

# 踵骨超音波骨密度と Body Mass Indexとの関連について

The Relationship between Body Mass Index and Bone Mineral Density

宮 元 章 次

In order to investigate the relationship between body mass index (BMI) and stiffness index, a cross-sectional study was performed using data from Miyazaki Prefectural Health Promotion Center. The subjects of the study were 770 females (100 aged 30-39, 248 aged 40-49 and 422 aged 50-59) who received examinations for osteoporosis between January, 1997 and March 1999. The data of four patients aged 40-49 and eighteen aged 50-59 whose height had decreased more than 2 cm from the age of twenty were excluded from the study along with the data of three patients who had conditions affecting bone metabolism. The data were divided by BMI into the following groups: under 18 kg/m<sup>2</sup>, 18 kg/m<sup>2</sup>, 19 kg/m<sup>2</sup>, 20 kg/m<sup>2</sup>, 21 kg/m<sup>2</sup>, 22 kg/m<sup>2</sup>, 23 kg/m<sup>2</sup>, 24 kg/m<sup>2</sup>, and over 25 kg/m<sup>2</sup>. Within each BMI group, the percentage incidence of bone fracture of each age group was calculated. The average values of stiffness index and standard deviations were also calculated in the same manner. The following results were obtained. The respected average BMI values of the 30-39, 40-49, 50-59 age groups of  $21.5 \pm 3.3$  kg/m<sup>2</sup>,  $22.4 \pm 3.0$  kg/m<sup>2</sup>,  $22.8 \pm 2.8$  kg/m<sup>2</sup> showed an increase of BMI with age. The incidence of bone fracture was found to be 8.3%, 6.9% and 8.3% for the 30-39, 40-49 and 50-59 age groups respectively. The relatively high incidence of bone fracture of the BMI under 18 kg/m<sup>2</sup>, 30-39 age group (40%) and 50-59 age group (33.3%) and the low incidence of the BMI groups of 24 kg/m<sup>2</sup> and over 25 kg/m<sup>2</sup> among the same age groups suggested a trend. For all BMI groups above 18 kg/m<sup>2</sup>, a significant degree in stiffness index occurred between the 40-49 and 50-59 age groups, but the BMI under 18 kg/m<sup>2</sup> group showed a significant decrease among all three age groups ( $80.4 \pm 10.3$ ,  $68.2 \pm 10.1$ ,  $63.4 \pm 9.9$  respectively). Therefore it was concluded that the threshold value at which BMI influences bone fracture is 18 kg/m<sup>2</sup>.

Key words: stiffness index, body mass index, osteoporosis

## 目 次

- I 目的
- II 方法
- III 結果
- IV 考察
- V まとめ

## I 目的

骨粗鬆症の検診においては骨密度が減少した骨粗鬆症患者を発見して骨折なしで過ごせるようにすることが主流であったが、骨密度が急激に低下が生じている者を発見して生活習慣を変容させる取り組みが注目されている<sup>17)</sup>。

Cummings et al.<sup>1)</sup>は、骨粗鬆症の危険因子として25歳時の身長が高いことをとりあげているが、25歳以降の体重増加は予防的因子であることを報告している。European vertebral osteoporosis study (EVOS)<sup>7)</sup>によると骨粗鬆症による骨折の発生率は身長と体重から算出されるbody mass index (BMI) が関連していることを報告している。一方、Hemenway et al.<sup>6)</sup>によると腰椎骨折とBMIとは関連がみられず、腰椎骨折と身長とが関連していることを報告している。体格指数と骨粗鬆症による骨折との関連に関する結果の矛盾は、高齢期における身長の萎縮がBMIに大きな影響を及ぼしていることが推察されている<sup>14)</sup>。

しかしながら、加齢に伴う機能の萎縮の程度から身長の萎縮を推察して、閉経前後の女性を対象とした場合には身長的大幅補正をしないでBMIと骨折との関連を調査することが可能である<sup>4)</sup>。また、痩身女性においては閉経以後に骨密度の顕著な減少が報告されていて<sup>3,11)</sup>、閉経後6年以内の骨密度の減少は約20%と見積もられている<sup>15)</sup>。さらに、体骨塩率がBMIと中等度の負の相関を示すことから<sup>13)</sup>、BMIを用いて骨折の危険閾値を調べることは骨粗鬆症検診の内容を高める上で重要である。

そこで、本研究では閉経前後の女性を対象として、BMIによる骨粗鬆症の診断基準について調査研究を行なうことを目的とした。

## II 方法

### 1. 対象者

宮崎県健康づくり推進センターにおいて、1997年1月から1999年3月までの間に骨粗鬆症検診を受診した30歳代、40歳代、および50歳代の年代を対象とした。対象者は30歳代100人、40歳代248人、および50歳代422人の合わせて770人の女性であった。BMIについてはBMI 18kg/m<sup>2</sup>以下、18 kg/m<sup>2</sup>、19 kg/m<sup>2</sup>、20 kg/m<sup>2</sup>、21 kg/m<sup>2</sup>、22 kg/m<sup>2</sup>、23 kg/m<sup>2</sup>、24 kg/m<sup>2</sup>、25 kg/m<sup>2</sup>以上に分類した。身長が20歳代に比較して2 cm以上低くなった者(40歳代4人、および50歳代18人)については除外した。さらに、対象者のうち骨代謝に影響を及ぼす疾患(甲状腺疾患、婦人科系疾患)を有する者3人を除外した。

### 2. 調査項目

測定項目は、身長(m)、体重(kg)、BMI(kg/m<sup>2</sup>)、及び踵骨超音波骨密度(骨密度)であった。アンケート調査については自記式により年齢、既往歴、及び骨折した経験があるかどうかについて実施した。

### 3. 骨密度測定方法

骨密度は超音波骨密度測定装置 (Lunar社制Achilles) を用い、宮崎県健康づくり推進センターにおいて算出した。測定した超音波減衰係数 (broadband ultrasound attenuation: BUA) ・超音波伝播速度 (speed of sound: SOS) から得られるstiffness index (stiffness;  $0.67\text{BUA} + 0.28\text{SOS} - 420$ ) を骨密度の指標とした<sup>12)</sup>。装置の精度はCV値2%以下であった。

### 4. 解析方法

年齢、身長、体重、及びBMIについては年代別に平均値と標準偏差を求めた。骨折の経験の頻度は、BMIと年代とのクロス集計で算出した。stiffnessの平均値と標準偏差はBMIと年代とのクロス集計で算出した。年代間の差の有意性は t 検定 ( $P < 0.05$ ) で検討した。

## III 結果

表1は年齢、身長、体重、及びBMIの平均値と標準偏差を年代別に示したものである。身長は30歳代  $1.565 \pm 0.063\text{m}$ 、40歳代  $1.552 \pm 0.048\text{m}$ 、50歳代  $1.530 \pm 0.051\text{m}$ の順に低く、体重は30歳代  $52.8 \pm 8.9\text{kg}$ 、40歳代  $54.0 \pm 7.7\text{kg}$ 、50歳代  $53.4 \pm 7.1\text{kg}$ を示した。BMIは30歳代  $21.5 \pm 3.3 \text{kg/m}^2$ 、40歳代  $22.4 \pm 3.0 \text{kg/m}^2$ 、50歳代  $22.8 \pm 2.8 \text{kg/m}^2$ の順に高い値を示した。

Table 1. Physical characteristics of the subjects

	Age		
	30 - 39	40 - 49	50 - 59
	Mean $\pm$ SD (n=100)	Mean $\pm$ SD (n=248)	Mean $\pm$ SD (n=422)
Age (years)	$34.9 \pm 3.1$	$44.7 \pm 3.3$	$54.39 \pm 3.1$
Height (m)	$1.565 \pm 0.063$	$1.552 \pm 0.048$	$1.530 \pm 0.051$
Weight (kg)	$52.8 \pm 8.9$	$54.0 \pm 7.7$	$53.4 \pm 7.1$
BMI* ( $\text{kg/m}^2$ )	$21.5 \pm 3.3$	$22.4 \pm 3.0$	$22.8 \pm 2.8$

SD: standard deviation,  
BMI: body mass index

表2は年代別・BMI別に骨折の経験の頻度を示している。骨折した経験の頻度をみると30歳代 8.0%、40歳代 6.9%、50歳代 8.3%であった。骨折した経験の頻度をみると、BMI  $18\text{kg/m}^2$ 以下では30歳代 40.0%、50歳代 33.3%を示したが、BMI  $24\text{kg/m}^2$ 及びBMI  $25\text{kg/m}^2$ 以上における頻度はそれぞれの年代ともに低い傾向にあった。

表3は年代別・BMI別にstiffnessの平均値と標準偏差を示している。BMI  $18\text{kg/m}^2$ 以下のStiffnessを

みると、30歳代 $80.4 \pm 10.3$ に比較して40歳代 $68.2 \pm 10.1$ 、及び50歳代 $63.4 \pm 9.9$ は有意な減少を示した。BMI  $19\text{kg/m}^2$ 、 $20\text{kg/m}^2$ 、 $21\text{kg/m}^2$ 、 $23\text{kg/m}^2$ 、 $24\text{kg/m}^2$ 、 $25\text{kg/m}^2$ 以上では、それぞれ40歳代と50歳代との間に有意な差が認められた。年代別の平均値でstiffnessをみると50歳代 $70.3 \pm 10.6$ は30歳代 $79.8 \pm 11.7$ 、40歳代 $80.0 \pm 12.2$ との間には有意な差が認められた。

Table 2. The incidence of bone fractures in each body mass index (BMI) group

BMI-group	Age					
	30 - 39		40 - 49		50 - 59	
	(n)	%	(n)	%	(n)	%
-18	(2)	40.0	(1)	7.1	(3)	33.3
18	(1)	11.0	(0)	0.0	(1)	7.7
19	(0)	0.0	(1)	5.6	(3)	8.8
20	(2)	12.5	(2)	6.3	(3)	6.4
21	(2)	11.1	(4)	10.8	(6)	8.3
22	(1)	7.7	(6)	14.0	(3)	5.1
23	(0)	0.0	(2)	6.3	(8)	12.9
24	(0)	0.0	(0)	0.0	(3)	7.0
25-	(0)	0.0	(1)	2.5	(5)	6.0
Subtotal	(8)	8.0 *	(17)	6.9 **	(35)	8.3***

\*:Incidence per 100 person,

\*\* :Incidence per 248 person,

\*\*\*:Incidence per 422 person

Table 3. Stiffness index in each body mass index (BMI) group

BMI-group	Age					
	30 - 39		40 - 49		50 - 59	
	(n)	Stiffness $\pm$ SD	(n)	Stiffness $\pm$ SD	(n)	Stiffness $\pm$ SD
-18	(7)	$80.4 \pm 10.3^{**}$	(14)	$68.2 \pm 10.1$	(9)	$63.4 \pm 9.9$
18	(9)	$78.9 \pm 12.6$	(12)	$73.3 \pm 11.9$	(13)	$71.3 \pm 12.7$
19	(18)	$76.3 \pm 13.5^*$	(18)	$79.8 \pm 10.6^*$	(34)	$68.1 \pm 9.7$
20	(16)	$79.8 \pm 10.1^*$	(32)	$81.4 \pm 10.5^*$	(47)	$70.6 \pm 10.4$
21	(18)	$79.3 \pm 10.3^*$	(37)	$79.4 \pm 9.7^*$	(72)	$69.4 \pm 12.8$
22	(12)	$76.7 \pm 11.8$	(43)	$79.5 \pm 15.0$	(59)	$71.1 \pm 9.2$
23	(5)	$78.8 \pm 10.0$	(32)	$82.5 \pm 11.3^*$	(62)	$70.5 \pm 10.1$
24	(2)	$77.5 \pm 10.6$	(20)	$85.0 \pm 9.6^*$	(62)	$70.5 \pm 10.1$
25-	(13)	$85.3 \pm 13.0^*$	(40)	$81.5 \pm 12.5^*$	(83)	$71.7 \pm 10.8$
Subtotal	(100)	$79.8 \pm 11.7^*$	(248)	$80.0 \pm 12$	(422)	$70.3 \pm 10.6$

SD:standard deviation,

#:P<0.05 against age 40-49,

\*:P<0.05 against age 50-59

## IV 考察

超音波測定法が臨床的に応用できるようになってきたのは、超音波測定法が骨粗鬆症の診断、骨折のリスク評価、骨変化のモニタリングの3点で検証されてきたからである。即ち、超音波測定法によって求めた骨密度は閉経の影響を受けて、加齢的に推移すること、脊椎骨折や大腿骨頸部骨折を有する症例では超音波測定法によって求めた骨密度が健常者と比較して有意に低値を示すこと、及び高齢者の骨密度をdual photon absorptiometry (DEXA) 法と相関することが明らかになっている<sup>17)</sup>。

加齢的骨密度の減少が骨粗鬆症による骨折を発症させることが明らかになる一方で、閉経後の急激な骨密度の減少が骨粗鬆症による骨折を誘引させていることが注目されて、閉経後を対象とした骨粗鬆症の検診が予防の重要性から改めて認識されるようになった<sup>2,9)</sup>。

今回の調査では、急激な骨密度の減少を引き起こす対象はBMIが18 kg/m<sup>2</sup>以下であることが明らかになった。Cummings et al.<sup>1)</sup>, MEDOS<sup>7)</sup>によると、腰椎骨骨折とBMIとの関連との報告ではBMIが25kg/m<sup>2</sup>以下になると腰椎骨異常が増加している。Johnell et al.<sup>9)</sup>によるとBMIが24kg/m<sup>2</sup>以下になると腰椎骨異常が増加している。Greenspan et al.<sup>5)</sup>によると、BMI24kg/m<sup>2</sup>とBMIが26kg/m<sup>2</sup>との間に有意な差を見出している。同様の結果がJohnellとSerbo<sup>8)</sup>によって報告されている。本研究と結果と比較してこれらの研究においてBMIの値が高いのは、身長の変縮がみられる年代を対象にしているために身長の変縮がBMIに影響を及ぼしたことが推察される。

BMIが低いものにおいて骨が脆いのは、体質量と骨密度は相関している<sup>10,16)</sup>、骨密度の減少が早期(40歳代)に始まることが推察される。以上のように、BMIが18kg/m<sup>2</sup>以下であることは骨粗鬆症の危険因子の一つであることが示唆された。

## V まとめ

1. Body mass index (BMI) とstiffness indexとの関連を調査するために宮崎県健康づくり推進センター (Miyazaki prefectural health promotion center) のデータを用いて横断的研究 (cross sectional study) を実施した。
2. 測定対象は宮崎県健康づくり推進センターにおいて、1997年1月から1999年3月までの2年間に骨粗鬆症 (osteoporosis) 検診を受診した30歳代100人、40歳代248人、および50歳代422人の合わせて770人の女性である。これらの対象者は、それぞれBMI 18kg/m<sup>2</sup> 以下、18kg/m<sup>2</sup>、19kg/m<sup>2</sup>、20kg/m<sup>2</sup>、21kg/m<sup>2</sup>、22kg/m<sup>2</sup>、23kg/m<sup>2</sup>、24kg/m<sup>2</sup>、25kg/m<sup>2</sup>以上に分類した。
3. BMIは30歳代21.5±3.3kg/m<sup>2</sup>、40歳代22.4±3.0kg/m<sup>2</sup>、50歳代22.8±2.8kg/m<sup>2</sup>の順に高い値を示した。
4. 年代別に骨折した経験の頻度をみると30歳代 8.0%、40歳代 6.9%、50歳代 8.3%であった。年代別BMI別に骨折した経験の頻度をみると、BMI 18kg/m<sup>2</sup>以下では30歳代 40.0%、50歳代 33.3%を示したが、BMIが24kg/m<sup>2</sup>及び25kg/m<sup>2</sup>以上における頻度はそれぞれの年代ともに低い傾向にあ

った。

5. BMI 18kg/m<sup>2</sup>以下のstiffnessをみると、30歳代80.4±10.3に比較して40歳代68.2±10.1、及び50歳代63.4±9.9共に有意な減少を示した。BMI 19kg/m<sup>2</sup>、20kg/m<sup>2</sup>、21kg/m<sup>2</sup>、23kg/m<sup>2</sup>、24kg/m<sup>2</sup>、25kg/m<sup>2</sup>以上では、それぞれ40歳代と50歳代との間に有意な差が認められた。年代別の平均値でstiffnessをみると50歳代70.3±10.6は30歳代79.8±11.7、40歳代80.0±12.2との間には有意な差が認められた。
6. 骨折に影響を及ぼすBMIの閾値はBMI 18kg/m<sup>2</sup>以下であることが示唆された。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、宮崎県健康づくり推進センターの多大なる協力を得たことをここに記し、謝意を表します。本研究の一部は財団法人宮崎学術振興財団助成金によって遂行された。

## 文 献

1. Cummings R G, Nevitt M C, Browner W S, Stone K, Fox K M, Ensrud K E, Cauley J, Black D and Vogt T M (1995) Risk factors for hip fracture in white women. *N Engl J Med* 332:767-773
2. Cummings R G and Klineberg R J (1994) Case-control study of risk factor for hip fractures in the elderly. *Am J Epidemiol* 139:493-503
3. Ernst M, Schmid C and Froesch E R (1988) Enhanced osteoblast proliferation and collagen gene expression by estradiol. *Proc Natl Acad Sci USA* 85:2307-2310
4. Forbes R M, Cooper A R and Mitchell H H (1953) The composition of the adult human body as determined by chemical analysis. *J Biol Chem* 203:359-366
5. Greenspan S L, Myers E R, Maitland L A, Resnick N M and Hayes W C (1994) Fall severity and bone mineral density as risk factors for hip fracture in ambulatory elderly. *JAMA* 271:128-133
6. Hemenway D, Azrael D R and Rimm E B (1994) Risk factors for hip fracture in US men aged 40 through 75 years. *Am J Public Health* 84:1843-1845
7. Johnell O, Gullberg B, Kanis J A, Allander E, Elffors L, Dequeker J, Dilsen G, Gennari C, Vas A L, Iyrtis G, Mazzuoli G, Miravet L, Passeri M, Cano R P, Rapado A and Ribot C (1995) Risk factors for hip fracture in European women: the MEDOS study. *J Bone Miner Res* 10:1802-1815
8. Johnell O and Sernbo I (1986) Health and social status in patients with hip fractures and controls. *Age and Ageing* 15:285-291
9. Johnell O, O'Neil T W, Felsenberg D, Kanis J, Cooper C, Silman A J and the European vertebral osteoporosis study (EVOS) group (1997) Anthropometric measurements and vertebral deformities. *American Journal of Epidemiology* 146:287-293

踵骨超音波骨密度とBody Mass Indexとの関連について (宮元 章次)

10. Kleerekoper M, Nelson D A and Peterson E L (1994) Body composition and gonadal steroids in older white and black women. *J Clin Endocrinol Metab* 79:775-779
11. Komm B S, Terpening C M, Benz D J, Graeme K A, Gallegos A, Korc M, Greene G L, O'Malley B W and Haussler M R (1988) Estrogen binding, receptor mRNA, and biologic response in osteoblast-like osteosarcoma cells. *Science* 241:81-84
12. Lunar Corporation Ultrasound densitometry (1994) A new consensus. *Lunar News* 6:10-11
13. 宮元章次・石河利寛・高良宏明・伊佐真徳 (2001) 青年女性の体骨塩量がBODY MASS INDEXに及ぼす影響. *日本運動生理学雑誌* 8: (印刷中)
14. Ott S (1986) Should women get screening bone mass measurement? *Ann. Intern. Med.*, 104:874-876
15. Soda M, Mizunuma H (1993) Pre-and post-menopausal bone mineral density of the spine and proximal femur in Japanese women assessed by dual-energy X-ray absorptiometry: a cross-sectional study. *J Bone Miner Res* 9:183-189
16. Sowers M F R, Kshirsagar A and Crutchfield M M (1992) Joint influence of fat and lean body composition compartments on femoral bone mineral density in premenopausal women. *Am J Epidemiol* 136:257-65
17. 山崎薫 (1999) 骨粗鬆症の診断・治療と予防 藤田拓男編 最新骨粗鬆症: 病態、診断、予防、治療 ライフサイエンス出版 東京 pp.322-328

