

# 地域高齢者の1日平均歩数が骨密度に及ぼす影響

サイトウ マサヒサ タニモト ヨシミ ワタナベ ミスズ  
齊藤 昌久\*1 谷本 芳美\*3 渡辺 美鈴\*3  
コオノ コオイチ クボタ タカヒロ  
河野 公一\*4 窪田 隆裕\*2

**目的** 本研究は、地域高齢者における1日平均歩数と骨密度との関連性を明らかにすることを目的とした。

**方法** 対象者は、65歳から84歳の地域高齢者499名（男性159名、女性340名）であった。測定項目は、1日平均歩数、骨密度および握力であった。1日平均歩数は、多メモリー加速度計付き歩数計を用いて、連続7日間測定できたものとした。骨密度は、定量的超音波測定法（QUS）により右足踵骨の超音波減衰係数（BUA）、超音波伝搬速度（SOS）およびStiffness値（SI）を測定した。握力は、デジタル握力計を用いて測定した。

**結果** 身長、体重、握力、SI、BUAおよびSOSはいずれも男性が女性に比べて有意に高い値を示した（ $p < 0.01$ ）。しかし、年齢、BMIおよび1日平均歩数は男女差がみられなかった。QUSパラメータ（SI、BUA、SOS）と1日平均歩数との関係は、男性のBUAを除いて有意な正の相関関係が認められた（ $p < 0.05 \sim 0.001$ ）。QUSパラメータと1日平均歩数の目標値未満/以上群比較では、女性がすべてのパラメータに有意差がみられた（ $p < 0.05 \sim 0.001$ ）。しかし、男性はいずれのパラメータも有意差がみられなかった。有意差のあった女性のQUSパラメータを目的変数に、年齢、BMI、握力および1日平均歩数を説明変数に多重ロジスティック回帰分析（変数減少法、尤度比）を行った。その結果、女性について1日平均歩数がSIとSOSに関連性が認められた（オッズ比2.2,  $p < 0.05$ ; 2.0,  $p < 0.01$ ）。

**結論** 地域高齢期における女性の1日平均歩数は骨密度の評価指標であるSIおよびSOSと関連していた。しかし、男性では関連していなかった。したがって、高齢期の女性においては1日の歩数の多さ、6,000歩/日以上歩数が骨密度の高さに寄与していることが明らかとなった。

**キーワード** 1日平均歩数、歩数計/加速度計、骨密度、定量的超音波測定法（QUS）、地域高齢者

## I 緒 言

高齢期における活動的な日常生活は、生活機能低下のリスクを低減させ、QOLを高め自立した生活をより長く送ることにつながり、要介護・要支援開始時期を遅延させることになる。介護・支援が必要となった主な原因に「骨折・転倒」が第4番目にあがっている<sup>1)</sup>。高齢者の骨折の原因のほとんどが骨粗鬆症とされている。

骨粗鬆症は、「低骨量と骨組織の微細構造の破綻によって骨強度の低下と易骨折性を来す全身性骨疾患」と定義されている<sup>2)</sup>。骨量は骨ミネラルと骨蛋白を合わせた骨全体の量のことをいい、低骨量はその両方が減少した状態を指している。一般に、骨量は男女とも20歳頃に最大となり、40歳代半ばまではほぼ一定に維持される。その後、骨量は穏やかに減少し、男性では70歳以後、女性では閉経前後の数年間に急速に減少

\* 1 大阪医科大学医学部生理学教室助教 \* 2 同教授 \* 3 同衛生学・公衆衛生学教室講師 \* 4 同名誉教授

する<sup>3)</sup>。骨粗鬆症は、遺伝、加齢、性別、閉経、低体重などの要因や、食事、生活活動強度、嗜好品などのライフスタイルにおける要因などがリスク要因とされている<sup>2)</sup>。高齢者にとって、それは結果的に重篤な合併症である骨折を引き起こし、腰痛や脊椎変形、寝たきりなどの要介護の原因となっている<sup>3)</sup>。

これまでの研究によれば、高齢者において適正体重の維持は骨密度の低下抑制に寄与し<sup>4)</sup>、閉経後の女性においては運動が腰椎・大腿骨部の骨量減少の予防に有効であると報告されている<sup>4)</sup>。その効果は歩行、ランニング、エアロビクスといったインパクト運動がレジスタンストレーニング（抵抗運動：ウエイトトレーニング）やストレッチングなどの非インパクト運動よりも効果的であり<sup>4)</sup>、体重を負荷にしたトレーニングにおいても骨量の増加が認められている<sup>5)</sup>。特に、高齢期には、日常生活の歩数が骨密度の改善に有効であるとされている<sup>6)-9)</sup>。

高齢者において、日常生活における歩数の増加が推奨されているものの<sup>10)11)</sup>、骨密度の維持や低下を抑制するために必要な歩数についての研究は十分とはいえない。そこで本研究では、地域高齢者における1日平均歩数と骨粗鬆症と密接に関係する骨密度との関連性、骨密度の維持や低下を抑制するために必要な歩数を明らかにすることを目的とした。

表1 対象者の身体的特徴と握力、1日平均歩数およびQUSパラメータ (SI, BUA, SOS) の平均値と標準偏差

	男性 (n = 159)	女性 (n = 340)
年齢 (歳)	72.2 ( 4.9)	72.7 ( 5.0)
身長 (cm)	161.6 ( 5.9)	150.2 ( 5.3) ***
体重 (kg)	60.2 ( 8.7)	51.8 ( 7.5) ***
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>3)</sup>	23.0 ( 3.0)	22.9 ( 3.1)
握力 (kg)	34.8 ( 6.4)	22.1 ( 3.8) <sup>a</sup> ***
1日平均歩数 (歩/日)	8 471 (3 825)	7 806 (3 502)
SI <sup>4)</sup>	87.1 ( 17.0)	68.4 ( 12.2) ***
BUA (dB/MHz) <sup>5)</sup>	113.8 ( 13.5)	96.1 ( 10.6) <sup>b</sup> ***
SOS (m/s) <sup>6)</sup>	1 539.8 ( 38.4)	1 516.0 ( 24.6) <sup>b</sup> ***

注 1) 平均値 (標準偏差)  
2) \*\*\* p < 0.001 対 男性, <sup>a</sup> n = 339, <sup>b</sup> n = 338  
3) BMI: Body Mass Index  
4) SI: Stiffness値 (Stiffness Index)  
5) BUA: 超音波減衰係数 (Broadband Ultrasound Attenuation)  
6) SOS: 超音波伝搬速度 (Speed of Sound)

## Ⅱ 方 法

### (1) 調査対象者

本研究の対象者は、大都市近郊T市の老人福祉センターを利用している65歳から84歳の地域高齢者499名 (男性159名, 女性340名)であった (表1)。すべての対象者は、基本的な日常生活動作 (歩行・食事・着替え・排泄・整容・入浴など) がすべて自立しており、老人福祉センターまで自力で通所が可能な人であった。測定は2007年と2008年の5～6月に行った。

本研究は大阪医科大学倫理委員会の承認を得て実施した (認証番号: 第439号)。

### (2) 測定項目

測定項目は、1日平均歩数、骨密度および握力であった。

1日平均歩数は、多メモリー加速度計付き歩数計 (LifeCorder Ex, (株)スズケン社製) を用いて測定した<sup>12)</sup>。測定は連続9日間行った。すべての対象者に入浴時を除いた起床から就寝まで歩数計を腰部に装着させた。解析条件は、1日10時間以上装着し、連続7日間測定できた者とした。この間の1日当たりの平均歩数を1日平均歩数とした。

骨密度は、定量的超音波測定法 (Quantitative Ultrasound: 以下, QUS) によるパラメータ (QUSパラメータ) を用いた。QUSパラメータの測定には、超音波骨密度測定装置A-1000EXPRESS (QUS, GEルナー社製) を用いた。測定部位は右足踵骨であった。測定されたパラメータは、超音波減衰係数 (Broadband Ultrasound Attenuation: 以下, BUA) と超音波伝搬速度 (Speed of Sound: 以下, SOS) および BUAとSOSから求めたStiffness値 (Stiffness index: 以下, SI,  $SI = 0.67 \times BUA + 0.28 \times SOS - 420$ ) であった<sup>13)</sup>。

握力は、デジタル握力計（竹井機器工業（株）製）を用いた。利き手の握力を2回測定し、最大値を筋力の指標とした。

### (3) 測定項目の区分

関連の強さを観察するために、連続測定値を区分し、カテゴリ化した。

#### ① 年齢、BMIおよび握力の区分

年齢は65～74歳（前期高齢者）と75～84歳（後期高齢者）の前期/後期に2区分した。BMIは20以下（低栄養傾向）、20～25未満（標準）、25以上（肥満）に3区分した。握力は測定値の平均値で平均未満/以上に2区分した。

#### ② 1日平均歩数の区分

1日平均歩数は、健康日本21（第2次）の目標値（男性7,000歩/日、女性6,000歩/日）<sup>1)</sup>で、目標値未満/以上に2区分した。

#### ③ QUSパラメータの区分

QUSパラメータは、SIがQUSによる低骨量者の判定基準値（78.8）<sup>14)</sup>で基準値以下/超、BUAとSOSが測定値の平均値で平均値未満/以上に2区分した。

### (4) 解析方法

男女間の差の検定にはスチューデントのt検定を用いた。QUSパラメータと年齢、身長、体重、BMI、握力および1日平均歩数の関係にはピアソンの相関係数を用いた。QUSパラメータの1日平均歩数2群比較はMann-WhitneyのU検定を用いた。また、1日平均歩数とQUSパラメータとの関連の強さをみるために、QUSパラメータを目的変数、年齢、BMI、握力および1日平均歩数を説明変数として多重ロ

ジスティック回帰分析（変数減少法、尤度比）を行った（変数はいずれもカテゴリ変数）。統計処理にはSPSS 17.0 for Windowsを使用した。

## Ⅲ 結 果

表1に測定値を性別に示した。身長、体重、握力、SI、BUAおよびSOSは、いずれも男性が女性に比べて有意に高い値を示した（ $p < 0.001$ ）。しかし、年齢、BMIおよび1日平均歩数では男女差がみられなかった。

QUSパラメータ（SI、BUA、SOS）と身体的特徴、握力および1日平均歩数との相関係数を性別に示した（表2）。女性ではSOSと身長、体重およびBMIとの関係を除いたすべての項目に有意な相関が認められた（ $p < 0.05 \sim p < 0.001$ ）。男性ではSIが握力と1日平均歩数、BUAが体重、BMIおよび握力、SOSが1日平均歩数とそれぞれ有意な相関が認められた（ $p < 0.05 \sim 0.001$ ）。

QUSパラメータを1日平均歩数2群（目標値未満/以上）で比較した（表3）。女性ではQUSパラメータすべてに有意差がみられ（ $p < 0.05 \sim 0.001$ ）、目標値以上群が大きな値を示した。しかし、男性ではいずれのパラメータも有意差が認められなかった。

1日平均歩数とQUSパラメータの関連の強さをみるために、多重ロジスティック回帰分析（変数減少法、尤度比）を行った（表4）。目的変数は、有意差の認められた女性のQUSパラメータを用いた。説明変数は、1日平均歩数に、QUSパラメータと有意な相関のあった年齢とBMIおよび握力を加えて用いた。その結果、

表2 QUSパラメータ（SI、BUA、SOS）と身体的特性、握力、1日平均歩数の相関係数

	男性（n = 159）			女性（n = 340）		
	SI	BUA	SOS	SI	BUA	SOS
年齢（歳）	-0.057	0.000	-0.053	-0.278 ***	-0.170 ***	-0.314 ***
身長（cm）	-0.108	0.014	-0.176	-0.221 ***	-0.288 ***	0.093 <sup>a</sup>
体重（kg）	0.083	0.255**	-0.078	0.221 ***	0.416 ***	-0.044 <sup>a</sup>
BMI（kg/m <sup>2</sup> ）	0.143	0.271***	0.002	0.127 <sup>a</sup> *	0.308 ***	-0.099 <sup>c</sup>
握力（kg）	0.173*	0.221**	0.079	0.269 ***	0.278 ***	0.191 ***
1日平均歩数（歩/日）	0.205**	0.106	0.220**	0.204 ***	0.116 <sup>a</sup> *	0.238 ***

注 1) <sup>a</sup> n = 338, <sup>b</sup> n = 339, <sup>c</sup> n = 36, <sup>d</sup> n = 337  
 2) \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

表3 QUSパラメータ (SI, BUA, SOS) の1日平均歩数2群 (目標値未満/以上) 比較

	n	SI 中央値 (範囲: 最小値-最大値)	BUA 中央値 (範囲: 最小値-最大値)	SOS 中央値 (範囲: 最小値-最大値)
男性				
目標値未満	64	84.0(45.0-133.0)	112.0(82.0-150.0)	1 536.0(1 369.0-1 619.0)
目標値以上	95	88.0(58.0-144.0)	113.0(87.0-156.0)	1 545.0(1 392.0-1 643.0)
女性				
目標値未満	106	65.0(31.0- 98.0)	94.0(61.0-122.0)	1 503.5(1 456.0-1 565.0)
目標値以上	234	69.0(44.0-121.0)***	96.0(77.0-137.0)*	1 518.0(1 454.0-1 606.0)***

注 1) Mann-WhitneyのU検定  
 2) \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001 vs目標値未満  
 3) 目標値: 男性7,000歩/日, 女性6,000歩/日

表4 QUSパラメータの基準値超 (平均値以上) と1日平均歩数との関連性 (女性)

	SI (基準値超/以下) オッズ比 (95%信頼区間)	BUA (平均値以上/未満) オッズ比 (95%信頼区間)	SOS (平均値以上/未満) オッズ比 (95%信頼区間)
年齢 (前期/後期) <sup>3)</sup>	-	1.7(1.0- 2.9)*	1.7(1.1-2.8)*
BMI (肥満/低栄養) <sup>4)</sup>	-	5.6(2.5-12.6)***	0.4(0.2-0.8)*
1日平均歩数 (目標値以上/未満) <sup>5)</sup>	2.2(1.1-4.6)*	-	2.0(1.2-3.4)**
HosmerとLemeshowの検定	0.909	0.699	0.995

注 1) 多重ロジスティック回帰分析 (投入した説明変数: 年齢, BMI, 握力および1日平均歩数; 変数減少法: 尤度比)  
 2) \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001  
 3) 年齢: 前期高齢者65~74歳, 後期高齢者75~84歳  
 4) BMI: 低栄養≤20, 標準20< ≤25, 肥満25<  
 5) 1日平均歩数: 目標値=男性7,000歩/日, 女性6,000歩/日

SIとSOSが1日平均歩数と関連性が認められた (オッズ比2.2, p<0.05; 2.0, p<0.01)。

#### IV 考 察

本研究の目的は、地域高齢者における1日平均歩数と骨粗鬆症と密接に関係する骨密度との関連性、骨密度の維持あるいは低下を抑制するのに必要な歩数を明らかにすることであった。

本研究の対象者の1日平均歩数は男性8,471歩/日、女性7,806歩/日であった。本対象者の歩数は、東京在住で生涯学習センターの利用者あるいはシニア文化クラブ会員の61~87歳の高齢女性の値 (8,401歩/日)<sup>15)</sup>とほぼ等しかった。また、Tudor-Locke & Myers<sup>16)</sup>が32の研究をレビューして示した健康な高齢者の歩数範囲 (6,000~8,500歩/日) 内であった。一方、健康日本21 (第2次) の目標値<sup>11)</sup>、国民健康・栄養調査の報告値<sup>17)</sup>およびPark, H.r<sup>7)</sup>の研究に比べ高い値であった。これらのことから、本対象者は、一般的な集団の中でも社会的活動性が比較的高いグループに属していると考えられる<sup>18)</sup>。

また、年間を通じた歩数の季節変動は、春と秋がピークで、夏が平均的であると報告されている<sup>19)</sup>。本対象者の歩数が比較的多かったことは、本研究の歩数測定が5~6月と春に測定されていることや老人福祉センターの利用者であることが影響していると考えられる。歩数の男女差は、先行研究<sup>6)7)12)</sup>と同様にみられなかったが、女性が男性に比べて少ない傾向を示した。

QUSにより測定されたQUSパラメータは骨粗鬆症の診療や骨量検診に利用することが可能であり、骨量のみではなく骨構造に関わる情報も提供し、骨折のリスク評価に応用が可能とされている<sup>20)</sup>。また、QUSパラメータは骨密度や骨量との相関が高く、その有効性が指摘されている<sup>21)</sup>。さらに、骨密度の評価にも幅広く用いられている<sup>22)</sup>。QUSは骨の物理的特性を超音波で測定する方法であり、本研究に用いたQUSによる測定装置では、一次パラメータ (SOSとBUA) と、これらのパラメータより計算された二次パラメータ (SI) が得られる。SOSは踵部を透過する超音波の伝搬速度 (m/s) を測定している。一般に骨密度の増加に伴って音波

は弾性の低い硬い骨ではより速い伝搬速度を示す<sup>23)24)</sup>。超音波が骨内を透過するとき、周波数の違いにより減衰率が異なる。BUAは、これを利用して各周波数における水との減衰率の差を求め、その差と周波数との回帰直線の傾き (dB/MHz) としている。骨密度が高いほど BUAは大きくなる<sup>23)24)</sup>。二次パラメータである SIは、一次パラメータを組み合わせるにより算出された骨強度の指標である。SIは、SOSやBUA以上に骨密度との高い関係を有し<sup>25)</sup>、骨量 (骨密度) 検診のためのスクリーニングの基準値の数値として提唱されている<sup>20)</sup>。

このSIは、本対象者では男性87.1、女性68.4で、男性が有意に高かった ( $p < 0.001$ )。さらにこの値は男女ともQUSの基準値 (65~84歳: 男性77.7、女性64.7)<sup>25)26)</sup>や男子では低骨量者の判定基準 (78.8)<sup>15)</sup>に比べて7~15%高い値であった。このことは、本対象者の骨密度が平均的な集団に比べて良好であると考えられる。その理由として、本対象者は老人福祉センターまで自力で通えていたことから、日常的に活発で活動性の高い生活習慣であると思われる。また、女性が男性より低い理由について、女性は男性に比べ最大骨量を迎える時期に骨密度が低いうえ、閉経後には女性ホルモン (エストロゲン) の分泌が減少し、骨密度が急激に減少することが知られている<sup>23)3)</sup>。本研究でも、それらを支持する同様の結果が得られた。

1日平均歩数とQUSパラメータの有意な相関は、先行研究<sup>7)18)</sup>と同様に女性のSIとSOSについてみられた。さらに本研究では男性のSIとSOSに、女性のBUAについても有意な正の相関が得られた。1日平均歩数とQUSパラメータとの関連の強さをみるために行った多重ロジスティック回帰分析 (変数減少法、尤度比) の結果、地域高齢女性では1日の歩数の多さ、6,000歩/日以上が骨密度の高さに関連していた。このことは、骨の健康に関係する日常の身体活動の閾値は、歩数がほぼ7,000歩/日であったとしたParkら<sup>7)</sup>の研究と同様の結果であった。これらのことから、高齢期の女性においては1日の歩数の多さ (6,000歩/日以上) が骨密度

の高さに寄与していることが示唆された。

本研究には3つの課題がある。1つは横断的研究であることである。縦断的な研究で歩数とQUSパラメータの変化を観察する必要があると思われた。2つ目は閉経年齢である。骨吸収の亢進にはエストロゲンの減少が関わっていることから、閉経年齢も考慮する必要があると思われた。最後は対象者である。本研究の対象者は老人福祉センターまで自力で通える比較的健康で社会的活動性が高い高齢者であったことから、社会活動性の低い高齢者も含め、さらに幅広い活動性を有する高齢者を対象とする必要性があると思われた。

## V 結 論

地域高齢期における女性の1日平均歩数は骨密度の評価指標であるSIおよびSOSと関連していた。しかし、男性については関連していなかった。したがって、高齢期の女性においては1日の歩数の多さ (6,000歩/日以上) が骨密度の高さに寄与していることが明らかとなった。

本研究の一部は第71回日本公衆衛生学会総会 (平成24年10月) で発表した。

本研究の調査・測定の実施に当たり、ご協力いただいた対象者の皆様、高槻市健康部、高槻市社会福祉事業団および各老人福祉センターの職員の皆様に感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 厚生労働省. 平成22年国民生活基礎調査の概況, 2 要介護者等の状況. (<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>) 2013.7.4.
- 2) 伊木雅之. 地域保健におけるエビデンスに基づく骨折・骨粗鬆症予防ガイドライン, 伊木雅之編著. (財) 日本公衆衛生協会. 東京. 2004: 3-7.
- 3) 骨粗鬆症財団. 骨粗鬆症検診・保健マニュアル. 折茂肇監修. 東京: ライフサイエンス出版; 2010: 2-3.
- 4) Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone

- mass in pre-and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int*, 2000 ; 67 : 10-8.
- 5) Marques EA, Mota J, Machado L, et al. Multicomponent training program with weight-bearing exercises elicits favorable bone density, muscle strength, and balance adaptations in older women. *Calcif Tissue Int*, 2011 ; 88 : 117-29.
  - 6) 石黒慶子, 宮谷昌枝, 金久博昭, 他. 高齢者における日常生活での歩行数と踵骨強度および下腿筋厚との関係. *体力科学*, 2003 ; 52 Suppl : 127-32.
  - 7) Park H, Togo F, Watanabe E, et al. Relationship of bone health to yearlong physical activity in older Japanese adults : cross-sectional data from the Nakanojo Study. *Osteoporos Int*, 2007 ; 18 : 285-93.
  - 8) Sun W, Watanabe M, Tanimoto Y, et al. Ultrasound parameters of bone health and related physical measurement indicators for the community-dwelling elderly in Japan. *Geriatr Gerontol Int*, 2007 ; 7 : 154-9.
  - 9) Sun W, Watanabe M, Tanimoto Y, et al. Assessment of the best gait parameter in relation to bone status in community-dwelling young-old and old-old women in Japan. *Archives Gerontology Geriatrics*, 2009 ; 49 : 158-61.
  - 10) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準 2013. 2013. (<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>) 2013.7.4.
  - 11) 厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会・次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会. 健康日本21 (第2次) の推進に関する参考資料 (平成24年7月). 2012 ; 107-8. ([http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21\\_02.pdf](http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf)) 2013.7.4.
  - 12) 渋谷孝裕. 地域高齢者の健康づくりにおける1日平均歩数の有用性について. *日老医誌*, 2007 ; 44 : 726-33.
  - 13) A-1000 EXPRESS 取扱説明書. GEヘルスケアジャパン (株).
  - 14) 骨粗鬆症財団. 骨粗鬆症検診・保健マニュアル. 折茂肇監修. 東京 : ライフサイエンス出版 ; 2010 : 14-9.
  - 15) Kitagawa J, Omasu F, Nakahara Y. Effect of daily walking steps on ultrasound parameters of the calcaneus in elderly Japanese women. *Osteoporos Int*, 2003 ; 14 : 219-24.
  - 16) Tudor-Locke CE, and Myers AM. Methodological considerations for researchers and practitioners using pedometers to measure physical (Ambulatory) activity. *Res Quart Exerc Sport*, 2001 ; 72 (1) : 1-12.
  - 17) 厚生労働省. 平成19年国民健康・栄養調査報告 第3部身体状況調査の結果, 2010 : 227 (<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou09/dl/01-03.pdf>) 2013.7.4.
  - 18) Kitagawa J, and Y Nakahara. Associations of Daily Walking Steps with Calcaneal Ultrasound Parameters and a Bone Resorption Marker in Elderly Japanese Women. *J. Physiol. Anthropol*, 2008 ; 27 (6) : 295-300.
  - 19) Yasunaga, A, G. Togo, E. Watanabe, et al. Sex, age, season, and habitual physical activity of older Japanese : the Nakanojo Study. *J Aging Physical Activity*, 2008 ; 16 : 3-13.
  - 20) 山崎薫. SOS値の加齢変化の検証とSOS値による骨折閾値設定の可能性. *Osteoporos Japan*, 2009 ; 17 (2) : 30-4.
  - 21) 大谷隆彦. QUSの標準化における基本的な考え方. *Osteoporos Japan*, 2009 ; 17 (2) : 19-29.
  - 22) Prins HS, HL Lorgensen, LV Jorgensen, et al. The role of quantitative ultrasound in the assessment of bone : a review. *Clin. Physiol*, 1998 ; 18 (1) : 3-17.
  - 23) 山崎薫. QUS装置. *Osteoporos Japan*, 2005 ; 13 (1) : 24-6.
  - 24) 楊鴻生. 標準化の基となった各QUS機器の測定結果. *Osteoporos Japan*, 2009 ; 17 (2) : 35-9.
  - 25) Takeda N, M Miyake, S Kita, et al. Sex and age patterns of quantitative ultrasound densitometry of the calcaneus in normal Japanese subjects. *Calcif Tissue Int*, 1996 ; 59 : 84-8.
  - 26) 萩野浩. QUSの基準. *Osteoporos Japan*, 2005 ; 13 (1) : 31-5.