奈医誌．(J. Nara Med. Ass.) **46**, 704～708, 1995

超音波骨密度測定装置を用いた小児骨密度の検討

奈良県立三室病院小児科
鈴木　博，西野さやか，西野正人

GROWTH RELATED CHANGES OF BONE MINERAL DENSITY IN HEALTHY CHILDREN, USING AN ULTRASOUND BONE DENSITOMETER

HIROSHI SUZUKI, SAYAKA NISHINO and MASATO NISHINO
Department of Pediatrics Nara Pretectural Mimuro Hospital
Received November 30, 1995

Abstract: We analysed thirty healthy children (15 boys and 15 girls) and four patients under steroid therapy on bone mineral density (BMD), using a newly developed ultrasound bone densitometer. BMD was estimated with the value of stiffness of bone, which was calculated with SOS and BUA. The stiffness in boys increased from 75 to 96 in parallel with aging, as a regression line of $Y=67.58\pm2.27X$. And those in girls showed a regression line of $Y=68.38+1.40X$, ranging from 67 to 88. These results were correlative to those using DEXA. The stiffness in four patients under steroid therapy were lower than in healty children. Therefore, we supposed that the ultrasound bone densitometer would be useful for analysis of BMD in children.

Index Terms
ultrasound bone densitometer, bone mineral density, normal children

はじめに

骨塩定量法としてはSingle photon absorptiometry (SPA)やDual energy X-ray absorptiometry (DEXA)等の放射線を利用した測定法が成人を対象に広く行われているが，小児や妊婦には放射線被爆の問題が存在する．近年，超音波骨密度測定法が開発され，本法は放射線被爆がなく，簡便であることから小児を対象としてその有用性が注目されてきた．しかし，現在まで本法による小児の正常値については報告がない．そこで，今回，我々は，超音波骨密度測定装置を用いて正常小児およびステロイド療法後の患児の骨密度を測定し，その有用性について検討したので報告する．

対　　象

親の同意を得た．骨代謝異常のみられない正常発育児30名，男子は4歳から14歳(平均9.6歳)の15名，女子は3歳から14歳(平均8.5歳)の15名である．また，ステロイド治療中の患児についてはネフローゼ症候群3名(9，14，15歳)，ループス腎炎1名(15歳)につき検討した．

方　　法

今回使用したのは米国Lunar社製Achilles ultrasound bone densitometerである．その基本原理を簡単に紹介する(Fig. 1)．被検者を座位にし，測定槽の所定の部位に，右足または左足を位置付け固定する．温度が一定の水で被検部が満たされた後，0.1-2.0 MHzの超音波信号が発せられ，踵骨の一点(底面から4 cm，後面から3 cmの部位)を通過後，もう一方のトランスデューサーに捉えられる．さらにその信号はデジタル化されてコントロールボックスに貯えられ，その情報の再現性が確認されるとコンピューターに送られて係数が算出される．検討した係数は以下の3つである．

1. SOS(Speed of sound)

超音波が骨を通過後の速度(m/sec)である．水温に依

存するため，本装置では waterbath 内の水温が一定かつ体温に近似するように設定されている．これは骨の弾力性を表し，骨密度と相関すると言われている．

2. BUA(Broadband ultra-sound attenuation)

超音波はある密度をもった物質を透過する際には吸収されることによりその振幅が減少する．BUA はしゅ骨に 0.5 MHz を中心とした広帯域の超音波パルス波を当て，得られた周波数スペクトラムから水同等物質の透過スペクトラムを引いて求められる傾き(dB/MHz)である．これは，骨の硬度や骨梁の 3 次元分布を表す指標とされる．

3. Stiffness(%)

SOS と BUA を統合的に評価する指標として数学的に算出されたものである．

$$\text{Stiffness}=0.67\times\text{BUA}+0.28\times\text{SOS}-420$$

これは，骨密度と相関するといわれている．今回はこの Stiffness 値につき検討した．

1. 正常児 30 名の骨密度

男子では 4 歳の 78 %を最低値として，加齢とともに Stiffness 値は漸増し，11 歳以上の学童では 90 %以上の値を示した．女子でも 6 歳までの幼児は 70 %前後であるが，男子と同様に加齢とともに Stiffness 値は漸増し，学

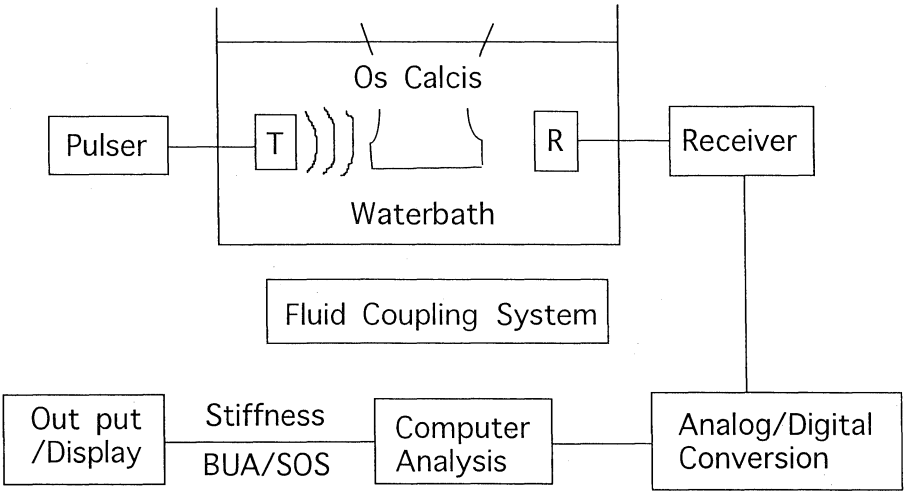

Fig. 1. Principle of the achilles ultrasound bone densitometer.
(Yamazaki et al.; 1992)

Table 1. Stiffness of bone in normal children measured with the bone mineral densitometer

BOY

No.	Age (year)	Stiffness (%)
1	4	78
2	6	82
3	7	85
4	8	87
5	9	88
6	9	88
7	9	84
8	9	82
9	10	90
10	10	75
11	11	94
12	11	95
13	11	91
14	12	92
15	14	96

GIRL

No.	Age (year)	Stiffness (%)
1	3	72
2	4	76
3	5	72
4	6	67
5	8	82
6	9	82
7	9	81
8	9	88
9	10	85
10	10	80
11	10	80
12	11	84
13	11	88
14	13	84
15	14	80

童では80％以上を示した．平均は男子88.8％，女子80.1％で全体に男子の方が高値を示した(Table 1)．そこで，横軸(X)を年齢，縦軸(Y)をStiffness値としてプロットし，さらにSTAXを用いて回帰直線を求めた(Fig. 2, 3)．男児では骨密度は加齢にともない増加し(Y＝67.58±2.27 X)，そのr値は0.58であった．一方，女

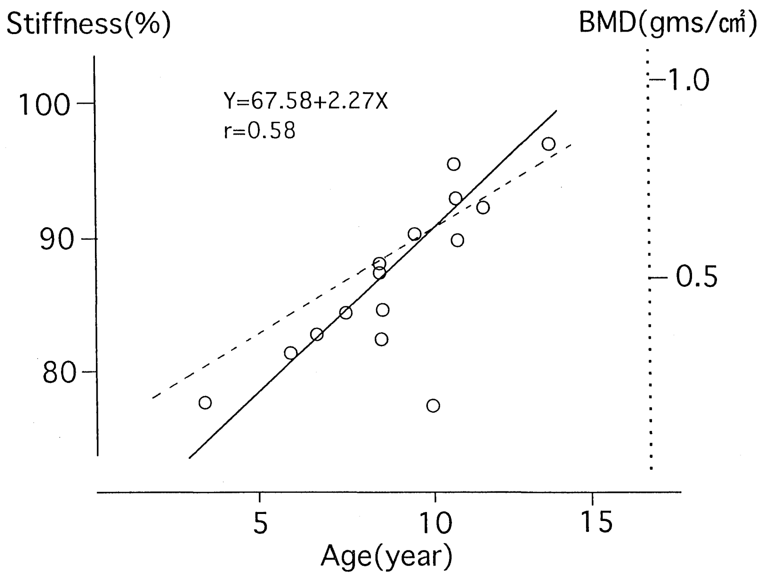

Fig. 2. Bone mineral density in healthy boys measured with the ultrasound bone densitometer.
(——) : regression line
(------) : data of DEXA from Nagamura et al.[1)]

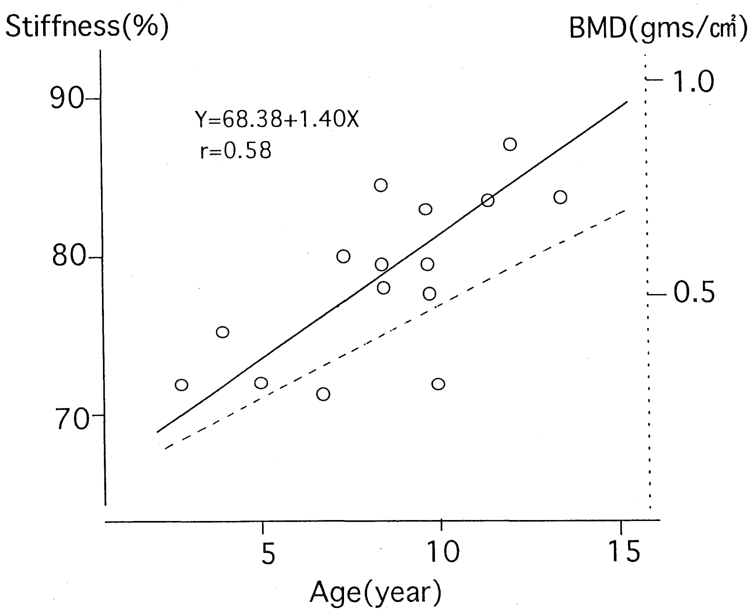

Fig. 3. Bone mineral density in healthy girls measured with the ultrasound bone densitometer.
(——) : regressin line
(------) : data of DEXA from Nagamura et al.[1)]

Table 2. Bone mineral density in patients under steroid therapy

Name	Sex	Age	Disease	Bone mineral dentity	
				DEXA (gms/cm²)	Achilles (%)
R. N.	M	14	Nephrotic syndrome	——	82↓
M. K.	F	15	Loupse nephritis	0.575↓	84↓
Y. M.	M	15	Nephrotic syndrome	——	88↓
Y. N.	M	9	Nephrotic syndrome	0.625↓	82↓

(↓): decreased

子においても回帰直線はY=68.38+1.40Xと男児に比べてやや傾きは緩徐であるが，加齢とともに骨密度は増加した．図の中の破線は長村ら[1]によるDEXAでの測定をあてはめたものであるが，ほぼ同様の所見である．

2. ステロイド療法後の患児の骨密度につき検討した(Table 2)．Stiffness値はネフローゼ症候群の3例で82，88，82%と正常児の回帰直線よりやや低値を示し，ループス腎炎例でも84%と低値であった．また，そのうち2例ではDEXAでも測定したが，いずれも長村ら[1]の回帰直線と比べ低値であった．

考　　察

骨塩定量法は，1969年にSingle photon absorptiometory (SPA)法が開発されて以来，Dual photon absorptiometory法，Dual energy X-ray absorptiometory (DEXA)法，あるいはQuantitative C. T.法へと発展，普及してきた．なかでも，DEXAは本邦でももっとも普及している方法であり，その精度についてはすでに多くの報告がある[2]．しかし，いずれの方法も放射線を利用するため被爆の問題があり，また，装置が大がかりで高価なため，設置できる施設が限られていた．一方，近年開発された超音波骨密度測定装置は超音波を利用しているため被爆の心配がなく，妊産婦や小児にも繰り返し使用することができ，さらに装置がコンパクト，軽量であり移動が容易である．加えて，座位という楽な姿勢で短時間で測定でき，患者に負担をかけないといったような利点があり，その測定精度についても十分に実証されている[3]．今回，小児の骨密度を本法を用いて検討したが，正常小児の骨密度が加齢にともない一定の割合で増加することが認められ，SPAやDEXAを用いた報告[1),4)]とほぼ同様の傾向がみられた．このことから小児の骨密度の評価に本法を使用できるものと考えられる．

ところで，骨組織は，大きく皮質骨と海綿骨の2つに分類されるが，全身骨の80%は皮質骨からなる．海綿骨は椎骨，肋骨などに多く，皮質骨は四肢の長管骨の骨幹部に多い[5]．一般に海綿骨は皮質骨に比べ表面積が大きく，代謝速度は皮質骨の約8倍と考えられており，骨塩量の減少や薬剤に対する反応は，皮質骨より海綿骨に出現すると考えられている[6]．今回測定部位とした踵骨は90-95%が海綿骨であり，代謝回転の早い海綿骨の豊富な荷重骨であるため，非荷重による骨量減少等の評価には最も適した部位であると考えられた[7]．

ところで，Cushing症候群のように内因性のステロイド過剰によるほかに，ステロイドを治療目的で投与された外因性の場合にも骨量低下を来すことが広く知られているが[8]，ステロイドによる骨量低下の原因は，osteoblastによる骨collagenの合成抑制と腸管からのカルシウム吸収の低下に伴う二次性上皮小体機能進症によることが推察されている[8]．今回，少数であるが，ステロイド内服後の患児の骨密度につき検討したが，測定値はやや低値を示し，これはDEXAでの測定と一致したことから本法の有用性が確認された．

その他にも，下垂体性小人症，クレチン症，甲状線機能亢進症などで骨密度の低下が報告されており[4,6]，今後，同様に検討が可能であると考えられる．

一方，欠点としては，測定用Waterbathが成人用に作られており，足のサイズが21cm以下の場合，データの信憑性がおちると言われている．したがって，今後は小児用としての工夫が必要であろう．

結　　語

超音波骨密度測定装置を用いて正常人児およびステロイド療法後の患児の骨密度につき検討した．本法は従来のものと相関性が高く有用と思われた．

文　　献

1) **長村敏生，水田隆三，日下部虎夫，西口弘恭，辻　秀憲，河本勲則，花安　肇，吉岡　博，竹内恒治**：健常小児における全身骨塩量の加齢に伴う変化．医学のあゆみ **164** (No.9) : 659-660, 1993.
2) **小泉　潔**：Dual energy X-rax absorptiometory (DEXA)による骨塩定量法の基礎的検討．日本医学

放射線学雑誌 **50**: 123-129, 1990.

3) **山崎　薫，串田一博，大村亮宏，佐野倫生，佐藤義弘，井上哲郎**：超音波骨密度測定装置(Achilles Ultrasound Bone Densitometer)の使用経験-測定精度と有用性の検討. Therapeutic Research **13** (No.8): 3647-3654, 1992.

4) **荻野　浩**：成長期のとう骨骨塩量評価に関する研究-Single Photon Absoptiometory. 日整会誌. **63**: 45-58, 1989.

5) **石谷のぶ夫，大関武彦，花木啓一，本角弘子，砂口まゆみ，大田原宏子，白木和夫，荻野　浩，山本吉蔵**：小児期における骨代謝の検討(1)-正常小児の骨幅・骨量・骨密度の年齢および性別による変化の検討. 小児科診療 **12**: 3007-3013, 1990.

6) **岡田泰助，荒木久美子，古賀真紀子，森岡直子，倉繁隆信**：下垂体性小人症の骨塩量について-DIP法とDEXA法の比較. 小児科臨床 **46**: 1159-1163, 1993.

7) **岸本英彰**：骨量計測法(骨測定機器)の概要と特長. 新医療 p52-55, 1994.

8) **Hahn, T. J.**: Corticosteroid-induced osteopenia, Arch. Intern. Med. **138**: 882-885, 1978.