0		27	87.6	
朝食時刻	1	6時半以前	14	87.4	0.81	7	91.3	0.33
	2	7時	29	81.5		42	86.1	
	3	7時半以後	18	81.1		14	84.7	
	4	決まっていない	32	81.9		21	87.0	
夕食時刻	1	6時半以前	22	80.3	0.59	16	89.1	0.75
	2	7時	24	86.0		25	82.0	
	3	7時半以後	4	79.3		10	85.2	
	4	決まっていない	43	83.1		33	88.6	
食事の楽しみ	1	楽しみでない	6	74.3	1.36	3	87.0	0.14
	2	どちらでもない	40	82.6		40	85.8	
	3	楽しみ	49	83.3		44	87.3	
夜食回数/週	1	ほぼ毎日	20	83.7	0.16	22	84.5	0.55
	2	2～5回	26	82.1		28	88.3	
	3	1回以下	47	81.8		38	86.0	
間食回数/週	1	ほぼ毎日	27	84.8	1.08	33	85.7	1.79
	2	2～5回	37	84.9		32	89.1	
	3	1回以下	27	80.2		22	83.0	
外食回数	0	なし	52	84.6	0.75	42	85.6	0.23
	1	週に1～2回	44	81.2		45	87.0	
ダイエット経験	0	なし	86	82.8	0.11	75	85.2	2.55
	1	あり	9	84.3		13	91.5	
起床時刻	1	7時以前	40	85.7	1.61	40	80.5	1.64
	2	7時	24	82.6		38	85.6	
	3	7時半以後	32	80.0		11	88.3	
就寝時刻	1	10時以前	23	87.1	0.94	11	84.2	0.17
	2	11時	44	82.1		40	86.2	
	3	12時	21	81.4		24	87.4	
	4	1時以後	8	80.8		12	87.3	
睡眠時間	1	ほぼ5時間	2	76.0	0.43	7	95.7	1.76
	2	6時間	22	82.2		21	83.3	
	3	7時間	39	82.3		36	87.1	
	4	8時間以上	33	84.9		24	84.7	
塾に通う回数/週	1	なし	54	82.5	0.67	51	86.7	0.09
	2	1, 2回	21	86.7		18	86.1	
	3	3回	16	82.6		15	85.5	
	4	4回	3	78.0		1	81.0	
習い事	0	なし	68	82.8	0.04	42	85.9	0.06
	1	あり	24	83.5		46	86.6	
テレビ等の視聴時間	1	1時間以下	22	84.0	0.21	17	83.3	0.79
	2	2～3時間	47	82.7		38	86.4	
	3	4時間	12	81.4		13	90.9	
	4	5時間	14	85.1		13	85.7	
家の手伝い	1	しない	19	81.6	0.46	17	84.4	0.34
	2	時々する	65	83.9		51	86.1	
	3	よくする	11	80.3		21	87.9	

N:対象者数, M:平均値, F:F値

類が球技」,「練習が毎日」,「学校以外の運動サークルに所属」,「小学生時に運動部に所属」,「身体を動かすことが好き」の場合に,いずれも統

計的に有意ではないがST平均値が高い傾向が見られた。女子では,「学校以外の運動サークルに所属」,「運動部の練習が毎日」の場合ST

表4 学校生活と骨密度 (Stiffness) の関係

項 目	カテゴリー	男 子			女 子		
		N	M	F	N	M	F
運動部の所属	0 なし	9	80.7	0.35	30	85.1	0.12
	1 あり	85	83.5		57	86.5	
運動部の種類	1 球技	71	84.2	1.07	57	86.5	—
	2 武道	16	80.3		0	—	
運動部の回数/週	1 0回	9	80.7	1.09	31	85.0	0.77
	2 4～6回	58	81.7		41	85.4	
	3 毎日	25	86.2		15	89.8	
文化部の所属	0 なし	83	83.1	0.63	59	86.6	0.53
	1 あり	2	91.0		27	86.8	
学校以外の運動サークル	0 なし	72	82.0	0.82	83	85.4	2.42
	1 あり	18	85.3		5	94.6	
小学生時の運動部の所属	0 なし	25	80.7	1.14	42	88.4	1.53
	1 あり	68	84.1		43	84.9	
身体を動かすこと	1 好きではない	4	77.5	2.57	14	88.7	0.47
	2 どちらでもない	36	79.2		24	86.6	
	3 好き	56	85.4		49	84.9	
学校生活	1 楽しくない	4	73.5	1.01	2	83.5	1.01
	2 あまり楽しくない	14	83.6		9	81.3	
	3 楽しい	77	83.4		78	86.8	

N:対象者数, M:平均値, F:F値

表5 変数減少法[#]による重回帰分析の最終結果

従属変数: Stiffness

独立変数	男 子			独立変数	女 子		
	β	t	p		β	t	p
身長	0.479	4.9	0.000	体重	0.412	4.4	0.000
身体を動かすこと	0.214	2.2	0.030	初経の有無 ^{#2}	0.297	3.2	0.005
食事の楽しみ	0.171	1.7	0.087	学校以外の運動サークル	0.191	2.1	0.034
体重	—			バランススコア	—		
ジューススコア	—			たんぱく質スコア	—		
運動部の回数	—			カルシウムスコア	—		
小学生時の運動部の所属	—			身長	—		
				小学生時の運動部の所属	—		
R=0.522, F=10.1 (3, 88), p=0.000				R=0.603, F=15.4 (3, 81), p=0.000			

: p<0.10レベルでモデルから除去

#2: ありが1, なしが0, その他の質的変数のカテゴリー分類は表3～表4参照

— : モデルから除去

が高い傾向が見られた。

重回帰分析の結果を表5に示す。男子では、身長が高い程、また「身体を動かすことが好き」の場合にSTが有意に高く、また有意ではないが、「食事が楽しみ」の場合にSTが高かった。女子では体重が重い、「初経あり」、「学校以外の運動サークルあり」の場合にSTが有意に高かった。

共分散構造分析の結果、各モデルに含めた観測変数、モデル適合度を表6、最終モデルのパス図とパス係数を図3-1、3-2に男女別に示す。なお、個々の項目に若干の欠損値が見られたため、分析に用いた対象者数は男子94人、女子87人であった。男子ではライフスタイル因子として、「身体を動かすこと」、「小学生時の運動部の有無」、「運動部の回数」、「食品バランススコア」、「食事の楽しみ」、「ジューススコア」、「起床時刻」を構成変数としたが、パス係数の有意性を基準に「ジューススコア」、「起床時刻」を順次削除したところ、モデル適合度はさらに向上したため、それを最終モデルとした。STへのパス係数は身体的因子では0.56($p<0.01$)、ライフスタイル因子では、0.42 ($p<0.01$)といずれも正で有意であった。また、ライフスタイル因子の構成変数のパス係数もすべて正で有意であった。カテゴリーから解釈すると、「身体を動かすことが好き」、「小学生時に運動部に

所属」、「運動部活動が毎日」、「食事のバランススコアが高い」、「食事が楽しみ」という生活スタイルの場合には骨密度が高いと解釈できる。ここで、ライフスタイル因子と身体的因子の共変量は負であったが、「身体を動かすことが好き」、「運動部活動が毎日」などの生徒はそうでない生徒に比べ体重が軽い傾向が見られた。なお、ライフスタイル因子を運動因子と食事因子に分けて内生変数とした場合、モデルは構築できなかった。

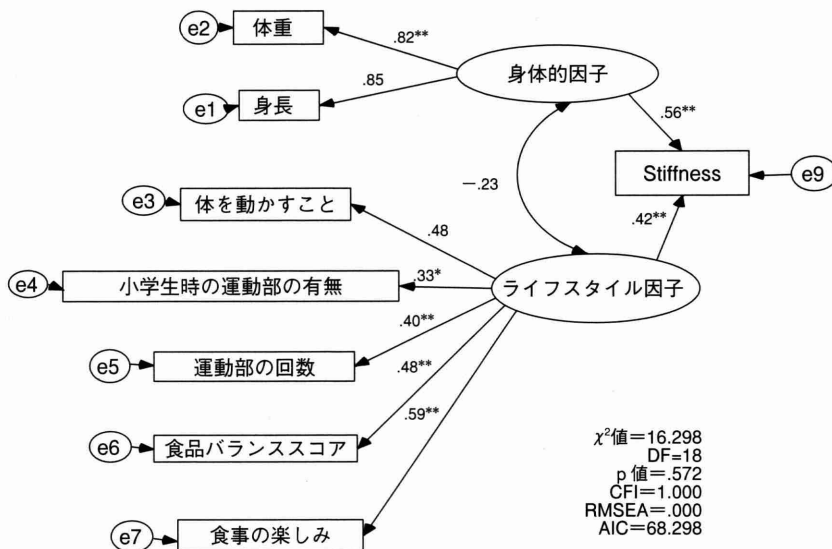
一方、女子では身体的因子として身長、体重に初経の有無を加えた場合、STへのパス係数は0.64 ($p<0.001$)とかなり大きかった。ライフスタイル構成因子として、「学校以外の運動サークル」、「運動部の回数」、「食事のバランス」、「カルシウムスコア」、「たんぱく質スコア」の5変数を初期モデルに投入したが、「運動部の回数」を削除、「学校以外の運動サークル」を直接STへのパスとした場合に適合度は高くなり最終モデルとした。従って、女子のライフスタイル構成変数は食事要因のみとなり、ライフスタイル因子のSTへのパス係数は有意ではなかった。ここで、身体的因子より「初経の有無」を除き、初経の有無別に同様の分析を行ったが、いずれの場合にも、STへのパス係数が有意となるライフスタイルは見いだせなかった

なお、ライフスタイル因子と身体的因子の共

表6 共分散構造分析の最終モデルとその周辺モデルの適合度

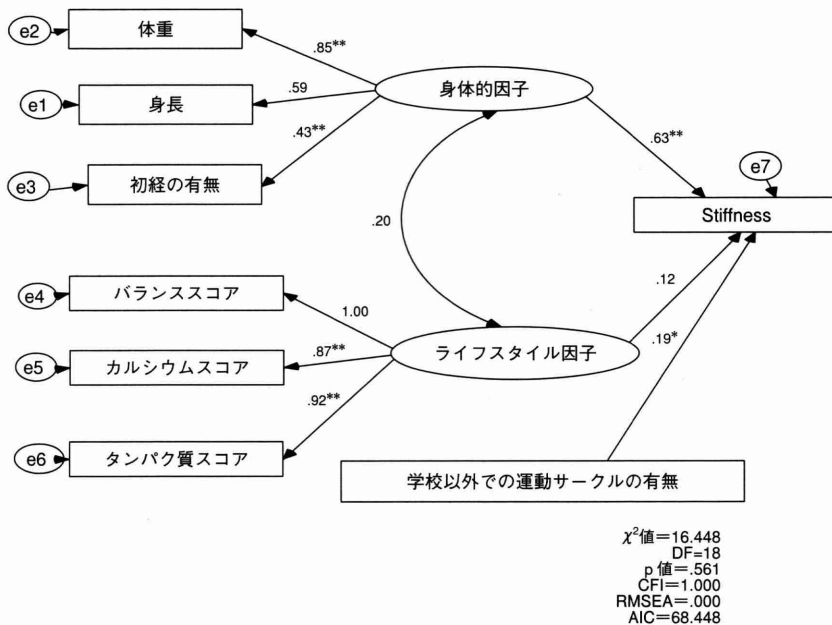
分 析 対象者		観測変数										モデル適合度				
男子	モデル	体重	身長	活動	小学生	部活	バランス	食事	ジュース	起床時刻	χ^2	p	CFI	RMSEA	AIC	
	A	+	+	+	+	+	+	+	+	+NS	35.2	0.365	1.000	0.000	94.2	
	B	+	+	+	+	+	+	+	+NS	—	26.6	0.375	0.986	0.025	84.6	
	最終モデル	+	+	+	+	+	+	+	—	—	16.3	0.572	1.000	0.000	68.3	
女子	モデル	体重	身長	初経	サークル	部活	バランス	Caスコア	Proスコア		χ^2	p	CFI	RMSEA	AIC	
	A	+	+	+	+NS	+NS	+	+	+		31.1	0.183	0.982	0.052	89.2	
	B	+	+	+	—	+NS	+	+	+		23.2	0.183	0.985	0.056	75.2	
	C	+	+	+	+NS	—	+	+	+		19.2	0.377	0.996	0.027	71.2	
	最終モデル	+	+	+	+ #	—	+	+	+		16.4	0.562	1.000	0.000	68.4	

+: 含める, —: 含めない, NS: 有意ではないパス, #: 観測変数への直接のパス, その他のパスの方向は図3参照
略号 活動: 身体を動かすこと, 小学生: 小学生時の運動部, 部活: 運動部の回数, バランス: 食事のバランススコア,
食事: 食事の楽しみ, ジュース: ジューススコア, サークル: 学校以外での運動サークル, Caスコア: カルシウムスコア,
Proスコア: たんぱく質スコア, CFI: Comparative fit index, RMSEA: Root mean square error of apporroximation,
AIC: 赤池の情報量基準



数字は標準化係数, e1 ~ e9 : 誤差変数, 各変数のカテゴリーは表2 ~ 表5 参照
 **: p<0.01, *: p<0.05

図3-1 身体的因子およびライフスタイル因子から骨密度への因果モデルとその分析結果 (標準化解)
 男子について



数字は標準化係数, e1 ~ e7 : 誤差変数, 各変数のカテゴリーは表2 ~ 表5 参照
 **: p<0.01, *: p<0.05

図3-2 身体的因子およびライフスタイル因子から骨密度への因果モデルとその分析結果 (標準化解)
 女子について

変量は0.20で、ライフスタイル因子は直接STへの効果は見られないが、身体因子を介した間接的な効果、標準化推定値 $=0.20 \times 0.64 = 0.128$ が見られ、STへの総合的な効果は $0.128 + 0.09 = 0.218$ となり、有意であった。また、学校以外での運動サークルの有無は直接STに有意の正の関連を示した。

IV. 考 察

1. 超音波骨密度測定法について

本法で得られた骨密度指標は二重X線吸収法(DXA法)により測定された大腿骨頸部や腰椎の骨密度と高い相関が見られること、踵骨骨密度を本法とDXA法により測定した場合、両者間には高い相関が見られることが報告されている¹⁵⁾¹⁶⁾。また、徳丸らは超音波乾式装置を用いて思春期の踵骨骨密度が第2～第4腰椎骨密度と高い正相関があることを示している¹⁾。著者らも妊産婦について超音波法により測定された指標が骨代謝パラメータの推移とほぼ一致して変動することを認めている¹⁷⁾。

本法の測定精度について、繰り返し測定に対する変動係数は著者らの1.0～1.6%¹⁸⁾、あるいは2.3～2.8%の報告もあり¹⁶⁾、DXA法の0.5～1.5%¹⁵⁾に較べると若干大きい。このことを理解して用いれば、本法は成長期にある若者の骨密度測定の手段として有用であると言える。

2. 中学生時期の骨密度および成長・成熟因子との関係

本対象者のSTの平均値は男子83.1、女子86.2で女子が有意に高かった。徳丸らは高校生時期には骨密度が最大となると報告しているが¹⁾、本値を高校生のST平均値¹⁰⁾、男子104.0、女子96.5に較べると、中学1年生時では男子ではピーク時の約80%、女子では約90%に到達していると推測される。

分析の結果、男女とも身体的要因と骨密度とは強い関連が認められた。身体因子として男子では身長、女子では体重、初経との関連が強かった。本対象者の12～13歳の時期は、一般的に男子では身長の急成長期、女子ではその時期をすでに過ぎ体重増加期および初経発来期に当た

っていることから¹⁹⁾、男子では身長、女子では体重、初経との関連が最も大きくなったと考えられる。

3. 中学生の骨密度に影響するライフスタイル

男子の場合、共分散構造分析では、5変数によって構成されたライフスタイル因子と骨密度間に有意の関連があるモデルが構築され、運動因子と食事因子を独立させた内生変数とした場合、骨密度との関連を示すモデルは構築されなかった。すなわち、運動因子と食事因子がそれぞれ独立ではなく、両者が連動したライフスタイルが骨密度に関連することを示すと言える。

ライフスタイルの構成要因のカテゴリーから見ると、「日常身体を動かすことが好き」、「運動部の練習は毎日」、「小学校で運動部に属した」、「バランスの取れた食事内容」、「食事が楽しみ」という生活パターンが骨密度を有意に高くすると言える。すなわち、身体を動かすことが好きで、運動部の活動を毎日行うなどの身体活動により、食欲が増進し、食品摂取バランスもよいという生活パターンが推測され、運動と食事が連動して骨密度を高めることを示していると言える。

運動因子と食事因子が相加的に骨密度に影響するという現象は、生理学的には思春期の骨代謝の旺盛な時期に身体を動かすことが骨芽細胞の活性化をもたらし、骨形成を亢進させること、それと同時に、骨組織の構成成分およびそれらの吸収と関連する各種の栄養素を含む種々の食品をバランスよく摂取することが骨密度の増大に繋がると考えられる。

骨密度と生活習慣との関係について、小野ら⁴⁾は12～18歳女子について、秋坂ら⁸⁾は女子高校生について、広田ら²⁰⁾は19～25歳女子について、相良ら¹⁰⁾は男女高校生、松枝ら¹⁹⁾は8～18歳男女についてなど多くの報告が見られるが、これらはいずれも対象者の年齢幅が広い。急成長後の対象者であり、思春期の早期にあたる中学生を対象にした報告はほとんど見られない。成長期の骨発育は成長速度との関連が大きいことから¹⁹⁾²¹⁾、骨組織への生活習慣の影響は成長の各時期によって異なると考えられ、ほぼ同一年齢群についてのみ比較が可能であろう。

ここで、運動部活動の効果については、対象者が中学1年生であり、測定時点で運動部活動の効果が現れるとは考えにくく、身体を動かすことが好きな生徒では中学校での運動部所属率が89%、小学校での運動部所属者の90%が中学校でも運動部所属となっていることから、過去の運動や日常の身体活動など間接的な効果と考えられる。何歳頃からの運動が骨密度に影響するか明確にはできないが、小学生時の運動部が関係していること、また「身体を動かすことが好き」という行動特性が思春期に急に出現するものではないことを考えると、小学生あるいは幼児期からの影響もあり得ると考えられる。また、食事因子では一般的に注目されているカルシウムスコアやミルクスコアではなく、バランススコアが抽出されたことから、骨発育には単にカルシウム摂取量のみではなく種々の栄養素を万遍なく摂取することが重要であることを示唆する。

女子の場合、初経の有無別に検討した場合にも骨密度と関連するライフスタイルは構築できなかった。初経は性成熟の断面的指標であるが、性成熟の程度を示してはいない。本対象者の12, 13歳の時期は女性ホルモンの急増期であり、その個人差は大きいと考えられる。野井らは本報と同じ方法により、中・高校生女子の骨密度値は暦年齢とよりも初経からの期間と有意に大きな正相関があること²²⁾、松枝らは初経後の期間が長い群ほど、中学1年～3年の骨強度の増加が有意に大きいことを報告しており¹⁹⁾、骨密度への性成熟の影響が大きいことを示している。本対象者の狭い年齢幅においても、生活要因よりも性ホルモンの分泌程度が骨密度に強く影響するのではないかと考えられる。松枝らも中学1年の女子では食事要因と骨強度間に関連を認めず、男子の場合とは様相が異なることを報告している¹⁹⁾。

なお、ライフスタイル因子と身体的因子の共変量は正で比較的大きかったことから、ライフスタイル因子は身体的因子を介して間接的に骨密度を高めると考えられ、女子においてもライフスタイル要因が骨密度を高めるために関係ないとは言えない。

本研究はことに身体的変化の激しい思春期生

徒を対象としていることから、横断的解析により生活習慣の影響を検討することには限界がある。従って、本研究結果は生活習慣と骨密度との因果関係を示唆するが、明らかにするものではない。

V. ま と め

平成16年5～6月および9月に中学1年生(12～13歳)の男子97人、女子93人を対象に超音波法による踵骨骨密度の測定、体格、初経の有無、日常生活に関する調査を行い、骨密度と生活要因との関連を成長・成熟因子を考慮した共分散構造分析により横断的に解析した。得られた結果は、

1. STの平均値(標準偏差値)は男子83.1(13.6)、女子86.2(12.9)で、女子が有意に高かった。
2. 中学1年生の骨密度に影響する身体的要因は男子では身長、女子では体重と初経の有無であった。
3. 生活要因では男子では、「身体を動かすことが好き」、「小学校で運動部に所属」、「運動部の練習を毎日」、「食品の摂取バランスが良い」、「食事時間が楽しみ」というライフスタイルが有意に骨密度の高さと関連していた。女子では骨密度と直接有意な関連を認めるライフスタイルは構築できなかったが、学校以外の運動サークルに所属の者では骨密度が有意に高かった。

文 献

- 1) 徳丸 久. 小児における踵骨超音波法による骨評価の年齢別変動—腰椎骨密度との比較検討— 日本小児科学会雑誌 1997; 101: 1142-1148.
- 2) 金澤秀美, 清野佳紀. 各種疾患患者の栄養アセスメント 12. 骨粗鬆症. 臨床栄養 2001; 99: 651-655.
- 3) 広田孝子, 瀧本朋子, 山西佐智実, 他. 初経年齢, 体格及び運動歴のピークボンマスへの影響. 日本骨代謝学会雑誌 1997; 15: 256.
- 4) 小野智子, 榎本 修. 思春期女子の骨量増加と影響を及ぼす因子. 日本骨代謝学会雑誌 1997; 15: 196.

- 5) 池田順子, 河本直樹, 米山京子, 他. 中学生の10年間における食生活・生活状況の推移. 日本公衛誌 2003; 50: 420-434.
- 6) 文部科学省スポーツ・青少年局, 学校健康教育課. 児童生徒の心の健康と生活習慣に関する調査報告書. 2004年3月.
- 7) 益田裕子, 大澤光枝, 益田栄治, 他. 小児生活習慣病予防健診(第5報)事後指導と10年間の動向. 予防医学ジャーナル 2000; 357: 13-17.
- 8) 秋坂真史, 座光寺秀元, 有泉 誠. 女子高校生のライフスタイルと踵骨骨密度に関する研究. 日衛誌 1997; 52: 481-489.
- 9) 井深英治, 大井田 隆, 三宅健夫, 他. わが国の大学生における踵骨音響的骨評価値と生活習慣との関連性. 日本公衛誌 2004; 51: 764-773.
- 10) 相良多喜子, 西条旨子, 広川 渉, 他. 高校生の骨密度に対する栄養摂取量および生活習慣の関連. 日本公衛誌 2002; 49: 389-397.
- 11) 池田順子, 福田小百合, 村上俊男. 骨量の増大を目指す青年女子を対象に行った食生活指導の介入効果. 栄養学雑誌 2004; 62: 217-226.
- 12) 山本逸雄, 森田陸司. 超音波方式による骨粗鬆症の診断. 病体生理 1995; 14: 444-448.
- 13) 池田順子, 米山京子, 完岡市光. 中学生における食生活, 生活状況の変化と疲労自覚症状との関連. 日本公衛誌 1998; 45: 1099-1114.
- 14) 文部科学省. 平成17年度学校保健統計調査速報. 小児保健研究 2006; 65: 73-75.
- 15) 山崎 薫, 串田一博, 大村亮宏, 他. 超音波骨量測定装置(Achilles)の使用経験—測定精度と有用性の検討—. Therapeutic Research 1992; 13: 585-593.
- 16) 游 逸明, 山本逸雄, 高田政彦, 他. 超音波法を用いた骨量評価法について—踵骨超音波測定装置Achillesの使用経験—. Therapeutic Research 1992; 13: 3899-3907.
- 17) 米山京子, 池田順子. 長期授乳婦の骨密度に及ぼすカルシウム摂取量増大の効果および長期授乳後の骨密度の回復. 日公衛誌 2004; 51: 1008-1017.
- 18) 米山京子, 池田順子. 妊娠中の母体の骨密度変化および骨密度と胎児発育との関係. 日公衛誌 2000; 47: 661-669.
- 19) 松枝睦美, 高橋香代, 加賀 勝, 他. 成長率と生活習慣が骨密度強度に与える影響. 学校保健研究 2001; 42: 486-495.
- 20) Hirota T, Nara M, Ohguri M, et al. Effect of diet and lifestyle on bone mass in Asian young women. A J Clin Nutr 1992; 55: 1168-1173.
- 21) Garn SM. The course of bone gain and the phases of bone loss. Orthop Clin North Am 1972; 3: 503-520.
- 22) 野井真吾, 小沢治夫, 小磯 透, 他. 女子中高生の骨強度の特徴とその要因に関する検討. 体力科学 2000; 49: 513-522.

[Summary]

Bone mineral density (BMD) of the heel were measured by ultrasound bone-densitometer (Achilles 1000 PLUS II), and at the same time the anthropometry (standing height, body weight and menarche) and lifestyle behaviors including food intake were examined in 97 boys and 93 girls (12-13 years) at two junior high schools. Stiffness calculated from the combined value of speed of sound and broadband ultrasound attenuation was used as an index of BMD. The relationship between BMD and lifestyle was analyzed using structural equation modeling. In the analysis, physical factor and lifestyle factor were selected as the structural variables directly related BMD. The results were as follows:

1. Stiffness was significantly positively correlated to the height and weight. Stiffness of girls post-menarche were significantly greater than girls who were not.
2. Lifestyle factor such as consisted of liking physical activity, belonging to a sports club with regular exercise every day at present, belonging to a exercise club in elementary school, balanced diet and taking a meal pleasantly had significant association with Stiffness in boys.
3. In girls, a significant association between lifestyle factors and BMD was not found.

[Key words]

Bone mineral density, Lifestyle, Structural Equation Modeling, Junior high school student, Ultrasound bone densitometry