

## 골조송증에서 근위대퇴골 골소주 지표와 골밀도와의 관계

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

석세일 · 이덕용 · 강신영 · 박원경

=Abstract=

### The Relationship of Femoral Trabecular-Pattern Index and Bone Mineral Density in Osteoporosis

Se Il Suk, M.D., Duk Yong Lee, M.D., Shin Young Kang, M.D. and  
Won Kyoung Park, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Seoul National University,  
Seoul, Korea*

Osteoporosis represents a reduced amount of bone tissue as compared with controls of same age and sex, and common feature of osteoporosis is a state of skeletal fragility leading to various fractures such as Colles' fracture, vertebral compression fracture, femur neck fracture, generally due to an inadequate amount of normally mineralized bone tissue, making the skeleton incapable of supporting normal mechanical demand. However it is difficult to quantify precisely its magnitude because of the variety of techniques used and the many bone sampling sites concerned.

In 1970, Singh and associates<sup>24,25)</sup> developed a method for grading the trabecular structure of the proximal end of the femur and reported that the femoral trabecular pattern index can clearly separate persons with osteoporosis from normal individuals.

Cameron and its associates developed an accurate method of determining bone mineral content by means of I-125 photon absorptiometry<sup>5,28)</sup>. This method is consistently reproducible at the 98% level and has demonstrated agreement with ash measurement of cadaver bones at the 97% level. A comparative study of the usefulness of the femoral trabecular pattern index(Singh Index) and radial bone mineral content measurement by photon absorption was performed in 75 Korean persons above forty years old. 25 of 75 persons were fracture patients due to osteoporosis.

The results were as follows.

1. A significant difference in Singh index was noted between the fracture group and control group.
2. A significant difference in bone mineral density was noted between the fracture group and control group.
3. A positive correlation was noted between the bone mineral density and Singh Index.
4. A significant difference in bone mineral density was noted between the fracture group and the control group which have same grade of Singh Index. So, we believe that bone mineral density is more objective and accurate than Singh Index.
5. We believe that both Singh Index and bone densitometer is useful in diagnosis and grading of osteoporosis.

**Key Words :** Osteoporosis, Singh index, Bone densitometer.

## 서 론

골조송증(osteoporosis)은 자신의 성과 나이에 비해 골양(bone mass)이 감소된 상태에서 흔히 아주 약한 외력에도 대퇴골 경부골절, 척추의 압박골절 등을 일으킬 수 있기 때문에 그 진단 및 등급의 판정은 여러 골절들의 예방에 도움이 될 수 있으며 임상적으로는 단순방사선 소견에서 골음영의 감소가 있으면서 심한 외상이나 악성 종양, 골연화증(Osteomalacia)등에 기인하지 않은 척추의 압박골절이나 대퇴골 경부골절 등이 발견될 때 진단할 수 있다. 현재까지 알려진 골밀도 측정법에는 기초실험적인 방법으로 골 질량 및 부피 측정법, 미세 방사선 측정법, 특수염색에 의한 조직화학법(Tetracyclin) 침착법 및 (Triple flurochrome labeling)법<sup>29)</sup> 등이 있으며 임상적인 방법으로는 대퇴골 근위부 골소주 지표(Singh Index), 중수지골을 이용한 피질골폭 측정법, 광자흡수 계측법(Photon absorpsiometry)을 이용한 골밀도 측정법(Bone densitometry)<sup>5, 30)</sup>, 전산화 단층촬영법(Computerized Tomography)<sup>6, 10)</sup>, 핵종섭취법(Radionuclide uptake)캠프

톱 산란법(Camptom scattering)<sup>7)</sup> 및 전신 칼슘 중성자 활성화법(Whole body neutron activation of calcium)<sup>7)</sup> 등이 있다.

단순 방사선 사진에서는 골무기질 (Bone Mineral)의 30% 이상이 감소되어야 골조송증의 진단이 가능하기 때문에<sup>16)</sup> 미세한 변화의 측정은 물론 불가능하고 일반적인 검색(Screening)에 사용하기에도 좋지 않은 방법으로 생각되는데 1970년에 Singh은<sup>24)</sup> 골조송증의 정도에 따라서 근위 대퇴골의 골소주계(Trabecular system) (Fig. 1)가 6단계로 변화하는 것을(Table 1) 단순 방사선 사진으로 분류하여 Singh Index라 칭하였는데(Fig. 2) Singh Index는 비침습적이고 간편하면서 골조송증의 진단 및 등급의 판정에 많은 도움이 되었고 지금도 널리 사용되고 있다.

1963년에 Cameron과 Sorenson<sup>5, 28)</sup>은 처음으로 I-125를 에너지원으로 사용한 광자 흡수계측법을 이용하여 골밀도 (Bone Mineral Density: BMD)를 측정하는 법을 개발하였다. 이 방법은 골양의 감소를 수량화하여 표시할 수 있고 골조송증의 검색에 유용하며 추시검사에서 골소실의 속도 등을 알 수 있고 위험도 (Risk)의 산출이 가능한 점 등의 이점이 많으며<sup>13, 26, 27)</sup>, 재현성(Re-

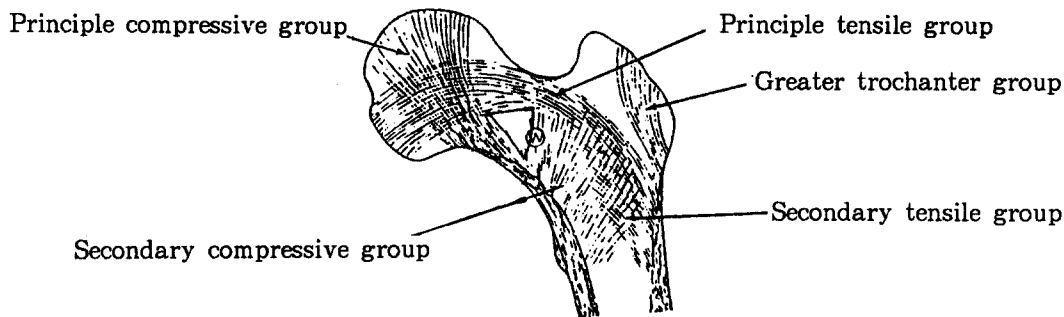


Fig. 1. Diagrammatic representation of five normal groups of trabeculae in the upper end of the femur. Ward triangle is marked by W.

Table 1. Singh Index of osteoporosis in proximal femur

Grade VI : All the normal tabecular groups are visible and the upper end of the femur seems to be completely occupied by cancellous bone.
Grade V : The principal tensile end principal compressive trabeculae are accentuated.
Grade IV : Principal tensile trabeculae are markedly reduced but can still be traced.
Grade III : There is a break in the continuity of the principal tensile trabeculae opposite the greater trochanter. This grade indicate definite osteoporosis.
Grade II : Only the principal compressive trabeculae stands out prominently.
Grade I : Even the principal compressive trabeculae are markedly reduced in number and are no longer prominent.

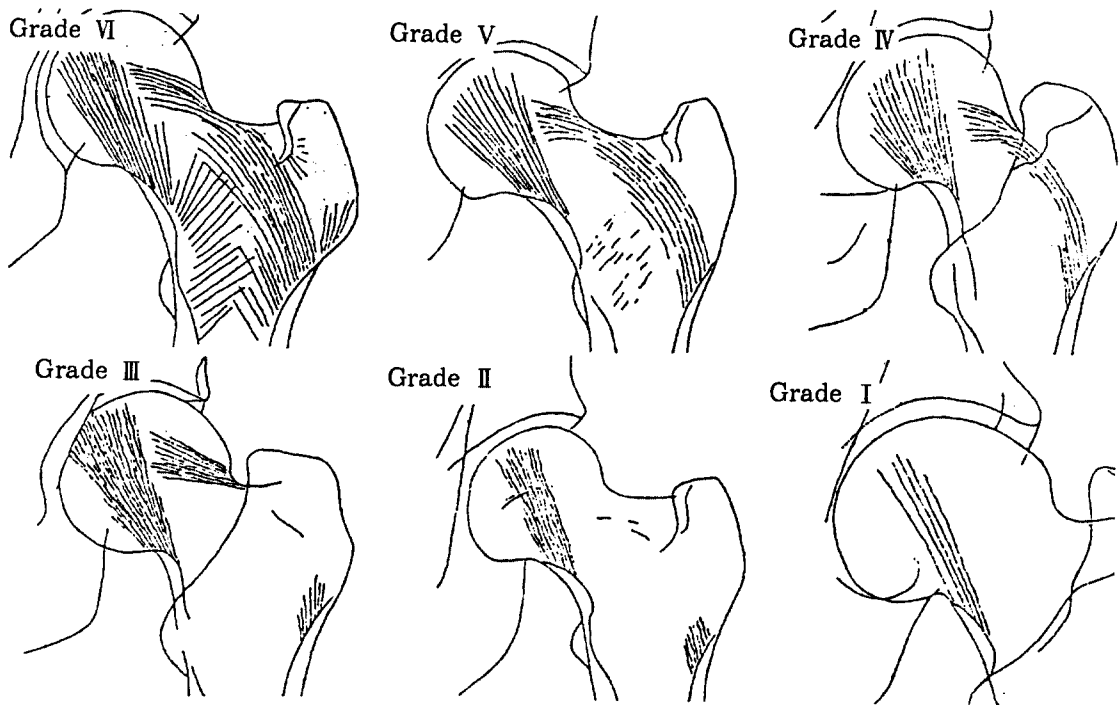


Fig. 2. Diagram showing the Singh Index from Grade VI to Grade I.

producibility)에서 2% 이하의 오차를 보이고 정확도(Accuracy)와 정밀도(Precision)가 상당히 높은 검사방법이라고 하였다<sup>3, 4, 24, 28</sup>.

외국에서는 정상 및 비정상 환자의 골 밀도에 대한 통계자료뿐 아니라 이를 이용한 골대사연구가 활발히 진행중이지만 우리나라에서는 아직 광자흡수 계측법을 이용한 골밀도 측정법이 널리 보급되어 있지 않고 따라서 통계자료뿐 아니라 골밀도 측정법의 원리, 적용범위, 한계점 등에 대한 이해가 부족한 형편이다.

저자는 1986년 9월부터 1987년 8월까지 1년간 서울대학교병원 외래 및 병실을 방문하였던 75명의 환자에서 Singh Index와 광자흡수 계측법을 이용한 골밀도를 측정한 후에 비교분석한 결과 두방법이 공히 골절군과 대조군 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보이고 두 방법 사이의 상관관계수가 높은 것으로 나타나 골조송증의 진단 및 등급판정에 유용할 것으로 생각되어 문헌 고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

대조군은 1986년 9월부터 1987년 8월까지 서울대학교병원 정형외과 외래를 방문하였던 40세 이상의 환자중 골절경험이 없고 이학적 검사나 단순 방사선 사진에서 특별한 소견이 발견되지 않아서 정상이라고 생각되었던 환자중에서 50명을 임의 추출하였고 만성간질환, 신질환(Renal disease), 악성종양 혹은 골대사에 영향을 끼칠 수 있는 다른 질병이 없는 것을 확인하기 위해 흉부방사선사진, 혈액검사, 소변검사, 간기능 검사를 시행하여 정상임을 확인하였으며 이것이 정상인 사람에서 칼슘, 인(Phosphorus), Alkaline phosphatase를 검사하여 비정상일 경우에는 연구에서 제외하였다.

골절군은 같은 기간중 서울대학교병원 정형외과 및 내과의 입원환자중 대퇴골 경부골절 10례, 전장간 골절(Intertrochanteric fracture) 13례, 척추압박골절 2례의 환자를 추출하여 칼슘, 인, Alkaline Phosphatase를 검사하였는데 만성 신부전 환자 1례를 제외하고는 전부 정상이었다. 이러한 골절들의 원인은 노인성 혹은 특발성 골조송증, 장기간의 침상안정 등에 의한 골조송증 등으로 대부분은 특별한 원인들이 밝혀지지 않았으나 40대 남자 1례는 만성신부전으로 혈중

Table 2. Number of subject

		41~50	51~60	61~70	70~80	Total
Control group	Male	10	8	5	2	25
	Female	7	8	7	3	25
Fracture group	Male	0	1	4	5	10
	Female	1	3	5	6	15

Fig. 3. Photography shows 15° internal rotation view of both hips.

Fig. 5. Photography of marking distal one third of radius.

Fig. 4. Digital bone densitometer(Norland, Model 2780).

칼슘치가 7.1로 낮았고 Alkaline Phosphatase는 250으로 높았고 50대 여자환자 1례는 류마티스 관절염으로 약 2년간 부신피질 호르몬제재를 복용한 과거력이 있었다.

대상수는 대조군에서는 남자가 40대 10명, 50대 8명, 60대 5명, 70대 2명이었고 여자는 40대 7명, 50대 8명, 60대 7명, 70대 3명 등 총 50명이었다. 골절군에서는 남자가 50대 1명, 60대 4명, 70대 5명이었고 여자가 40대 1명, 50대 3명, 60대 5명, 70대 6명 등 총 25명이었다(Table 2).

## 2. 연구 방법

모든 연구 대상자에서 먼저 Singh Index를 구하였다. Singh Index는 양측 고관절의 전후 방사선 사진(Fig. 3) (Both hips AP)을 고관절을 15° 내회전 시킨 후에 촬영하여 근위대퇴골의 골소주의 양상을 3인의 정형외과 의사가 연속으로 판독한 후 Singh의 기준(Criterior) (Table 1)에 의하여 결정하였는데 3인의 의견이 서로 다른 경우에는 함께 재판독한 후에 결정하였다. 방사선 사진상 고관절의 위치가 잘못되었거나 사진의 질이 좋지 않을 경우에는 재촬영하였고 2~3번의 재촬영에도 불만족스러운 경우에는 대상에서 제외하였다. 골밀도의 측정시에는 먼저 비우위측 전완부(Non dominant forearm)의 방사선 사진을 촬영하여 원위 1/3의 요골의 국소병변(Localized lesion)이 없는 것을 확인한 후 Norland사의 Digital Bone Densitometer Model, 2780을 사용하여 측정하였다(Fig. 4).

방사선 에너지원으로는 I-125 (반감기 : 60일)을 사용하였으며 측정부위는 비우위측 전완부의 주두(Olecranon)끝에서 척측 경상돌기까지 길이를 재서 원위 1/3에 표시를 한 뒤 이 위치의 요골을 선택하였고 (Fig. 5) 연부조직의 광자흡수에 따른 오차를 최소로 줄이기 위해서 조직동일성 물질(Tissue equivalent material)인 증류수가 들어있는 조직덫개로 상하의 전완부를

조균과 골절균의 Singh Index와 골밀도의 평균치를 비교하고 t-test로 검정하였으며 다시 연령별로 비교분석하고 Singh Index의 등급에 따른 골밀도의 평균치를 구하였고 두 방법 사이의 상관계수를 구하였다.

## 연구 결과

### 1. 골절균의 분석

총 25례중 남자가 10례 여자가 15례로 여자가 남자에 비해 많았으며 골절균의 평균연령은 64.5세였다. 총 25례의 Singh Index의 평균치는  $2.2 \pm 1.1$ 이었으며 골밀도의 평균치는  $0.427 \pm 0.1 \text{ gm/cm}^2$ 이었다(Table 3). 25례중 21례가 Singh의 기준에 의한 확실한 골조송증(Definite osteoporosis)인 4미만이었고 4례는 4이상이었다. 골밀도는 전례가 0.550이하이었다(Table 3).

### 2. 대조균의 분석

총 50례중 남자가 25례, 여자가 25례였으며 총 50례의 Singh Index의 평균치는  $4.2 \pm 0.9$ 이었으며 골밀도의 평균치는  $0.641 \pm 0.1 \text{ gm/cm}^2$ 이

Fig. 6. Photography of measuring bone density.

둘러싸 수평평행면이 이루어지도록한 후에 측정하였다(Fig. 6).

(Bone Mineral Content : BMC), 골폭(Bone Width : BW) 및 골밀도(Bone Mineral Density : BMD)는 컴퓨터에 의해 자동으로 산출되어 그 수치가 그래프와 함께 화면에 나타난다(Fig. 7). 정확도를 높이기 위해 1인당 같은 방법으로 골주사를 4회 반복시행하여 평균값을 얻었다. 대

#### RESULTS :

BMC(G/CM)	BW(CM)	BMC/BW(G/CM/CM)
0.773	1.078	0.717
0.770	1.145	0.672
0.772	1.112	0.694
0.789	1.345	0.680
0.776	1.120	0.693
0.0067	0.0320	MEAW STD. DEV.

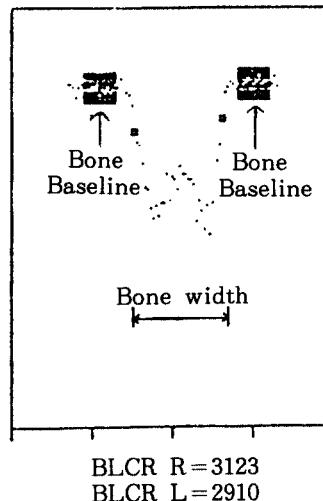


Fig. 7. Bone densitometer was displayed on the Screen as digit and graph.

**Table 3. Sum of fracture cases**

Case No.	Diagnosis	Sex/Age	Singh Index	BMD(gm/cm <sup>2</sup> )
1	Femur neck fracture	M/77	2	0.397
2	"	M/72	2	0.355
3	"	M/77	2	0.370
4	"	F/79	2	0.352
5	"	F/80	2	0.316
6	"	M/66	4	0.554
7	"	M/72	4	0.484
8	"	M/68	3	0.318
9	"	F/80	1	0.312
10	"	F/62	2	0.343
11	Intertrochanteric fracture	F/67	2	0.351
12	"	F/65	2	0.337
13	"	F/67	2	0.302
14	"	M/69	3	0.312
15	"	F/46	4	0.494
16	"	M/56	3	0.412
17	"	F/59	2	0.349
18	"	F/78	2	0.303
19	"	F/56	2	0.351
20	"	F/55	2	0.353
21	"	F/67	3	0.409
22	"	F/72	2	0.301
23	"	F/66	4	0.482
24	Compression fracture L1	F/74	2	0.313
25	Compression fracture T10	F/76	3	0.411
Average		68.2	2.5 ± 0.8	0.371 ± 0.06

BMD : Bone Mineral Density

**Table 4. Sum of control group**

Case No.	Age/Sex	Singh Index	BMD(gm/cm <sup>2</sup> )
1	M/46	4	0.738
2	M/64	6	0.828
3	F/52	6	0.816
4	M/41	5	0.71
5	M/47	5	0.522
6	F/41	5	0.65
7	F/65	6	0.812
8	F/55	5	0.744
9	F/64	4	0.466
10	F/66	3	0.51
11	F/68	4	0.546
12	M/53	4	0.664
13	M/57	5	0.676

Table 4. Sum of control group

Case No.	Age/Sex	Singh Index	BMD(gm/cm <sup>2</sup> )
14	M/63	4	0.503
15	M/67	5	0.589
16	M/51	3	0.619
17	F/55	5	0.716
18	M/61	3	0.566
19	M/58	6	0.808
20	M/62	5	0.656
21	M/58	3	0.514
22	F/48	6	0.79
23	F/67	6	0.857
24	F/50	5	0.68
25	F/41	4	0.506
26	F/47	4	0.569
27	F/57	4	0.468
28	M/47	5	0.7
29	F/57	6	0.675
30	M/51	5	0.675
31	M/56	5	0.776
32	F/46	5	0.677
33	F/54	4	0.585
34	F/49	5	0.604
35	F/47	5	0.648
36	F/66	4	0.552
37	M/75	6	0.583
38	F/58	6	0.686
39	M/45	3	0.491
40	M/47	6	0.865
41	M/44	6	0.816
42	M/46	6	0.807
43	M/46	5	0.793
44	F/65	4	0.515
45	M/56	6	0.854
46	M/54	4	0.526
47	M/76	5	0.754
48	M/72	5	0.686
49	M/73	3	0.413
50	M/78	4	0.526
Average	56.26	4.8 ± 0.9	0.654 ± 0.1

BMD : Bone Mineral Density

었다(Table 4).

### 3. 골절군과 대조군 사이의 Singh Index와 골밀도의 비교

Singh Index는 두 군 사이에서 t-test결과 P-value가 0.005이하로 통계적으로 유의하였으며 골밀도도 t-test결과 P-value가 0.005 이하로 통계적으로 유의하였다(Table 5). 즉 두 방법이

Table 5. Comparison between fracture and control group

	Fracture group (N=25)	Control group (N=50)	t-value	p-value
Singh Index	2.48±0.81	4.8±0.9	t=7.43	p<0.005
BMD(gm/cm <sup>2</sup> )	0.371±0.06	0.654±0.1	t=5.94	p<0.005
Age(Av.)	68.2	56.2		

Table 6. Comparison in Singh Index with age

	Control	Fracture	t-value	p-value
41~50	4.9±0.7(N=11)	4(N=1)		
51~60	4.7±0.7(N=16)	2.9±0.4(N= 4)	2.8	p<0.05
61~70	4.3±0.6(N=12)	2.8±1.0(N= 9)	4.7	p<0.005
71~80	4.1±0.6(N= 5)	2.8±0.8(N=11)	3.4	p<0.005

Table 7. Comparison in BMD with age(gm/cm<sup>2</sup>)

	Control	Fracture	t-value	p-value
41~50	0.676±0.09(N=17)	0.494 (N= 1)		
51~60	0.664±0.1 (N=16)	0.366±0.002(N= 4)	2.9	p<0.05
61~70	0.618±0.1 (N=12)	0.378±0.09 (N= 9)	4.2	p<0.05
71~80	0.591±0.09(N= 5)	0.355±0.03 (N=11)	4.4	p<0.005

Table 8. Comparison in BMD with grade of Singh Index

Singh Index	BMD(gm/cm <sup>2</sup> )		t-value	p-value
	Fracture	Control		
6	(N= 0)	0.784±0.08(N=13)		
5	(N= 0)	0.680±0.06(N=18)		
4	0.503±0.03(N= 4)	0.550±0.07(N=13)	2.6	p<0.05
3	0.410±0.01(N= 8)	0.518±0.06(N= 6)	3.6	p<0.05
2	0.354±0.01(N=12)	(N= 0)		
1	0.312 (N= 1)	(N= 0)		

공히 골절군과 대조군 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 연령에 따른 비교에서도 대상수가 적은 40대를 제외하고는 모든 연령에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 6, 7). Singh Index에 따른 골밀도의 평균치는 등급이 감소함에 따라서 같이 감소하는 것으로 나타났으나 Singh Index 4와 Grade 3에서는 같은 등급임에도 불구하고 대조군과 골절군 사이에서 골밀도의 평균치가 다르게 나타났다(Table 8).

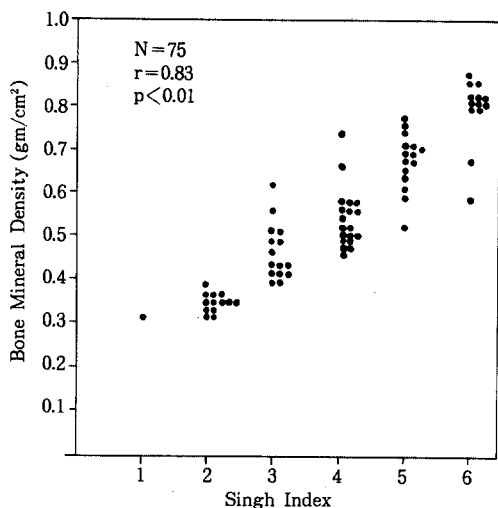
#### 4. Singh Index와 골밀도의 상관관계

골절군과 대조군을 전부 합하여 회귀적선분석(Linear regression analysis)을 시행하여 상관계수가 0.83으로 나왔다(Fig. 8).

## 고 찰

나이가 들면서 사람의 골무기질량(Bone Mineral Content)은 감소하게 되는데 어떤 사람들은 40세 이상의 여성과 50세 이상의 남성에서 골량의 감소가 시작된다고 하였으며<sup>21, 22)</sup> 어떤 사람은 성장기가 끝나면서부터 골량의 감소가 시작된다고 하였다<sup>2)</sup>. 이것은 생리적인 현상으로(Physiological osteopenia) 방사선 사진에서 골음영의 증가(Increased radiolucency)가 있으면서 척추체의 변형을 동반하지 않고 점차적으로 골피질의 두께가 얇아지는 등의 소견과 임상적으로는 증상이 없는 것으로 일반적으로 받아들여지





**Fig. 8.** Correlation of Bone Mineral Density of distal 1/3 radius with Singh Index ; There is significant correlation between the femoral trabecular pattern index(Singh Index) and the radial bone mineral density ;  $r$  : correlation coefficient.

고 있다. 골조송증은 자신의 성과 나이에 비해서 골량이 감소된 상태로 우연한 방사선 검사 혹은 아주 경한 외상등에 의해 발생한 골절시에 발견되는 것이 보통으로 그 정의는 학자들간에 다소 차이가 있다.

Johnston과 Epstein<sup>12)</sup>은 골조송증을 골량이 감소된 상태로서 경한 외상으로든 골절이 유발되는 골의 역학적인 쇠약상태라고 정의하였고 Lane과 Vigorita<sup>17)</sup>는 골조송증을 골량이 손실된 상태로서 방사선 소견상 미만성의 골 감소증의 형태로 나타나거나 혹은 임상적으로 골절을 유발하는 상태라고 포괄적으로 정의하였다.

Jaworski<sup>10)</sup>는 골감소증(Osteopenia)과 골조송증(Osteoporosis)을 구분하여 전자는 무기골조직이 감소한 상태라고 표현한 반면 후자는 비가역적인(Irreversible) 골감소증으로서 골조송증은 형태학적으로 총골량의 감소로 인하여 골량이 감소된 상태라고 구체적으로 정의하고 있다. 골량의 감소는 생화학적으로 골의 교원질(Collagen) 또는 무기질의 형성결핍으로 인하여 발생하거나 골수의 증식으로 발생하는데<sup>17)</sup> 아마도 골세포 활동의 변화 즉 골아세포(Osteoblast) 활동의 감소, 파골세포(Osteoclast) 활동의 증가, 또는 이 양자간의 불균형으로 인한 음성 골균형(Negative Bone Balance)때문이라고 생각되지

만<sup>17)</sup> 아직까지 골조송증의 원인, 발생기전 및 치료방법은 규명되지 않은 상태에 있으며 현재 활발한 연구가 진행중에 있다. 대부분의 골조송증은 특별한 원인이 밝혀지지 않은 특발성 혹은 노쇠현상으로 일어나는 노인성 골조송증인데 대퇴골 경부골절, 척추의 압박골절 등 골조송증에 기인한 골절들은 주로 노인에서 잘 발생하며 동통과 심한 기능장애를 일으키고 여러가지 심각한 합병증에 의해 조기에 사망에까지 이르게 하기 때문에 골조송증의 조기진단 및 그 예방의 필요성은 대단히 중요할 것으로 생각된다.

본 연구에서도 골절군의 평균연령은 64.5세로 대조군에 비해 월등히 높았으며 25례중 15례가 여성으로 대상수는 적지만 골조송증에 의한 골절은 역시 고령의 여성에서 빈발한다는 것을 알 수 있었다. 단순방사선 사진에서 골조송증을 진단하기 위해서는 적어도 30% 이상의 골무기질이 감소되어야 하나<sup>16)</sup> 1970년에 Singh등<sup>24)</sup>은 근위 대퇴골 경부의 골소주의 형태변화로 등급을 정하는 근위 대퇴골 골소주지표(Femoral trabecular pattern index : Singh Index)를 발표하면서 근위 대퇴골은 해부학적으로 골조송증을 연구하기에 가장 좋은 부위이고 방법이 간단하며 이 방법은 연령, 성, 종족등에 의해 변화가 많은 골량(Bone Quantity)보다는 구조(Structure)의 변화에 의해 등급이 결정되는 장점이 있다고 하였다.

Singh<sup>24)</sup>은 이 방법이 조직학적인 골조송증의 등급(Histologic Grade of Osteoporosis)과 상관계수가 0.812정도로 연관성이 있으면서 정확하여 정상인과 골조송증 환자를 정확히 구분할 수 있다고 하였는데 Singh Index는 판독하는 의사에 따른 재현성(Reproducibility)이 대단히 낮고 등급을 6가지로만 나누었기 때문에 작은 변화는 수량화할 수 없는 등 단점이 많아 객관적이고 정확한 정보를 얻기가 어려웠다고 주장한 사람<sup>14, 15)</sup>도 있는 등 논란이 많으나 검사가 간편하고 재검사가 용이하기 때문에 지금까지도 비교적 널리 사용되고 있다.

본 연구에서는 골절군의 Singh Index의 평균치가  $2.2 \pm 1.1$ , 대조군의 Singh Index의 평균치가  $4.2 \pm 0.9$ 로 나와서 t-test에서 P-value가 0.005 이하로 통계적인 유의한 차이를 보인 바 있어 Singh Index는 골조송증에 의한 골절의 위험도를 제시하여줄 수 있을 것으로 생각되었으나 같은 등급의 골절군과 대조군 사이의 골밀도의 평

균치가 다르게 나와서 Singh Index는 판독하는 의사에 따른 객관성의 결여가 있을 수 있다는 것을 추정할 수 있었다.

광자흡수 계측법(Photon Absorpsiometry)을 이용한 골밀도의 측정은 1963년 Cameron과 Sorenson<sup>5,28)</sup>이 처음으로 개발하였으며 여러 사람들에게<sup>19)</sup> 의하여 2% 내외의 오차 밖에는 허용하지 않는 좋은 방법이라고 보고되었다. 이 방법은 흔히 Iodine-125(27.3 KeV)이나 Americium-241(59.6 KeV)를 방사선 에너지원으로 사용하여 이 에너지원으로부터 방출된 단일 에너지 광자(Monoenergetic Photon)들이 골과 연부조직을 통과할 때에 일부가 흡수되고 계속 투과된 나머지 광자(Attenuated Photon)들의 양을 진동감지기가 탐지하여 골밀도를 계산하는 것이다.

광자흡수 계측법에 의한 골밀도의 측정은 투과된 광자들의 양을 수치로 표시하기 때문에 미세한 변화도 표시가 가능하고 보다 객관적이고 정확할 수 있어서<sup>5,26,28)</sup> 골양변화의 추시 및 이에 따르는 골절의 위험도를 객관적으로 제시하여 줄 수 있을 것으로 생각되며 비침습적이면서 간편하기 때문에 골밀도를 측정하는 획기적인 방법으로 평가되어 왔다. 본 연구에서는 Norland사의 Digital Bone Densitometer Model, 2780을 사용하여 비우위측 원위 1/3의 요골의 골무기질량, 골폭과 골밀도를 측정하였는데 여기서 골무기질 양이란 단위 길이당 무기질재 잔여량(Mineral Ash Residue)을 말하는 것으로서 1 cm 길이의 원통형 골을 연소시켜 버리고 남은 무기질의 질량을 의미하고 골폭은 두 피질골 사이의 거리를 의미하며 골밀도는 골무기질량을 골폭으로 나눈 것으로 골조송증의 진단 및 등급판정, 골절 위험도의 제시 등에 사용할 수 있는 지표가 된다.

국소의 무기질량은 전체의 무기질량과 비례하기 때문에<sup>18)</sup> 원위요골의 골밀도는 곧 전체의 골밀도를 대표한다고 할 수 있다. Grubb과 Talmage<sup>8)</sup> 등은 요골 원위부 5 mm의 망상골이 골대상에 좀더 민감하게 반응한다 하여 원위 5 mm의 골밀도 측정을 주장하였는데 이 부위는 환자의 체위에 따른 단면적의 변화가 심하고 재현성이 낮기 때문에 골밀도 측정에 합당하지 않을 것으로 생각되며 본 연구에서는 원위 1/3의 비우위측 요골을 사용하였다.

본 연구에서는 골절군의 골밀도의 평균치가  $0.427 \pm 0.1 \text{ gm/cm}^2$  대조군의 골밀도의 평균치가

$0.641 \pm 0.1 \text{ gm/cm}^2$ 으로 나와 t-test에서 P-value가 0.005이하로 통계적으로 유의한 차이를 보였고 Singh Index와 골밀도 검사간의 상관계수도 0.83으로 나와서 이 두가지 방법의 검사는 공히 골조송증에 의한 골절의 위험도를 제시하여 줄 수 있다고 생각된다. Singh Index나 골밀도 측정법은 각기의 장단점이 있고 두 검사방법간의 상관관계도 저자들에 따라 상관계수가 0.82~0.92까지 상당히 연관성이 있다고 보고하는 사람도 있고<sup>9,20)</sup> 통계적인 상관관계가 전혀 없다고 주장하기도 하는 등<sup>15)</sup> 논란이 있으나 노령인구의 증가에 따른 골조송증에 의한 골절의 증가추세는 본 연구에서 골절군과 대조군 사이에서 명확한 차이를 나타내었던 이 두 검사방법이 골조송증의 진단 및 등급판정에 그리고 골절의 위험도를 제시하여주고 예방하는 데에 점점 더 유용하게 쓰일 것으로 생각된다.

## 결 론

골조송증의 진단 및 등급의 판정에 혼하게 쓰이는 Singh Index와 골밀도의 유용성을 확인하고 두 방법 사이의 상관관계를 규명하기 위하여 본 서울대학교 의과대학 정형외과학교실에서는 1986년 9월부터 1987년 8월까지 1년간 40세 이상의 정상 한국인 50명과 골조송증에 기인한 골절환자 25명에서 Singh Index와 광자흡수 계측법을 이용한 골밀도를 측정한 후 비교분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군과 골절군 사이에서 Singh Index는 통계적으로 유의한 차이를 보였다.
2. 대조군과 골절군 사이에서 골밀도는 통계적으로 유의한 차이를 보였다.
3. Singh Index와 골밀도 검사는 상관계수 0.83으로 유의한 상관관계를 나타내었다.
4. 동일한 등급의 Singh Index를 가진 골절군과 대조군의 골밀도 검사치의 평균이 서로 다르게 나타나서 Singh Index는 판독하는 사람 혹은 상황에 따른 객관성과 재현성의 결여가 생길 수 있을 것으로 사료되었다.
5. Singh Index와 골밀도 검사는 공히 골조송증의 진단 및 등급판정에 유용할 것으로 사료되었다.

## REFERENCES

- 1) 이덕용 · 최인호 : 골조송중 최신의학, 28 : 27-31, 1984.
- 2) Arnold, U.S., Bartley, M.H., Tont, S.A., et al. : *Skeletal changes in aging and disease. Clin. Orthop.*, 49 : 17-38, 1966.
- 3) Awbery, B.J., Jacobson, P.C., Grubb, S.A., et al. : *Bone Density in Women ; A Modified Procedure for Measurement of Distal Radial Density. J. Orthop. research.*, 2 : 314-321, 1984.
- 4) Cameron, J.R., Mazess, R.B. and Sorenson, J.A. : *Precision and Accuracy of Bone Mineral Determination by Direct Photon Absorptiometry. Invest. Radiol.*, 3 : 141-150, 1968.
- 5) Comeran, J.R. and Sorenson, J.A. : *Measurement of one Mineral In vivo : An Improved Method. Science.*, 142 : 230-232, 1963.
- 6) Cann, C.E., Genant, H.K., Ettinger, B., et al. : *Spinal Mineral Loss of Oophorectomized Women. Determination by Quantitative Computerized tomography. J.A.M.A.*, 224 : 2056-2059, 1980.
- 7) Garnett, E.S., Kennett, T.J., Kenyon, D.B., et al. : *A Photon Scattering Technique for the Measurement of Absolute Bone Denisty in Man. Radiology.*, 106 : 209-212, 1973.
- 8) Grubb, S.A., Talmage, R.V., et al. : *Bone Density in Osteopenic Women : A Modified Distal Radial Measurement Procedure to Develop an "At Risk" Value for Use in Screening Women. J. of Orthopedic Research.*, 2 : 322-327, 1984.
- 9) Horsman, A., Bulusu, L., Bentley, H. and Nordin, B. : *Internal Relationships between Skeletal Parameters in Twenty-Three Male Skeletons. In Proceedings of Bone Measurement Conference. pp. 365-381. Oak Ridge. Tennessee. Atomic Energy Commission Conference-700515, 1970.*
- 10) Jaworski, Z.F.G. : *Physiology and Pathology of Bone Remodeling. Orthop. Clin. N. Am.*, 12 : 485-512, 1981.
- 11) Jensen, P.S., Orphanoudakis, S.C., Rauschkolb, E.N., et al. : *Assessment of Bone Mass in the Radius by Computed Tomography. Am. J. Radiol.*, 134 : 285-292, 1980.
- 12) Johnston, C.C. and Epstein, S. : *Clinical, Biochemical, Radiographic, Epidemiologic and Economic Features of Osteoporosis. Orthop. Clin. N. Am.*, 12 : 559-569, 1981.
- 13) Johnston, C.C. Jr. : Smith, D.M. : Yu. R. L. : and Deiss. W.P., Jr. : *In Vivo Measurement of Bone Mass in the Radius. Metabolism*, 17 : 1140-1153, 1968.
- 14) Khairi, M.R.A. and Cronin, J.H. : *Femoral Trabecular Pattern Index and Bone Mineral Content Measurement by Photon Absorption in Senile Osteoporosis. J. Bone and Joint Surg.*, 58-A : 221-226, 1976.
- 15) Kranendonk, D.H.M.D. and Jurist, J.M. : *Femoral trabecular patterns and bone mineral content. J. Bone and Joint Surg.*, 54-A : 1472-1478, 1972.
- 16) Lachmann, Ernest : *Osteoporosis : Potentialities and Limitations of its Roentgenologic Diagnosis (editorial). J. Am. J. Roentgenol.*, 74 : 712-715, 1955.
- 17) Lane, J.M. and Vigorita, V.J. : *Osteoporosis. Orthop. Clin. N. Am.*, 15 : 711-728, 1984.
- 18) Manzke, E., Chesnut, C.H., Wergedal, J.E., et al. : *Relationship Between Local and Total Bone Mass in Osteoporosis. Metabolism*, 24 : 605-615, 1975.
- 19) Mazess, R.B., Gameron, J.R., O'Connor, Richard and Knutzen, David : *Accuracy of Bone Mineral Method. AEC Contractor Report Coo-1422-30, 1968.*
- 20) Mazess, R.B. : *Estimation of Bone and Skeletal Weight by the Direct Photon Absorptiometric Method. AEC Contractor Report Coo-1422-30, 1968.*
- 21) Morgan, D.B. and Newton-John, H.F. : *Bone loss and senescence, Gerontologia*, 15 : 140-154, 1969.
- 22) Morgan, D.B. : *Aging and Osteoporosis in Particular Spinal Osteoporosis. Clin. Endocrinol. Metabol.* 2 : 187-201, 1973.
- 23) Russel, W.C. and Richard, M.S. : *The Non-invasive Determination of Bone Mineral*

- Content by Photon Absorptiometry. Am. J. Dis. Child., 136 : 568-580, 1982.*
- 24) Singh, Manmohan, Nagrath, A.R. and Maini, P.S. : *Changes in Trabecular Pattern of the Upper End of the Femur as an Index of Osteoporosis. J. Bone and Joint Surg., 52-A : 457-467, 1970.*
  - 25) Singh, Manmohan, Riggs, B.L. Beabout, J.W. and Jowsey, Jenifer : *Femoral Trabecular-Pattern Index for Evaluation of Spinal Osteoporosis. Ann. Int. Med., 77 : 63-67, 1972.*
  - 26) Smith, D.M., Johnston, C.C., Jr. and Yu, P. L. : *On Vivo Measurement of Bone Mass. Its Use in Demineralized States Such as Osteoporosis J. Am. Med. Ass. 219 : 325-329, 1972.*
  - 27) Smith, D.M., Khairi, M.R.A. and Johnston, C.C., Jr. : *Mineral Loss with Aging Measured Prospectively by the Photon Absorption Tehnique. In International Conference on Bone Mineral Measurement. DH EW Publication No. (NIH) 75-683, pp. 268-275, 1973.*
  - 28) Sorenson, J.A. and Comeran, J.R. : *A Reliable In Vivo Measurement of Bone-Mineral Content. J. Bone and Joint Surg., 49-A : 481-497, 1967.*
  - 29) Turek, S.L. : *Orthopedics. 4th Ed. pp. 172-179, Philadelphia, J.B. Lippincott Company, 1984.*
  - 30) Wilson, C.R. and Madson, M. : *Dichromatic Absorptiometry of Vertebral Bone Mineral Content. Invest. Radiol., 12 : 180-184, 1977.*