ケアハウス入居高齢者における 骨代謝と1日歩行数・握力との関連

山田 哲雄^{*1}, 江田 節子^{*1}, 松崎 政三^{*1},
藤本 真美子^{*2}, 藤本 修二^{*2}

^{*1} 関東学院大学人間環境学部健康栄養学科, ^{*2} 社会福祉法人 明石恵泉福祉会

Bone Metabolism, Daily Walking Amount and Grip Strength in Old People

Tetsuo Yamada^{*1}, Setsuko Eda^{*1}, Masami Matsuzaki^{*1},
Mamiko Fujimoto^{*2} and Shuji Fujimoto^{*2}

^{*1} Department of Health and Nutrition, College of Human and
Environmental Studies, Kanto Gakuin University ;

^{*2} Akashi Keisen Fukushima

The relationship between bone metabolism, physical activity level and muscle strength was investigated in 27 men and 68 women with a mean age of 80 years. After the daily nutritional intake and walking amount had been recorded for one week, fasting blood and second urine samples were collected early in the morning, and the body height, weight, fat percentage and grip strength were measured. In addition, the index of bone mineral density was evaluated by quantitative ultrasound to determine the speed of sound (SOS) in the right calcaneus. The following blood and urinary markers of bone turnover were measured : serum bone-specific alkaline phosphatase (BAP) and osteocalcin (OC) for bone formation, and urinary crosslinked N-telopeptides of type I collagen (NTx) and deoxypyridinoline (DPD) for bone resorption. The SOS level was significantly lower, while the OC, NTx and DPD levels were significantly higher in the women than in the men, suggesting a higher bone turnover in the women. Significant negative correlations were observed in the women between the grip strength and both the NTx and DPD levels. Furthermore, the NTx level was significantly higher in the low-grip-strength group (25 percentile low-ranking) than in the 25 percentile high-ranking group, while the lean body mass and daily walking amount were significantly lower in the medium- and low-grip-strength groups. These results demonstrate that maintaining muscle strength may suppress the increased bone resorption in older women.

Jpn. J. Nutr. Diet., 62 (3) 145～151 (2004)

Key words : exercise, muscle strength, bone density, bone formation, bone resorption

緒 言

加齢に伴う骨塩量低下, 骨粗鬆症ひいては骨折により引き起こされる寝たきりの問題に対しては, 1次予防の観点から栄養と運動の役割が期待されている。健康の保持・増進のための運動については, 呼吸・循環系の機能を動員する全身持久的運動が, 循環器系疾患や代謝性疾患に対する有効な方策として従来より推奨されている。さらに近年では, 筋肉量の維持や骨代謝に対する軽レジスタンス (抵抗) 運動の有効性が示されている¹⁾。

骨代謝の指標としては骨密度とともに骨代謝マーカー

が用いられているが, 骨密度自体の変動速度が遅いことから, 骨代謝マーカーによって治療薬剤選択の指針決定, 薬物療法の効果判定, 将来の骨密度変化の予測などが行われている^{2～5)}。骨代謝と運動との関連もまた, 骨密度や骨代謝マーカーを指標としてこれまで数多く検討されている。すなわち, 極度の運動不足の際には, 骨吸収が骨形成を上回ることによって骨密度が低下することがヒトとラットでともに認められている^{6～10)}。一方, 運動トレーニングは骨密度を増加させるとする報告が多いが, 過度の運動は逆に骨密度を低下させるとする報告や

キーワード: 運動, 筋力, 骨密度, 骨形成, 骨吸収

(連絡先: 山田哲雄 〒236-8503 横浜市金沢区六浦東1-50-1 関東学院大学人間環境学部健康栄養学科 電話 045-786-7221 (ダイヤルイン) FAX 045-786-7037 (庶務課) E-mail tyamada@kanto-gakuin.ac.jp)

運動の様式(種目)や強度によってはその効果は小さいとする報告もみられる¹¹⁻¹³⁾。そして、検討対象は若年者やスポーツ選手から高齢者まで広範囲にわたっているが、75歳以上の後期高齢者や超高齢者を対象に、骨代謝マーカーをも指標として検討した報告は少ない^{14, 15)}。

今回、高齢者の骨代謝に及ぼす身体活動要因の影響を明らかにすることを目的として、ケアハウス入居高齢者(平均年齢80歳)における骨密度、骨代謝マーカーレベルと身体活動状況、筋力との関連について検討した。

方 法

1. 対象

兵庫県明石市のケアハウス入居者男性27名、女性68名の合計95名を対象とした。本研究は、ケアハウス内の倫理委員会に準じる会議で承認され、入居者のQOL向上のための施策の一環として実施された。また、本研究の実施にあたっては、その趣旨と内容について十分に説明した後に同意書を対象者から回収し、ヘルシンキ宣言(1964年承認, 2000年修正)の精神を遵守した。

2. 調査と試料採取、測定の手順

食物摂取状況および身体活動状況(歩行数)の調査を1週間行った後、早朝・空腹時の血液および第2尿を採取し、身長、体重、体脂肪率、握力、踵骨骨密度を測定した。

(1) 食物摂取状況および身体活動状況(歩行数)の調査

五訂日本食品成分表¹⁶⁾に基づく献立作成から食事の提供、摂食状況の調査には、ケアハウス常駐の管理栄養士があたった。調査期間中の献立における1日当たりのエネルギーおよび各栄養素量の平均値は、エネルギー: 1,526kcal, タンパク質: 63.3g, カルシウム: 554mg, リン: 919mgであった。

摂食状況については、個別に朝・昼・夕食の残食量を実測して毎食の提供量に対する摂食率を算出し、献立上のエネルギーに摂食率を乗じることにより1日当たりのエネルギー摂取量推定値を求めた。また、生活活動調査結果から算出されたエネルギー所要量に対するエネルギー摂取量推定値の比率を算出し、各人の摂取エネルギー充足率を求めた。

身体活動状況は、カロリーカウンターSelect2(スズケン)により1日当たりの歩行数を測定した。

(2) 血液および尿の採取と測定項目

血液については早朝の空腹時に採取し、骨形成マーカーとして血清骨型アルカリ性ホスファターゼ(bone-specific alkaline phosphatase: BAP)をEIA法(オステオリンクス「BAP」: 住友製薬), オステオカルシン(osteocalcin: OC)をIRMA法(IRMA「ミツビシ」:

三菱化学)により測定した。

尿については早朝第2尿を採取し、骨吸収マーカーとして尿中I型コラーゲン架橋N末端テロペプチド(crosslinked N-telopeptides of type I collagen: NTx)をELISA法(オステオマーク: 持田製薬), デオキシピリジノリン(deoxypyridinoline: DPD)をEIA法(オステオリンクス「DPD」: 住友製薬)により測定した。

(3) 身長、体重、体脂肪率、握力、踵骨骨密度の測定

身長は身長計YAGAMI YG-2000(ヤガミ), 体重と体脂肪率は体脂肪計TBF-401(タニタ), 握力は握力計グリップD(竹井機器工業)を用いて各々測定した。踵骨骨密度については超音波骨密度測定装置CM100(古野電気)を用い、右踵骨部の超音波伝播速度(Speed of Sound: SOS)を測定した。

3. 統計処理

統計処理にあたってはSPSS10.0 for Windowsを使用し、測定項目間の単相関についてはPearsonの相関および年齢を制御変数とする偏相関を求め、骨密度/骨代謝マーカーを従属変数とする重回帰分析については、ステップワイズ法を用いた。

男女間の測定値の比較は、異群間の t 検定を行った。女性を3群に分けた際の測定値の比較にあたっては、年齢差の要因を除外するため、測定値を従属変数とし、年齢を独立変数とする単回帰分析をまず実施した。次いで、得られた各測定値の残差を用い、一元配置の分散分析を行った後にSheffeの方法による多重比較を実施した。

なお、各々の検定における有意水準は5%未満とした。

結 果

1. 身体状況、エネルギー摂取状況、骨密度、骨代謝マーカーレベルおよび歩行数・握力の男女間比較(表1)

身長、体重、除脂肪体重は男性で、体脂肪率は女性で各々有意に高値を示した。表中には示さなかったが、提供された食事の摂食率は男性で平均約87%, 女性で平均約81%であった。その結果、生活活動調査結果から算出されたエネルギー所要量に対する摂取エネルギー充足率の平均値は、男性で約90%, 女性ではほぼ100%となった。

骨代謝に関しては、男性に比べ女性でSOSが有意に低値を、OC, NTx, DPDが各々有意に高値を示した。

2. 骨密度、骨代謝マーカーレベルと歩行数、握力、年齢間の相関(表2, 3)

女性では、年齢を考慮しない場合の単相関では骨密度とNTx, DPDの間に有意な負の相関が、骨代謝マーカー4項目間には各々有意な正の相関が認められた。また、

表1 身体状況，エネルギー摂取状況，骨密度，骨代謝マーカーレベルおよび歩行数・握力の男女間比較

		男性	女性	
例数		27	68	—
年齢	(歳)	79.6 ± 1.5	80.7 ± 0.8	ns
身長	(cm)	158.1 ± 1.3	145.2 ± 0.7	$p < 0.05$
体重	(kg)	55.4 ± 1.8	46.6 ± 0.9	$p < 0.05$
Body Mass Index	(kg/m ²)	22.1 ± 0.6	22.1 ± 0.4	ns
体脂肪率	(%)	19.7 ± 1.2	26.7 ± 0.9	$p < 0.05$
体脂肪量	(kg)	11.3 ± 1.1	12.9 ± 0.6	ns
除脂肪体重	(kg)	44.1 ± 0.9	33.8 ± 0.4	$p < 0.05$
エネルギー所要量	(kcal/日)	1,458 ± 32	1,218 ± 19	$p < 0.05$
摂取エネルギー充足率	(%)	89.8 ± 3.9	102.0 ± 2.1	$p < 0.05$
骨密度 (SOS)	(m/sec)	1,488.1 ± 4.2	1,474.1 ± 2.5	$p < 0.05$
骨代謝マーカー*				
BAP	(U/l)	27.4 ± 2.3	33.7 ± 2.3	ns
OC	(ng/ml)	4.0 ± 0.5	6.8 ± 0.4	$p < 0.05$
NTx	(nM BCE/mM Cr)	57.4 ± 7.2	87.1 ± 5.1	$p < 0.05$
DPD	(nM/mM Cr)	5.7 ± 0.3	8.2 ± 0.3	$p < 0.05$
歩行数	(歩/日)	5,170 ± 863	4,128 ± 359	ns
握力	(kg)	24.7 ± 1.3	16.8 ± 0.6	$p < 0.05$

平均値 ± 標準誤差，*略号は本文参照，ns：not significant

表2 骨密度，骨代謝マーカーレベル，歩行数，握力，年齢間の相関係数

	骨密度	BAP	OC	NTx	DPD	歩行数	握力	年齢
男性 (n = 27)								
骨密度	—	- 0.418 *	- 0.259	- 0.251	- 0.395 *	0.009	0.294	- 0.089
BAP		—	0.399 *	0.620 *	0.425 *	- 0.169	0.145	- 0.067
OC			—	0.228	0.063	- 0.097	0.174	0.039
NTx				—	0.620 *	- 0.137	0.008	- 0.093
DPD					—	- 0.207	- 0.186	0.215
歩行数						—	0.126	- 0.313
握力							—	- 0.354
年齢								—
女性 (n = 68)								
骨密度	—	- 0.154	- 0.119	- 0.259 *	- 0.277 *	0.160	0.150	- 0.181
BAP		—	0.254 *	0.700 *	0.561 *	- 0.028	- 0.218	0.062
OC			—	0.381 *	0.367 *	- 0.033	- 0.047	- 0.088
NTx				—	0.597 *	- 0.132	- 0.238	- 0.044
DPD					—	- 0.117	- 0.267 *	- 0.055
歩行数						—	0.484 *	- 0.330 *
握力							—	- 0.406 *
年齢								—

* $p < 0.05$

握力とDPDとの間に有意な負の相関がみられたが，歩
行数と握力はともに年齢との間に有意な負の相関を示し
た（表2）。年齢を制御変数とした場合には，握力と
DPDに加えNTxとの間にも有意な負の相関が認められ
た（表3）。一方，男性では骨密度/骨代謝マーカーレベ

ル～歩行数/握力間に有意な単相関は認められなかった。

また，骨密度/骨代謝マーカーを従属変数とし，歩
行数・握力・年齢を独立変数とする重回帰分析をステップ
ワイズ法により実施したところ，女性ではDPDを従属
変数とした場合に握力（ $p = 0.028$ ）が有意な独立変数と

表3 年齢を制御変数とした際の骨密度, 骨代謝マーカーレベル, 歩行数, 握力間の偏相関係数

	骨密度	BAP	OC	NTx	DPD	歩行数	握力
男性 (n = 27)							
骨密度	—	- 0.427 *	- 0.257	- 0.261	- 0.387	- 0.020	0.281
BAP		—	0.403 *	0.618 *	0.451 *	- 0.200	0.130
OC			—	0.233	0.056	- 0.089	0.201
NTx				—	0.658 *	- 0.175	- 0.027
DPD					—	- 0.150	- 0.120
歩行数						—	0.017
握力							—
女性 (n = 68)							
骨密度	—	- 0.146	- 0.137	- 0.272 *	- 0.292 *	0.108	0.085
BAP		—	0.261 *	0.705 *	0.566 *	- 0.008	- 0.211
OC			—	0.379 *	0.364 *	- 0.066	- 0.091
NTx				—	0.597 *	- 0.156	- 0.281 *
DPD					—	- 0.144	- 0.317 *
歩行数						—	0.406 *
握力							—

* $p < 0.05$

表4 歩行数, 握力, 歩行数・握力Z点平均値を上位25%, 下位25%で群分けした際の骨密度・骨代謝マーカーレベルの比較 (女性)

		歩行数		
		上位25%群 (n = 17)	中間群 (n = 34)	下位25%群 (n = 17)
		8,256 ± 602 歩	3,546 ± 172 歩	1,166 ± 144 歩
年齢	(歳)	77.1 ± 1.4	82.1 ± 1.0 *	81.4 ± 1.5
骨密度	(m/sec)	1,476.7 ± 4.4	1,474.9 ± 3.6	1,469.9 ± 5.2
BAP	(U/l)	35.4 ± 5.9	31.8 ± 1.8	35.6 ± 6.4
OC	(ng/ml)	6.2 ± 0.6	7.1 ± 0.6	6.8 ± 0.7
NTx	(nM BCE/mM Cr)	82.2 ± 10.0	84.4 ± 6.2	97.6 ± 12.7
DPD	(nM/mM Cr)	7.7 ± 0.6	8.4 ± 0.5	8.2 ± 0.7
		握力		
		上位25%群 (n = 17)	中間群 (n = 34)	下位25%群 (n = 17)
		23.1 ± 0.6kg	16.7 ± 0.3kg	10.6 ± 0.7kg
年齢	(歳)	77.1 ± 1.2	81.2 ± 1.1	83.2 ± 1.2 *
骨密度	(m/sec)	1,479.7 ± 4.5	1,474.4 ± 3.5	1,467.8 ± 5.3
BAP	(U/l)	30.5 ± 2.2	32.6 ± 2.2	38.9 ± 7.8
OC	(ng/ml)	5.9 ± 0.5	7.0 ± 0.7	7.3 ± 0.7
NTx	(nM BCE/mM Cr)	68.3 ± 7.4	89.4 ± 7.5	101.4 ± 10.5 *
DPD	(nM/mM Cr)	7.3 ± 0.6	8.2 ± 0.5	8.9 ± 0.7
		歩行数・握力Z点平均値		
		上位25%群 (n = 17)	中間群 (n = 34)	下位25%群 (n = 17)
		61.9 ± 1.2 点	49.0 ± 0.5 点	40.2 ± 0.9 点
年齢	(歳)	76.5 ± 1.4	82.5 ± 1.0 *	81.2 ± 1.4
骨密度	(m/sec)	1,478.7 ± 4.3	1,474.5 ± 3.5	1,468.6 ± 5.5
BAP	(U/l)	29.5 ± 2.1	35.7 ± 3.4	33.7 ± 6.0
OC	(ng/ml)	6.8 ± 1.1	7.0 ± 0.5	6.4 ± 0.8
NTx	(nM BCE/mM Cr)	70.5 ± 7.4	91.9 ± 7.5	94.4 ± 10.9
DPD	(nM/mM Cr)	7.2 ± 0.5	8.6 ± 0.5	8.3 ± 0.7

平均値 ± 標準誤差, * $p < 0.05$ (上位25%群との比較)

表5 握力上位25%群, 中間群, 下位25%群における体組成, エネルギー摂取状況, 歩行数の比較 (女性)

	上位25%群 (n = 17) 23.1 ± 0.6kg	中間群 (n = 34) 16.7 ± 0.3kg	下位25%群 (n = 17) 10.6 ± 0.7kg
体重 (kg)	50.2 ± 1.4	45.4 ± 1.4	45.5 ± 1.7
Body Mass Index	22.5 ± 0.7	21.8 ± 0.7	22.4 ± 0.7
体脂肪率 (%)	27.7 ± 1.2	26.3 ± 1.4	26.3 ± 1.7
体脂肪量 (kg)	14.1 ± 0.9	12.5 ± 1.0	12.3 ± 1.1
除脂肪体重 (kg)	36.1 ± 0.7	32.9 ± 0.6 *	33.2 ± 0.8
エネルギー所要量 (kcal)	1,337 ± 37	1,193 ± 24 *	1,152 ± 36 *
エネルギー摂取量 (kcal)	1,319 ± 42	1,206 ± 29	1,189 ± 56
摂取エネルギー充足率 (%)	99.8 ± 4.0	102.2 ± 3.0	104.0 ± 4.6
歩行数 (歩/日)	6,479 ± 619	3,599 ± 489 *	2,835 ± 554 *

平均値 ± 標準誤差, * $p < 0.05$ (上位25%群との比較)

なったが, 男性では骨密度/骨代謝マーカーに対する有意な独立変数は見出せなかった。性別をダミー変数とする男女合計の分析では, 骨密度を従属変数とした場合には握力 ($p = 0.001$) が, DPDを従属変数とした場合には性別 ($p = 0.018$) と握力 ($p = 0.024$) が有意な独立変数となった。

3. 女性における骨密度, 骨代謝マーカーレベルの, 歩行数/握力上位~下位群間の比較 (表4, 5)

歩行数, 握力, 歩行数と握力のZ点の平均値を, 各々上位25%, 中間の25~75%, 下位25%にグルーピングし, 骨密度, 骨代謝マーカーレベルの比較検討を行った。その結果, NTxが握力上位25%群に比べ下位25%群で有意に高値を示した (表4)。

次いで, 握力でグルーピングした際の体組成, エネルギー摂取状況および歩行数について検討したところ, 握力上位25%群に比べ除脂肪体重が中間群で, エネルギー所要量と歩行数が中間群および下位25%群で各々有意に低値を示した (表5)。

考 察

骨塩量測定法の主流は2重X線吸収測定法 (Dual energy X-ray absorptiometry : DXA) であるが, その一方でDXAとの相関が高い簡便なスクリーニング法としての超音波法がしばしば用いられており, 超音波骨密度測定装置が数社によって開発されている^{17~19)}。しかしながら, 骨密度を動的指標として用いるためには少なくとも半年を必要とすることから, 比較的短期間の骨代謝動態を把握するために骨代謝マーカーが広く用いられている^{3, 20)}。

本研究対象者の基礎的資料を得ることを目的として, 骨代謝指標の性差について検討したところ, 右踵骨部の超音波伝播速度が男性に比べ女性で有意に低値を示した。1,207名を対象としたDXAとCM100との比較検討

では, CM100で測定された1,487m/秒が腰椎DXAによるカットオフ値の72%に相当することが認められている²¹⁾。そこで, 1,487m/秒に満たない者の比率を算出したところ, 男性48%に対し女性では78%に上った。また, 骨形成マーカーのOC, 骨吸収マーカーのNTxとDPDが男性に比べ女性で有意に高値を示したことから, 女性における高い骨代謝回転がうかがわれる。

骨密度, 骨代謝マーカーレベルと歩行数, 握力との間には, 女性では握力とDPDおよびNTxとの間に有意な負の相関が認められたが, 男性では有意な相関は認められなかった。そこで, 女性についてさらに検討を進めたところ, 各群の年齢差の要因を除外した場合に, NTxが握力上位25%群に比べ下位25%群で有意に高値を示した。骨塩量が増加する際には, 骨形成が骨吸収を上回ることになるが, 運動トレーニングによる変動パターンについては, 骨吸収昂進後に骨形成が昂進するという報告^{9, 22)}がある一方で, それとは異なる変動も観察されている^{23~27)}。本研究で握力との間に有意な負の相関がみられたDPDについては, 1日90分の運動プログラムで週1回の運動を3年間続けた平均63歳の女性で有意に低下したとする報告²⁸⁾がある。また, 握力の上位・下位群間で有意差がみられたNTxは, 比較的短期間で薬物療法の効果を反映する^{2, 5)}が, 1日8,000歩以上で週4日以上運動療法によって開始1ヵ月後に有意に低下したことが報告されている²⁹⁾。筋力と骨密度との間の正の相関や, 筋力運動によって筋に隣接する骨の密度が増加することも認められている¹³⁾。

NTxとDPDの評価にあたっては, 筋肉量が尿中クレアチニン排泄量と比例することを考慮しなければならないが, これらの先行研究結果を考え合わせると, 本研究における骨代謝マーカーの成績は, 筋力の維持が後期高齢以降の女性においてもその骨吸収増大を抑制し得る可能性を示すものと考えられる。

体組成, エネルギー摂取状況および歩行数に関しては, 握力上位群で除脂肪体重, エネルギー所要量, 歩行数が大である結果が得られた。神経性食欲不振の若年女性の場合でも, 体重が骨密度に比例することが報告されており³⁰⁾, 筋肉量の変動に起因する体重の減少は骨代謝にとって好ましい状況ではないと考えられる。運動による筋肉の発達や食欲増進に伴う体重の増加が重力負荷を増加させることにつながる³¹⁾ことや今回の歩行数の結果を考え合わせると, 生活活動レベルを低下させないことの重要性があらためて示唆される。

運動の骨形成効果は運動のタイプや強度に依存し^{11, 32)}, 荷重負荷がかかる部位で効果が大きく^{23, 32~34)}, 歩行をはじめとする持続的運動の効果は小さいとする見解²⁵⁾もある。しかし一方で, 高い荷重負荷のかかる運動は, 特に高齢者において骨関節症の危険を増大させることになる。歩行や軽い筋力運動のような低荷重負荷の運動は, 骨密度への効果が相対的に小さいとしても, 筋力, バランスや安定性を維持・発達させることになり, このことは最終的に転倒の防止につながるものとなる¹¹⁾。

本研究で得られた知見は, 骨代謝に対する筋力(筋肉量)や日常生活活動の重要性を示唆するものである。次の課題は, 筋力や生活活動レベルが増大した際に, 後期高齢者や超高齢者で実際に骨代謝が改善されるというエビデンスを得ることであるが, 平均年齢80歳を考慮した上での慎重な対応が必要であると考えられる。

ま と め

高齢者の骨代謝に及ぼす身体活動要因の影響を明らかにすることを目的として, ケアハウス入居高齢男性27名, 女性68名の合計95名(平均年齢80歳)を対象に, 食物摂取状況・身体活動状況(歩行数)調査を1週間行った後, 早朝の空腹時血液と第2尿を採取し, 身長, 体重, 体脂肪率, 握力, 右踵骨部の超音波伝播速度(speed of sound: SOS)を測定した。そして骨形成マーカーとして血清骨型アルカリ性ホスファターゼ(BAP), オステオカルシン(OC)を, 骨吸収マーカーとして尿中I型コラーゲン架橋N末端テロペプチド(NTx), デオキシピリジノリン(DPD)を測定し, これらの指標をもとに骨代謝について検討した。主な結果は, 以下のとおりであった。

1) 男女間の比較では, 男性に比べ女性では骨密度に関係するSOSが有意に低値を示し, 一方, 骨代謝マーカーのOC, NTx, DPDは各々有意に高値を示した。

2) 女性について1日歩行数, 握力~骨密度, 骨代謝マーカー間の偏相関(制御変数: 年齢)を検討したところ, 握力~NTx, DPD間で各々有意な負の相関がみられた。

3) 女性を1日歩行数, 握力, 歩行数・握力のZ点平均値によって各々上位25%群, 中間群, 下位25%群の3群に分けて比較検討したところ, 握力上位25%群に比べ下位25%群ではNTxが有意に高値を示し, また, 除脂肪体重が中間群で, エネルギー所要量と1日歩行数が中間群および下位25%群で各々有意に低値を示した。

これらの結果は, 筋力(筋肉量)の維持が後期高齢以降の女性においてもその骨吸収増大を抑制し得る可能性を示すものと考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたり, 調査・測定にご協力いただいた社会福祉法人明石恵泉福祉会の入居者ならびにスタッフの方々, 統計処理方法についてご教示いただいた鶴見大学歯学部数学研究室の石村貞夫先生に対し, 深く感謝いたします。

(本研究は, 平成14年度日本栄養士会研究費の補助を受けて行われた。また, 本研究の一部は第49回日本栄養改善学会学術総会(沖縄)で発表された。)

文 献

- 1) 健康・栄養情報研究会編: 第六次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準—, pp.44-45 (1999) 第一出版, 東京
- 2) 西沢良記, 五来逸雄, 中村利孝: 骨代謝マーカーで何ができるか, *Osteoporosis Japan*, 8, 155-170 (2000)
- 3) 向井直樹, 宮永 豊: 骨代謝マーカー, 臨床スポーツ医学, 17, 1167-1171 (2000)
- 4) 稲葉雅章: 副甲状腺疾患・カルシウム代謝異常 II. 病態および治療 3. その他 2) 骨粗鬆症, 日内会誌, 88, 1258-1264 (1999)
- 5) 馬場正博: 骨吸収マーカーNTxの基礎と骨粗鬆症における臨床的有用性, 生体試料分析, 22, 121-128 (1999)
- 6) Loomer, P. M.: The impact of microgravity on bone metabolism *in vitro* and *in vivo*, *Crit. Rev. Oral Biol. Med.*, 12, 252-261 (2001)
- 7) Takata, S. and Yasui, N.: Disuse osteoporosis, *J. Med. Invest.*, 48, 147-156 (2001)
- 8) Zerwekh, J. E., Ruml, L. A., Gottschalk, F. and Pak, C. Y.: The effects of twelve weeks of bed rest on bone histology, biochemical markers of bone turnover, and calcium homeostasis in eleven normal subjects, *J. Bone Miner. Res.*, 13, 1594-1601 (1998)
- 9) Yeh, J. K., Liu, C. C. and Aloia, J. F.: Effects of exercise and immobilization on bone formation and

resorption in young rats, *Am. J. Physiol.*, **264**, E182-E189 (1993)

10) Yeh, J. K. and Aloia, J. F. : Deconditioning increases bone resorption and decreases bone formation in the rat, *Metabolism*, **39**, 659-663 (1990)

11) Sato, M., Grese, T. A., Dodge, J. A., Bryant, H. U. and Turner, C. H. : Emerging therapies for the prevention or treatment of postmenopausal osteoporosis, *J. Med. Chem.*, **42**, 1-24 (1999)

12) Gutin, B. and Kasper, M. J. : Can vigorous exercise play a role in osteoporosis prevention? A review, *Osteoporosis Int.*, **2**, 55-69 (1992)

13) Sinaki, M. : Exercise and osteoporosis, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, **70**, 220-229 (1989)

14) 萩野 浩 : 骨におけるメカニカルストレスの作用機構と運動療法の意義, 現代医療, **30**, 3029-3034 (1998)

15) 田畑 泉 : 中高年女性の骨塩量維持のための運動処方について, 臨床スポーツ医学, **15**, 747-750 (1998)

16) 食品成分研究調査会編 : 五訂日本食品成分表 (2001) 医歯薬出版, 東京

17) 楊 鴻生, 岸本英彰 : 新しい超音波骨密度測定装置 (CM-100) の臨床的有用性の検討, *Osteoporosis Japan*, **5**, 813-822 (1997)

18) 森井浩世編 : 骨・カルシウム検査ハンドブック, pp.117-140 (1996) 中山書店, 東京

19) 山崎 薫 : 超音波骨量測定機器の互換性に関する検討, *Osteoporosis Japan*, **9**, 509-511 (2001)

20) 西沢良記編 : 骨代謝マーカー, pp.16-27 (2001) 医薬ジャーナル社, 東京

21) Yoh, K., Ohta, H., Kishimoto, H., Gorai, I., Hashimoto, J., Nakatsuka, Y., Yoshimoto, S. and Makita, K. : Cut-off value determined for osteoporosis in Japanese women by using quantitative ultrasound, *J. Bone Miner Res.*, **17** (Suppl. 1), SU26 (2002)

22) 今井弘子 : 荷重・運動と骨代謝マーカー, *Clin. Calcium*, **6**, 435-437 (1996)

23) Brooke-Wavell, K., Jones, P. R. M., Hardman, A. E., Tsuritani, I. and Yamada, Y. : Commencing, continuing and stopping brisk walking : effects on bone mineral density, quantitative ultrasound of bone and markers of bone metabolism in postmenopausal women, *Osteoporosis Int.*, **12**, 581-587 (2001)

24) Woitge, H. W., Friedmann, B., Suttner, S., Farahmand, I., Muller, M., Schmidt-Gayk, H., Baertsch, P., Ziegler, R. and Seibel, M. J. : Changes in bone

turnover induced by aerobic and anaerobic exercise in young males, *J. Bone Miner. Res.*, **13**, 1797-1804 (1998)

25) Dalsky, G. P. : Effect of exercise on bone : permissive influence of estrogen and calcium, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **22**, 281-285 (1990)

26) Fujimura, R., Ashizawa, N., Watanabe, M., Mukai, N., Amagai, H., Fukubayashi, T., Hayashi, K., Tokuyama, K. and Suzuki, M. : Effect of resistance exercise training on bone formation and resorption in young male subjects assessed by biomarkers of bone metabolism, *J. Bone Miner. Res.*, **12**, 656-662 (1997)

27) Eliakim, A., Raisz, L. G., Brasel, J. A. and Cooper, D. M. : Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males, *J. Bone Miner. Res.*, **12**, 1708-1713 (1997)

28) 中瀬義弘, 高折和男, 滝瀬定文, 岡本 崇, 大川得太郎 : 閉経後の運動が骨量に与える影響について, スポーツ整復療法学研究, **3**, 41-48 (2001)

29) 山崎 智, 市村正一, 竹田 毅, 岩本 潤, 戸山芳昭 : 閉経後女性に対する運動が骨代謝動態に及ぼす影響についての研究, *Osteoporosis Japan*, **7**, 567-570 (1999)

30) Gordon, C. M., Goodman, E., Emans, S. J., Grace, E., Becker, K. A., Rosen, C. J., Gundberg, C. M. and Leboff, M. S. : Physiologic regulators of bone turnover in young women with anorexia nervosa, *J. Pediatr.*, **141**, 64-70 (2002)

31) 藤田拓男 : 骨粗鬆症の予防法, 日本臨床, **48**, 2936-2941 (1990)

32) Bennell, K. L., Malcolm, S. A., Khan, K. M., Thomas, S. A., Reid, S. J., Brukner, P. D., Ebeling, P. R. and Wark, J. D. : Bone mass and bone turnover in power athletes, endurance athletes, and controls : A 12-month longitudinal study, *Bone*, **20**, 477-484 (1997)

33) Brahm, H., Strom, H., Piehl-Aulin, K., Mallmin, H. and Ljunghall, S. : Bone metabolism in endurance trained athletes : a comparison to population-based controls based on DXA, SXA, quantitative ultrasound, and biochemical markers, *Calcif. Tissue Int.*, **61**, 448-454 (1997)

34) 山崎 薫 : 骨密度測定の方法—測定部位による相違, 部位の選択—, 臨床スポーツ医学, **15**, 709-712 (1998)

(受付 : 平成15年7月2日, 受理 : 平成15年10月18日)