OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	本邦女性の骨粗鬆症診断における二重エネルギーX線吸収測定法(Dual Energy X-ray Absorptiometry : DXA)による全身骨塩量測定の有用性の検討
Author(s)	八木, 大
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1996, 56(1), p. 37-41
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20402
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

本邦女性の骨粗鬆症診断における二重エネルギーX線吸収測定法（Dual Energy X-ray Absorptiometry : DXA）による全身骨塩量測定の有用性の検討

八木　大

愛媛大学医学部放射線医学教室

Evaluation of the Usefulness of Whole Body Bone Mineral Measurement using Dual Energy X-ray Absorptiometry for the Diagnosis of Osteoporosis in Japanese Women

Dai Yagi

Although dual energy X-ray absorptiometry (DXA) of the anterior-posterior lumbar spine (AP L2-3-4 spine) has been established as a standard procedure by which to assess bone mineral content (BMC), in some cases it does not reflect the true value because of focal sclerosis or other pathological conditions. The purpose of this investigation was to determine the most reliable index of BMC for assessing osteopenia.

Bone mineral densitometry was performed at various sites (whole body, AP L2-3-4 spine, lateral L3 spine, femur, and distal radius) in 340 Japanese women. Vertebral fracture, a reliable indicator of osteopenia, was disclosed in 37 subjects. DXA measurements of various sites were obtained, and the bone mineral information was evaluated by comparing the procedure's discriminative ability between women with and without fractures.

In addition to conventional whole body BMC (WBBMC) and whole body BMD (WBBMD), the total bone index (TBI), which was defined as WBBMC divided by the BMI (body mass index), was also evaluated.

Of all the bone mineral information, TBI showed the best discriminative ability. Whole body bone mineral densitometry was useful.

Research Code No. : 505

Key words : *Osteoporosis, Dual energy X-ray absorptiometry, Bone mineral density, Vertebral fracture, Body Mass Index*

Received Jul. 31, 1995 ; revision accepted Oct. 17, 1995

Department of Radiology, Ehime University School of Medicine

はじめに

二重エネルギーX線吸収測定法（Dual Energy X-ray Absorptiometry：以下DXA）による腰椎正面骨密度（bone mineral density：BMD）は，骨塩量減少を評価する標準的な指標の1つであるが，しばしば臨床診断との間に乖離が見られ，骨塩量減少を正しく表さない場合がある[1]．一方，骨粗鬆症関連骨折のうちで最も高頻度に見られる椎体骨折は骨塩量減少のよい指標であり[2]，椎体骨折を有する群と有しない群を骨塩量減少群，非減少群とみなして，この2群間の相違を識別する能力（識別能）を比較することにより，各種の骨塩量指標の比較が可能と考えられる．近年開発された多検出器型DXA装置は短時間測定が可能であり，腰椎正面のみならず，全身骨を含めた多部位の測定が可能になった．そこで本研究では，骨塩定量で得られる全身および身体各部位の骨塩量，およびこれらから算出される各種指標の，いずれが鋭敏な識別能を有しているかを比較した．骨粗鬆症においては全身骨の減少が生じているので，特に全身の骨塩量に関しては新たに指標を算定し，従来の骨塩量，骨密度と比較し検討した．

対象および方法

1．対　象

対象は，重信町民および愛媛大学医学部附属病院の職員のうちで，検診を希望した18歳から84歳までの女性である．対象群ではあらかじめ，体内に異物を埋めているもの，著しく骨代謝に影響する病歴を有するものを除いてあり，問診にて得られた情報による対象の取捨選択は行っていない．椎体骨折を有するものは37名（平均61.7 ± 9.6歳），有さないもの303名（平均50.8 ± 12.1歳）で計340名（平均51.9 ± 12.3歳）であった．

2．方　法

(1) 骨塩量の測定および骨塩指標の算出

測定部位は大腿骨では頸部，Ward三角部，大転子部の3部位，腰椎では正面および側面，さらに橈骨，全身骨の骨密度を測定した．また，後述のごとく4種類の骨塩量に関

する指標を算定した．

全員の骨塩量測定に使用したDXA装置はALOKA社製のDCS-3000(多検出器型)，およびDCS-600(単検出器型；前腕用)である．全身，腰椎正面，左側大腿骨近位部(頸部，Ward三角部，大転子部)をDCS-3000のFast scan modeで，第3腰椎側面(LAT L3 BMD)をSlow scan modeで，また非利き腕側橈骨遠位1/3部をDCS-600のProfile scan modeを用いて測定した．測定に要した時間は全身に約6分，腰椎側面に約3分，橈骨に約3分，その他の部位が約1分であった．DCS-3000の検出器は回転しないので，腰椎側面は右側臥位にて自作の固定具を用い，椎体がなるべく直線上に配列するよう固定して測定した．全身は仰臥位で，前腕回内位，股関節中間位にて測定した．

全身骨の指標としては，測定にて直接得られる全身骨塩量：whole body bone mineral content(以下WBBMCとする)，WBBMCを全身骨が投影された面積で除した全身骨密度：whole body bone mineral density(以下WBBMD)，WBBMCを体重で除したWBBMC/BW，WBBMCをBody Mass Index(体重を身長の2乗で除したもの)で除したWBBMC/BMI(これを特にtotal bone indexと名付けた：以下TBI)を算出した．

(2)椎体骨折

椎体骨折の定義や判定基準等についてはさまざまな提言がなされているが[3)-6)]，本研究では，Fuji Computed Radiography(FCR)法による胸腰椎の側面X線撮影にて得られた写真を，厚生省の長寿科学総合研究の退行期骨粗鬆症診断基準(改定案)[3)]に挙げられた定義に基づいて検討し，椎体骨折の有無を判定した．

(3)測定結果の評価

椎体骨折を有する群(骨塩量減少群)と椎体骨折を有しない群(非骨塩量減少群)との骨塩量の相違を識別する能力(以下識別能とする)を評価するために，測定された骨塩量および算出された骨塩指標ごとに骨折の頻度，真陽性率，偽陽性率を算出してReceiver Operating Characteristic(ROC)カーブを作成した．このカーブ下の面積の大小を比較してその優劣を比較した[7)-9)]．本検討ではROCカーブの作成に最大尤度比法を用いるLABROC1のソフト[10)]を用いた．また，カーブの比較にはCLABROC[10)]を用い，有意差検定は面積の差の検定ROC Area(Az) testにて行い片側検定で，$p < 0.05$を有意とした．

結　果

各部位の測定された骨密度および算出された全身の骨塩指標の年齢分布を示す(Fig.1(A)-(F))．大腿骨近位部の3カ所の骨密度のうちでは，ROC解析により骨塩量減少の識別能はWard三角部，頸部，大転子部の順に鋭敏であったので，大腿骨近位部ではWard三角部を選んで比較検討の対象とした．視覚的にとらえるために，対象群を閉経前後で分けずに連続した1つの群とみなして2次曲線をfitした場合には，加齢に伴う変化を見ると各部位の骨密度ではWard三角部が，また全身の骨塩量に関する指標のうちではTBIが加齢に伴い大きく減少していた．

つぎに骨密度および骨塩量に関するROCカーブをFig.2(A)，(B)に示す．骨塩量減少の識別能はTBI, Ward三角部，腰椎正面，橈骨，全身骨密度，腰椎側面の順に鋭敏であるという傾向が見られた．ROCカーブ下の面積を用いた有意差検定の結果をTable 1(A)，(B)に示す．TBIは大腿骨，腰椎正面以外のすべてに対し有意に鋭敏であった($p < 0.01$)．一方，全身骨密度は鋭敏ではなかった．

全身骨塩量の指標として算出した4つの指標ではTBI，WBBMC/BW，WBBMC，WBBMDの順であり，TBIはこれらのうちで最も鋭敏な識別能を有していた(Fig.2(B))．TBIとWBBMC/BWはWBBMC，WBBMDに対し識別能が有意($p < 0.01$)に鋭敏であった(Table 1(B))．なおTBIとWBBMC/BWの間，ならびにWBBMCとWBBMDの間には識別能の鋭敏さに有意差はなかった．

腰椎正面の骨密度(AP L2-3-4 BMD)に比して第3腰椎側面の骨密度(LAT L3 BMD)は識別能が鋭敏でなかった(Table 1(A), Fig.2(A))．

考　察

DXAによる骨塩量測定は，検査結果を主として数値化して表してしまうところに，その汎用性があるという利点と誤った評価を下しうるという欠点を併せ持つ．この欠点を補うためにDXAによる骨塩定量はさまざまな部位について行われているが，それぞれの部位の測定結果は必ずしも一致しない[11)]．すでに知られているように，測定部位により骨成分の比率は異なり，たとえば全身，腰椎正面，腰椎側面での皮質骨と海綿骨の比率はおよそ80：20，50：50，10：90[12)]とされ，部位によりその比率が異なる．また荷重を受ける部位の骨と非荷重骨の相違もある．これまでの研究により測定部位，対象となる疾患ごとの意義付けがなされている．

腰椎正面測定：腰椎正面(第2-3-4腰椎)の測定は，安定した体位，正確な解析エリアの設定が可能であることなどの理由で再現性に優れ，簡便であり，今回の検討ではTBI，Ward三角部骨密度に次いで鋭敏な識別能が示された．しかしながら局所の病的変化に影響されやすく，骨棘形成，側彎，局所の骨硬化の強い症例では評価が困難である．また高齢男性ではむしろ加齢に伴い測定値の上昇が見られる[1)]などの問題点が指摘されている．

腰椎側面測定：椎体側面測定で得られる画像は，正面よりも容易に椎体の病的変化が把握でき，腰椎での測定値がどの程度信頼しうるかの判定に役立つ．また，閉経期骨粗鬆症やステロイド投与中の経過観察など，いわゆる高回転型の骨代謝を呈する骨粗鬆症では，海綿骨が主体である椎体側面などの測定がよいと報告されている[13)]．しかしながら，側面測定には正面ならば複数の腰椎が測定可能なのに対し，肋骨・骨盤の重なりが生じ，第3腰椎以外が評価困

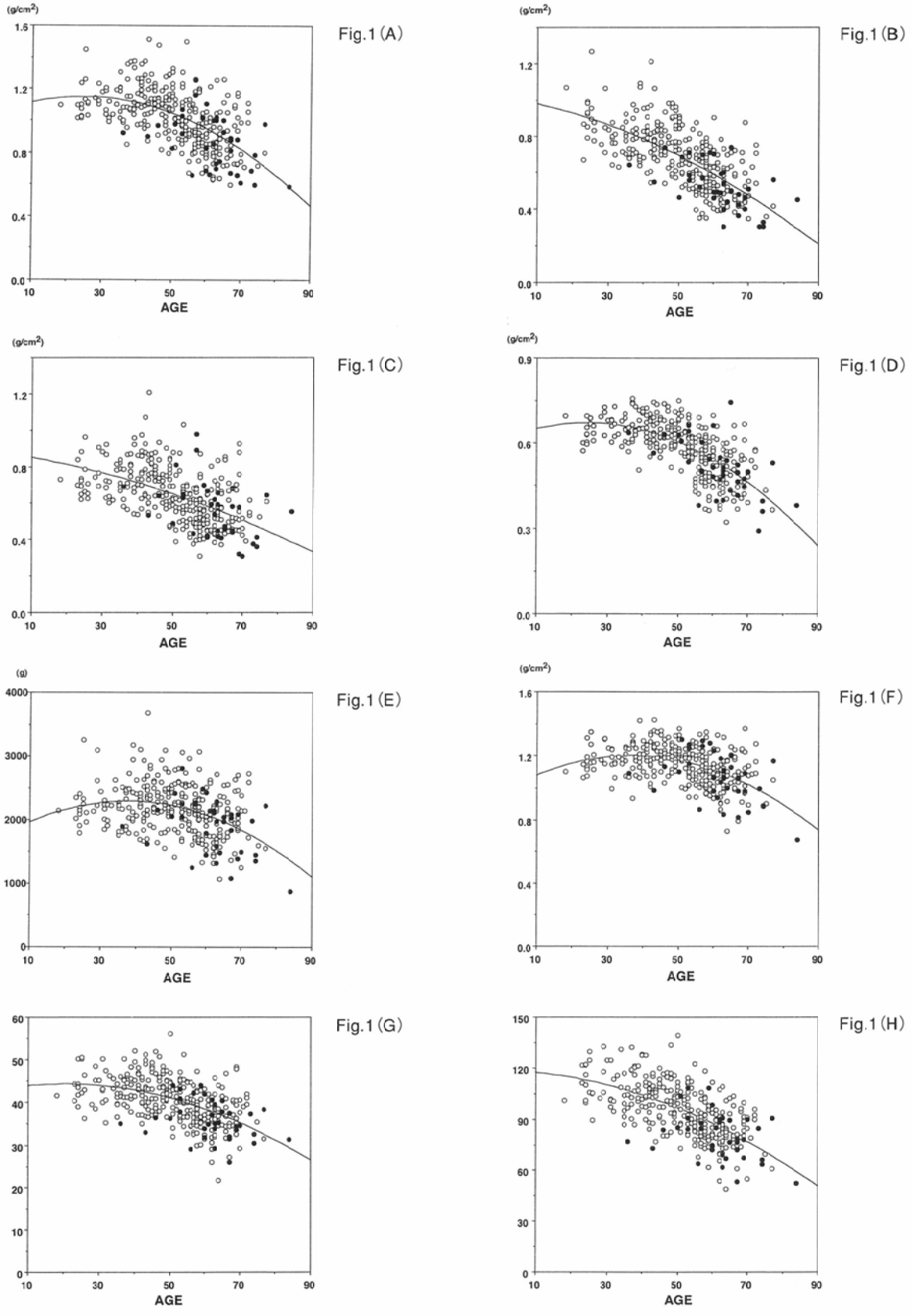

Fig.1　Scattergrams of Bone Mineral Indices as a function of age in 340 women.
(●: with vertebral fractures ; ○ : without vertebral fractures)
(A)AP L2-3-4 BMD　(B)Femur(Ward's Triangle)BMD　(C)Latreal L3 spine BMD　(D)Radius distal 1/3 BMD
(E)WBBMC (whole body bone mineral content)　(F)WBBMD (whole body bone mineral density)　(G)WBBMD/BW
(H)TBI(total bone index)

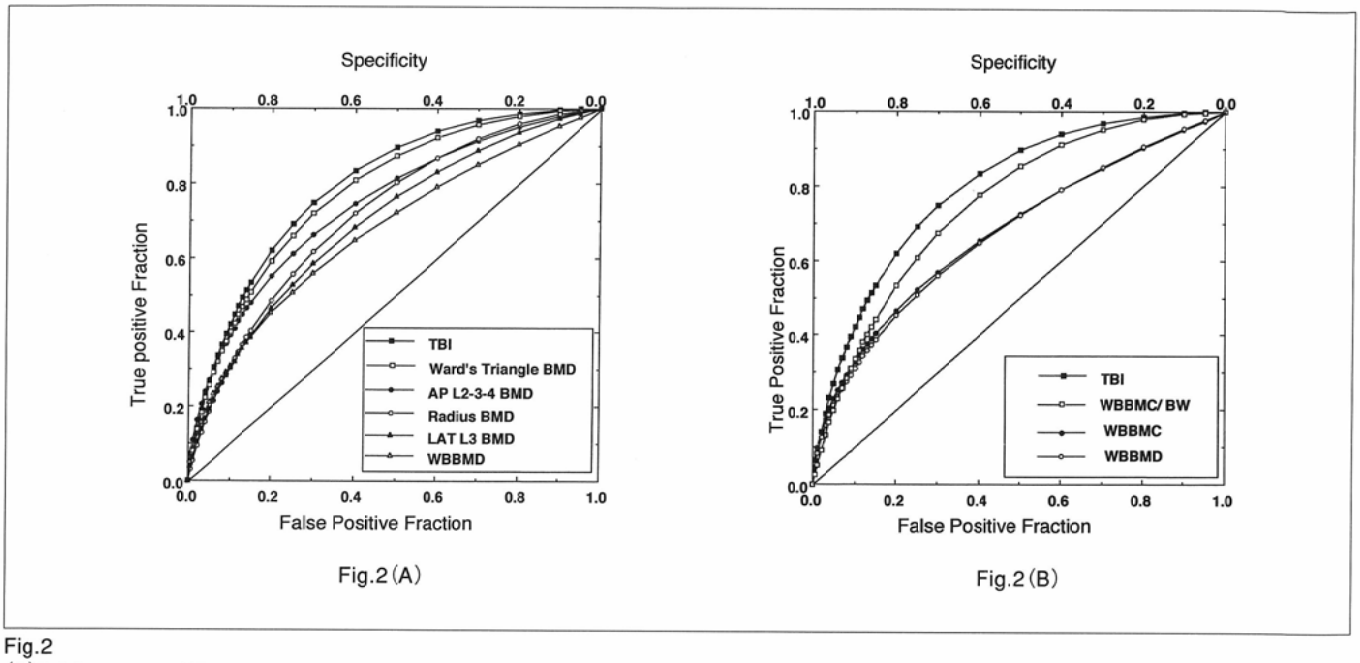

Fig.2
(A) ROC curves of TBI and various sites BMD
(B) ROC curves of whole body category
ROC curve of TBI was closest to upper left corner, and had the largest area under ROC curve. TBI had the best discriminative ability between women with and without fractures .

Table 1(A) Percent areas under ROC curves were shown in parentheses.
Areas of TBI and Ward's triangle BMD were significantly larger than those of Radius BMD and WBBMD.

TBI (78.2%)					
Ward's triangle BMD (77.1%)	p<0.05				
APL2-3-4 BMD (73.8%)		p<0.001	p<0.05		
Radius (71.2%)				p<0.005	p<0.01
LAT L3 BMD (67.1%)					
WBBMD (66.9%)					

Table 1(B) Percent areas under ROC curves were shown in parentheses.
Areas of TBI and WBBMC/BW were significantly larger than those of WBBMC and WBBMD.

TBI (78.2%)				
WBBMC/BW (75.8%)	p<0.001	p<0.001	p<0.01	p<0.01
WBBMC (67.8%)				
WBBMD (66.9%)				

難であること，体位の再現性がよくないこと，および体厚が厚いために再現性が劣ること等の短所もある．本研究では，第3腰椎側面骨密度のROCカーブ下の面積は小さく，その骨塩量減少の識別能は，腰椎正面に比して鋭敏ではない．体積骨密度や海綿骨を特に評価するために求めた椎体側面中央部の骨密度も，過去の報告ではよいとはいえない[14]．

大腿骨近位部測定：大腿骨は体重の影響を強く受ける荷重骨である．本検討において大腿骨近位部，特にWard三角部の識別能は，腰椎正面骨密度に比して鋭敏であった．このことは，大腿骨骨折の識別能についての過去の報告[15)16)]と同様の結果であった．

橈骨遠位部測定：前腕では非利き腕の橈骨遠位1/3部位の骨密度は安定した測定結果が得られ，汎用される測定部位の一つである．腹部被曝が無視しうるレベルなので生殖腺被曝は問題にならず，検診に適する．また前腕専用の小型の機器による測定が可能であり広く測定が行われている．本研究でその識別能は腰椎正面に比しては鋭敏ではなかった(Fig.2(A))．

全身測定：退行期骨粗鬆症では，全身の骨塩量減少をきたすので全身の骨を測るのは合理的な検査法と考えられる．今回の検討においてもTBIは識別能が最も鋭敏であった．現在では，多検出器型の装置を使用すれば，全身骨の測定に要する時間は数分程度であり，満足できるレベルにある．しかし，本研究で示されたように，従来の全身骨密度の識別能は鋭敏ではなく，優れた指標とはいいがたい．全身骨を評価する方法としては，骨密度以外に，全身骨塩量，およびこれを体格差などで補正する方法すなわち，全身骨密度を身長，体重あるいは体表面積，Body Mass Index等の体格の指標などを考慮して評価する方法が検討されてきた[17]．

肥満度を表すBody Mass Index(BMI)で，全身骨塩量を除して得られる指標Total Bone Index(TBI)は，(全身骨塩量)×(身長の2乗)÷(体重)として示される．したがって，TBI

は加齢による身長の減少を反映して加齢に伴い鋭敏に減少する．TBI値は同じような体型(同一BMI値)では，小柄な(低体重かつ低身長すなわち，全身骨塩量の小さい)ものが小さなTBI値を示し，低体重では易骨折性が増すという傾向に一致する．また同一全身骨塩量の場合，体重の多いものと少ないものとを比較すれば，体重が多いものはTBI値が低くなり，このことは，同等の骨塩量では肥満者の方が相対的に骨塩量が少ないという事実に一致する．このようにTBI値は体格の異なる症例間での比較をしうる可能性がある．

なお，少数ながら男性骨粗鬆症患者での検討ではやせ形と長身が存在し，TBIは全身骨の評価に不向きと思われた(未発表自験データ)．逆に著しい肥満者ではTBIは不当に低値となる．BMIが正常から大きく外れる場合は，全身骨の評価にTBIは不向きであるので留意が必要と思われた．

今回の検討のみで，退行期骨粗鬆症の診断においてDXAにより身体のどの部位を測定すべきかを決定するのは難しい．すでに述べたように，測定部位により得られる情報が異なるため優劣を一元的には論じれないからである．しかしながら，退行期骨粗鬆症では全身の加齢変化としての骨塩量減少があると考えられ，また椎体と異なり全身骨塩測定値は体内の不均一な骨塩量の分布の影響を受けにくい．現在の装置では全身骨塩測定の再現性は良好[18]で，被曝量は僅少であり，短時間での測定が可能であり，全身骨塩測定は十分臨床的にルーチンに行いうる骨塩量測定法である．今回検討した全身骨塩量の新しい指標TBIは，骨塩量減少群と非減少群の間の識別能が鋭敏であり，全身骨塩量測定が，他の部位の骨塩量測定により得られる指標よりも鋭敏に，骨粗鬆症における骨塩量減少を識別できる可能性が示された．

ま と め

DXAによるさまざまな部位の骨塩指標について，椎体骨折の有無に基づいて骨塩量の相違を識別する能力の比較を行った．従来の全身骨密度の骨塩量減少の識別能は鋭敏でなかったが，全身骨塩量をBody Mass Indexで除して得られるTotal Bone Index(TBI)は，腰椎，橈骨骨密度よりも鋭敏な識別能を有しており，全身骨塩量測定が，他の部位の骨塩量測定により得られる指標よりも鋭敏に，骨粗鬆症における骨塩量減少を識別する可能性が示された．

稿を終えるに当たりご指導を賜りました放射線医学教室の濱本研教授，棚田修二助教授に深謝致します．また，LABROC 1，CLABROCをご供与頂いたThe University of Chicago のProfessor Charles E. Metzならびに日本放射線技術学会の関係者各位，検診の実施に際しご協力を頂いた愛媛県温泉郡重信町役場ならびに愛媛大学医学部附属病院放射線部，放射線科の関係者各位に御礼申し上げます．本研究の一部は愛媛県保険医療財団からの援助により行いました．併せて謝意を表します．

本論文の要旨は第42回米国核医学会(ミネアポリス市，1995年6月)および第15回日本骨形態計測学会(倉敷市，1995年7月)にて発表した．

文　献

1) 福永仁夫,友光達志：ミニレビュー骨塩定量の問題点．日骨形態誌　2：191-197, 1992
2) 片桐浩史，岸本英彰，山本吉蔵，他：骨粗鬆症患者に対する踵骨骨量測定の臨床的有用性－椎体圧迫骨折リスク評価の検討－．日本骨粗鬆症研究会録　2：104, 1993
3) 折茂　肇：骨粗鬆症の予防に関する総合研究,長寿科学総合研究平成4年度研究報告第3巻老年病各論，1991
4) Barnett E,Nordin BEC : The radiographic diagnosis of osteoporosis : A new approach. Clin Radiol　11 : 166-174, 1959
5) 今井弘子，渡辺　良，友光達志，他：日本骨粗鬆症研究会抄録　7, 41, 1994
6) 山本吉蔵，井上哲朗，高橋栄明：椎体計測のための罫線設定とpointingの基準，整形外科　46, 5-17, 1995
7) Goodenough DJ, Rossmann K, Lusted LB : Radiographic applications of receiver operating characteristic(ROC)curves, Radiology　110 : 89-95, 1974
8) 藤田広志，白石順二：ROC解析の基礎と応用，日本放射線技術学会専門委員会，30-54, 1994
9) Hanley JA,McNeil BJ : The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic(ROC)curve, Radiology 143 : 29-36, 1982
10) Charles E. Metz : Macintosh LABROC 1 User's Guide & Macintosh CLABROC User's Guide, Apple Macintosh™ version. Department of Radiology, The University of Chicago, January 1991
11) 友光達志，大塚信昭，福永仁夫，他：低骨塩量症例における腰椎，大腿骨頚部および橈骨遠位部骨塩量の検討．日骨形態誌　4：131-135, 1994
12) Genant HK, Faulkner KG, Gluer C-C : Measurement of bone mineral density : current status, Am J Med 91(5B),49S-59S, 1991
13) REID IR, Evans MC, Stapleton J : Lateral Spine Densitometry is a more sensitive indicator of glucocorticoid-induced bone loss. J.Bone and Miner Res 7 : 1221-1225, 1992
14) Peel NFA, Eastell R, Diagnostic value of estimated volumetric bone mineral density of the lumber spine in osteoporosis. J Bone Miner Res 9 : 317-320, 1994
15) Ryan PJ, Blake GM, Fogelman I et al : Spine and Femur BMD by DXA in Patients with Varying Severity Spinal Osteoporosis. Calcif Tissue Int　52 : 263-268, 1993
16) Griffin MG, Rupich RC, Pacifici R et al : A comparison of Dual Energy Radiography Measurements at the Lumbar Spine and Proximal Femur for the Diagnosis of Osteoporosis. J. Clin End and Metab　73 : 1164-1169, 1991
17) 長村敏生，吉岡博，森田陸司：二重エネルギーX線吸収法(DXA)による全身骨発育の評価－全身骨密度体格補正値の小児における正常域．日骨形態誌　4：123-129, 1994
18) 大村亮宏，串田一博，井上哲朗，他：DXAによる骨塩定量の実際－全身骨骨塩量，骨粗鬆症と骨塩定量-DXAによる骨塩定量，p.71-79，メディカルレビュー社，東京，1994