정량적 전산화단층촬영을 이용한 한국인의 골밀도

이종덕*

원광대학교 한의과대학 진단방사선학과

Bone Mineral Density of Normal Korean Adult Using QCT

Jong Deok Lee*

Department of Diagnostic Radiology, Collage of Oriental Medicine, Wonkwang University
Gwangju Wonkwang hospital, Wonkwang University

Osteoporosis is defined as a progressive systemic skeletal disorder characterized by low bone mineral density, microarchitectual deteriorations of bone and susceptibility to fracture. numerous methods have been used for quantitative assessment of the skeleton in osteoporosis. QCT has been shown to measure changes in trabecular mineral content in the spine with great sensitivity and precision. To provide the normal reference values and changes of lumbar spinal bone mineral density in korean adult spinal bone mineral density was evaluated in 451 women (229 premenopausal and 222 postmenopausal women) and 206 men, aged 20 to 74 years old in Wonkwang hospital from 2000 to 2004, which was carried out by using QCT. women with oophorectomy, vertebral compression fracture, any history of endocrine disease and use of drugs that alter bone metabolism were excluded. According to the WHO definition, a patient is osteoporotic based on a bone mineral density(BMD) measurement that is 2.5 standard deviations (SDs) below typical peak bone mass of young healthy white women. This measurement of standard deviation from peak mass is called the T score. BMD values of normal women in their 20-24 years, 25-29 years, 30-34 years, 35-39 years, 40-44 years, 45-49 years, 50-54 years, 55-59 years, 60-64 years, 65-69 years, over 70 years were 168.95mg/cc K_2HPO_4, 155.41mg/cc K_2HPO_4, 166.87mg/cc K_2HPO_4, 160.67mg/cc K_2HPO_4, 154.06mg/cc K_2HPO_4, 132.04mg/cc K_2HPO_4, 114.05mg/cc K_2HPO_4, 91.78mg/cc K_2HPO_4, 78.61mg/cc K_2HPO_4, 61.35mg/cc K_2HPO_4, 50.53mg/cc K_2HPO_4 Mean bone density of normal women was 115.77mg/cc K_2HPO_4. BMD values of normal men in their 20-24 years, 25-29 years, 30-34 years, 35-39 years, 40-44 years, 45-49 years, 50-54 years, 55-59 years, 60-64 years, 65-69 years, over 70 years were 171.46mg/cc K_2HPO_4, 162.19mg/cc K_2HPO_4, 155.62mg/cc K_2HPO_4, 147.28mg/cc K_2HPO_4, 137.56mg/cc K_2HPO_4, 137.56mg/cc K_2HPO_4, 101.25mg/cc K_2HPO_4, 109.00mg/cc K_2HPO_4, 103.32mg/cc K_2HPO_4, 91.53mg/cc K_2HPO_4, 88.35mg/cc K_2HPO_4 Mean density of normal men was 115.77mg/cc K_2HPO_4. Peak bone density of women and men was in the age group of 20-24 years and 168.95mg/cc K_2HPO_4, 171.46mg/cc K_2HPO_4, respectively. Bone loss was increased with aging and was accelerated in postmenopausal women than that of premenopausal women. The total loss of BMD for women and men was 70.09% and 48.47%, respectively. Postmenopausal women(mean BMD : 85.83mg/cc K_2HPO_4) had significantly lower BMD than premenopausal women(meand BMD : 144.80mg/cc K_2HPO_4)($p<0.001$). The annual loss of BMD of women and men was 2.702mg/cc K_2HPO_4 and 1.795mg/cc K_2HPO_4, respectively. This study provided the BMD reference data for normal korean adult. further studies on BMD in healthy adult and comparison with published data are needed.

Key words : osteoporosis, bone mineral density, QCT

서 론

골다공증은 성인에서 흔한 대사성 질환이며 낮은 골밀도와 미세구조를 약화시켜 외부에서 조그마한 힘에 의해 쉽게 부서질

* 교신저자 : 이종덕, 광주시 남구 주월동 543-8 원광대 부속 광주 한방병원
· E-mail : jdlee@wonkwang.ac.kr, · Tel : 062-670-6479
· 접수 : 2004/08/26 · 수정 : 2004/09/27 · 채택 : 2004/10/29

수 있는 상태를 말한다. 골다공증은 이환율, 사망률을 증가시키고 높은 사회경제적 비용을 초래하고 있다[1-2].

평균수명이 늘어나고 고령인구가 증가하여 노년기 여성의 대부분에서 골다공증이 초래되며 이에 따른 골절과 삶의 질 저하가 관심사로 떠오르게 되어 주요한 공중보건학적 문제가 되고 골다공증의 예방과 치료에 관심이 집중되고 있다[3]. 최근의 골다공증의 임상적 역학적 보고에 의하면 골절의 정확한 진단이 긴급한 문제로 대두되었고[4-6] 빈번하게 임상의가 발견하지 못 하는 문제점이 있다[7].

인체에서 골의 무기질 함량을 방사선학적으로 측정하는 방법은 단순 X선촬영에 의한 측정법, 말초 부속지골의 피질골을 측정하는 단광자 골밀도 측정기(single photon absorptiometry, SPA)[8], 피질골과 해면골을 측정하는 양광자 골밀도 측정기(dual photon absorptiometry, DPA)[9-11], 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기(Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)[12-13], 해면골만 측정하는 정량적 전산화 단층촬영(Quantitative computed tomography, QCT)등이 있다[14-16,39,42-44].

저자는 정량적 전산화단층촬영술에 의한 척추 해면골의 무기질 함량을 측정하여 연령에 따른 정상성인의 골밀도의 정상치와 폐경전후의 변화를 측정하여 골다공증의 예방, 진단과 치료의 기초자료로 사용하고 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2000년 5월부터 2004년 7월까지 본원을 방문하여 정량적 전산화 단층촬영을 이용하여 골밀도측정을 받았던 환자를 대상으로 하였다. 연령은 20세에서 74세 사이로서 척추 X선 사진상에서 압박골절이 없는 건강한 남녀를 대상으로 하였다. 문진 이학적 소견 및 과거 병력상 대사성 및 내분비 질환, 만성질환의 병력이 있거나 조기 또는 수술적인 폐경이 되었던 여성, 호르몬치료나 골 대사에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용한 환자(calcium, vitamin D, steroid 제재) 등을 복용한 과거력이 있는 사람은 연구대상에서 제외하였다. 전체 657명중 성별분포는 여성이 451명, 남성이 206명이었다.

2. 연구방법

연구 대상자들을 정량적 전산화 단층촬영술을 이용하여 제 1, 2, 3 요추체의 골밀도를 측정하였다. 골밀도 측정방법으로 미국 Image analysis사의 정량적 전산화 단층촬영술기를 사용하였고, 0, 50, 100, 200 mg/cm^3 K_2HP0_4 용액이 든 4개의 작은 원통으로 구성된 모형을 환자의 허리와 table사이에 넣고 측면 scout view상에서 제 1, 2, 3요추를 선정하여 척추체와 평행하는 각도에서 10mm 절편 두께로 환자와 같이 스캔하였다. 제 1, 2, 3 요추체의 CT 단위와 phantom을 이용하여 촬영한 CT 단위를 비교하여 골밀도를 계산하였고, 평균 골밀도 값은 각 요추의 골밀도 값의 평균으로서 나타내었다.

골밀도의 판정은 WHO 기준에 의해 정상여성의 평균 골밀도치를 기준으로 T score가 -2.5이하이면 골다공증, -1에서 -2.5이면 골감소증 -1이상이면 정상으로 분류하였다.

3. 통계학적 분석

정상 남녀를 연령별로 5년 단위로 분류하여 각 군을 20-24세, 25-29세, 30-34세, 35-39세, 40-44세, 45-49세, 50-54세, 55-59세, 60-64세, 65-69세, 70세 이상의 11군으로 나누어 분류하였다(Table 1, 2). 통계학적 분석은 빈도분석, T-test, ANOVA, 회귀분석을 사용하였다. 빈도분석의 측정값은 빈도로 T-test, ANOVA 등의 기술통계는 평균±표준편차로 표시하였고 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다.

결 과

1. 연령 분포에 따른 평균 골밀도

1) 여성의 골밀도

(1) 여성에서 전 연령 평균 골밀도는 115.77mg/cc K_2HPO_4이며 20-24세에 최대 골밀도 168.95mg/cc K_2HPO_4를 보이고, 40-44세를 기준으로 폐경기를 전후한 45-49세에서 14.29%의 골밀도 감소율과 최대골밀도의 21.85%가 감소하였고, 50-54세에서 25.97%의 골밀도 감소율과 최대골밀도의 32.49%가 감소하였고, 70세 이상에서는 67.20%의 골밀도 감소율과 최대골밀도의 70.09%가 감소하였다(Table 1).

Table 1. Mean bone mineral density according to women by age group

Group	N	L1	L2	L3	BMD(mg/cc)
20-24	22	171.18± 24.05	168.53± 25.82	167.15± 24.79	168.95± 24.69
25-29	23	156.97± 21.45	156.03± 22.97	151.90± 20.40	155.41± 20.59
30-34	21	165.43± 27.10	165.31± 29.48	165.07± 18.98	166.87± 22.09
35-39	34	165.00± 21.72	162.98± 22.02	159.25± 22.99	160.67± 23.12
40-44	51	157.83± 29.60	154.78± 29.71	149.80± 29.17	154.06± 29.04
45-49	65	136.99± 30.66	132.10± 31.88	127.64± 31.69	132.04± 30.37
50-54	58	119.64± 32.11	114.61± 31.43	107.72± 31.21	114.05± 30.93
55-59	51	101.83± 46.61	90.53± 26.21	83.16± 27.92	91.78± 28.61
60-64	49	86.21± 26.67	78.29± 27.82	71.53± 26.72	78.61± 25.58
65-69	44	68.98± 20.27	60.28± 22.44	55.02± 23.77	61.35± 19.71
70 〉	33	53.04± 28.79	44.28± 23.23	36.62± 24.82	50.53± 31.64
Total	451	120.97± 47.84	115.31± 48.56	110.00± 49.58	115.77± 47.32

(2) 제 1, 2, 3요추의 골밀도는 제 1, 2, 3요추 순으로 골밀도 감소를 보였고 모두 20-24세에서 최대치를 보이고 있다.

(3) 연령이 증가함에 따라 골밀도의 감소가 이상성(cubic form)으로 나타났다(Fig. 1).

(4) 여성의 골밀도가 남성에 비해 20대, 45-49세, 55세 이후에서는 낮으나 30-44세, 50-54세에서는 높은 경향을 보였다.

2) 남성의 골밀도

(1) 남성에서 전 연령 평균 골밀도는 140.89mg/cc K_2HPO_4 이며 20-24세에 최대 골밀도 171.46mg/cc K_2HPO_4를 보이며 완만한 감소를 보이다가 40-44세를 기준으로 45-49세에서 40-44세와 골밀도 평균이 같게 나왔고 최대골밀도의 19.77%를 보이고 50-54세에서 20.76%의 골밀도 감소율과 최대골밀도의 40.94%가

감소하였고, 704세 이상에서는 35.65%의 골밀도 감소율과 최대 골밀도의 48.47%가 감소하였다(Table. 2).

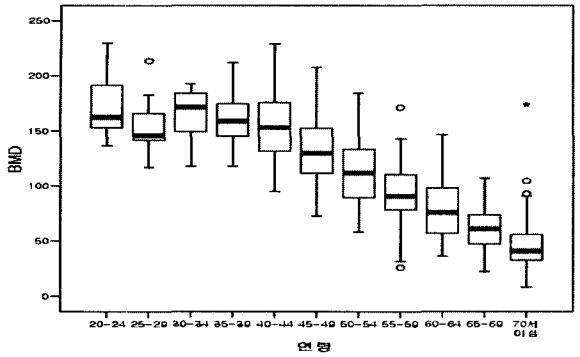

Fig. 1. The percentiles of bone mineral density among women.

Table 2. Mean bone mineral density according to men by age group

Group	N	L1	L2	L3	BMD(mg/cc)
20-24	18	173.92± 25.04	172.58± 22.87	167.88± 22.06	171.46± 22.60
25-29	31	167.71± 27.24	157.10± 36.46	158.05± 24.43	162.19± 25.24
30-34	41	160.17± 31.76	156.61± 32.38	150.56± 30.92	155.62± 31.33
35-39	31	148.53± 31.62	146.58± 20.72	142.61± 21.47	147.28± 19.57
40-44	23	146.65± 19.96	135.80± 37.70	126.00± 37.66	137.56± 25.79
45-49	16	139.56± 23.83	135.36± 28.67	126.20± 21.18	137.56± 25.79
50-54	8	104.55± 29.97	99.30± 27.74	99.85± 34.77	101.25± 28.90
55-59	12	114.93± 29.09	109.83± 28.02	102.18± 25.29	109.00± 26.69
60-64	15	107.69± 25.48	108.33± 21.98	93.96± 27.74	103.32± 22.96
65-69	7	97.23± 43.59	88.63± 46.59	88.64± 50.99	91.53± 46.76
70 〉	4	98.18± 12.67	88.80± 21.88	78.15± 22.36	88.35± 17.86
Total	206	145.68± 36.17	140.50± 37.75	134.95± 37.32	140.89± 35.13

(2) 제 1, 2, 3요추의 골밀도는 거의 제 1, 2, 3요추 순으로 골밀도 감소를 보였고 모두 20-24세에서 최대 골밀도를 보이고 있다.

(3) 연령이 증가함에 따라 골밀도의 감소가 직선형으로 나타났다(Fig. 2).

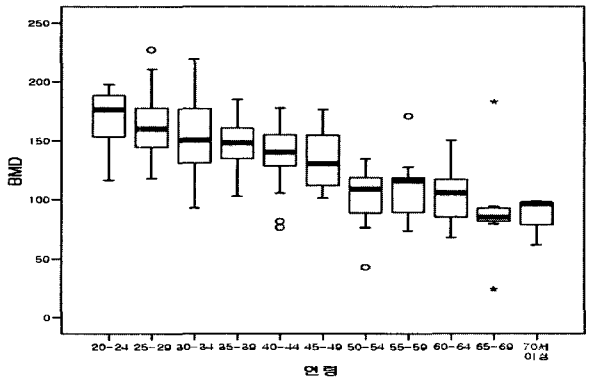

Fig. 2. The percentiles of bone mineral density among men.

2. 연령분포에 따른 골다공증의 분포

1) 여성의 골다공증 빈도

(1) 연령이 증가할수록 골다공증은 증가하여 40-44세에서 15.7%, 45-49세에서 49.2%로 급격히 증가하였고, 50-54세에서 65.5%, 60세 이상은 대부분 골다공증을 초래하였고, 정상 골밀도는 30-34세에서 가장 높은 66.7%를 보였고 40-44세에서 45.1%이었다(Table. 3).

Table 3. Distribution of bone mineral density among women

Group	N	Osteoporosis	Osteopenia	Normal
20-24	22		12(54.5%)	10(45.5%)
25-29	23	1(4.3%)	15(65.2%)	7(30.4%)
30-34	21	1(4.8%)	6(28.6%)	14(66.7%)
35-39	34	2(5.9%)	21(61.8%)	11(32.4%)
40-44	51	8(15.7%)	20(39.2%)	23(45.1%)
45-49	65	32(49.2%)	25(38.5%)	8(12.3%)
50-54	58	38(65.5%)	16(27.6%)	4(6.9%)
55-59	51	45(88.2%)	4(7.8%)	2(3.9%)
60-64	49	47(95.9%)	2(4.1%)	
65-69	44	44(100%)		
70 〉	33	32(97.0%)		1(3.0%)
Total	451	250(55.4%)	121(26.8%)	80(17.7%)

2) 남성의 골다공증 빈도

(1) 연령이 증가할수록 골다공증은 증가하여 40-44세에서 43.5%, 45-49세에서 50.0%, 50세 이후에서 급격한 골다공증 비율을 보이고 있고, 정상 골밀도는 20-24세에서 가장 높은 50.0%를 보였고 40-44세에서 4.3%이었다(Table 4).

Table 4. Distribution of bone mineral density among men

Group	N	Osteoporosis	Osteopenia	Normal
20-24	18	1(5.6%)	8(44.4%)	9(50.0%)
25-29	31	4(12.9%)	18(58.1%)	9(29.0%)
30-34	41	14(34.1%)	16(39.0%)	11(26.8%)
35-39	31	9(29.0%)	20(64.5%)	2(6.5%)
40-44	23	10(43.5%)	12(52.2%)	1(4.3%)
45-49	16	8(50.0%)	8(50.0%)	
50-54	8	8(100%)		
55-59	12	11(91.7%)	1(8.3%)	
60-64	15	14(93.3%)	1(6.7%)	
65-69	7	6(85.7%)		1(14.3%)
70-74	4	4(100%)		
Total	206	89(43.2%)	84(40.8%)	33(16.0%)

3. 폐경 전후의 골밀도와 골다공증

1) 폐경 전후 골밀도

폐경 전 골밀도 144.80mg/cc K_2HPO_4에 비해 폐경 후 골밀도가 85.83mg/cc K_2HPO_4로 유의한 차이($P<0.001$)를 보였고 골밀도 차이는 40.59%이었고, 제1, 2, 3요추의 골밀도가 폐경 후보다 폐경 전 골밀도치가 더 높은 것으로 나타났다(Table 5).

Table 5. Comparison of bone mineral density in pre and postmenopausal women

Group	N	L1	L2	L3	BMD
Premenopausal	229	148.46± 41.90	144.01± 41.12	139.77± 41.15	144.80± 38.58
Postmenopausal	222	92.61± 35.49	85.70± 36.37	79.30± 37.31	85.83± 35.37
T	451	15.252***	15.933***	16.336***	16.906***

*** : P 〈 .001

2) 폐경 전후 골다공증 비율

폐경 전후의 골다공증 비율은 유의한 차이가 있다(p<.001). 폐경 후에는 골다공증 비율이 86.5%로 폐경 전의 25.3% 보다 급격히 증가하였다(Table 6).

Table 6. Distribution of bone mineral density in pre and postmenopausal women

Group	Osteoporosis	Osteopenia	Normal	χ^2
Premenopausal	58(25.3%)	96(41.9%)	75(32.8%)	174.669***
Postmenopausal	192(86.5%)	25(11.3%)	5(2.3%)	

*** : P < .001

4. 폐경 기간과 골밀도

1) 폐경 기간과 골밀도

폐경 기간에 따른 골밀도는 유의한 차이가 있으며(p<.001), 폐경 기간이 길수록 골밀도가 낮았다(Table 7.)

Table 7. Bone mineral density in women according to postmenopausal years

Group	N	L1	L2	L3	BMD
0-4 years	72	117.98± 30.76	112.63± 31.64	107.26± 33.98	112.68± 31.21
5-9 years	42	99.07± 29.15	93.60± 27.21	85.47± 28.46	92.63± 27.44
10-14 years	38	82.98± 27.84	76.44± 31.35	69.06± 28.99	76.16± 27.20
15-19 years	30	80.12± 27.05	69.81± 24.08	64.16± 26.57	71.24± 23.95
20 years >	40	58.68± 24.83	49.65± 22.73	43.57± 23.23	50.49± 21.90
F	222	31.568***	36.532***	34.616***	37.915***

*** : P < .001

2) 폐경 기간별 골다공증 비율

폐경 기간에 따른 골다공증 비율은 유의한 차이가 있으며(p<.001), 폐경 기간이 길수록 골다공증 비율이 높아 폐경 후 0-4년 사이 66.2%, 5-9년 사이 88.4%이고 15년 이상은 100% 골다공증을 초래하였다(Table 8).

Table 8. Bone mineral density in women according to postmenopausal years

Group	Osteoporosis	Osteopenia	Normal	χ^2
0-4 years	48(66.7%)	20(27.8%)	4(5.6%)	
5-9 years	37(88.1%)	4(9.5%)	1(2.4%)	
10-14years	37(97.4%)	1(2.6%)		39.155***
15-19years	30(100%)			
20 years >	40(100%)			

*** : P < .001

5. 연령과 골밀도의 상관관계

1) 여성의 연령에 따른 골밀도

회귀분석 결과 연령이 골밀도 변화량 전체의 62.6%를 설명하고 있으며, 연령이 1살 증가함에 따라 골밀도가 2.702mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났다(Table 9).

2) 여성의 폐경 전후의 연령에 따른 골밀도

연평균 골소실이 폐경 전에는 1년당 2.040mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는데 비해, 폐경 후에는 연 평균 3.051mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났다(Table 10, Fig. 3).

Table 9. Correlation of bone mineral density according to women's age

	B†	SE‡	R2#	F
Constant	251.117	5.121	.626	752.015***
Age	-2.702	.099		

† B : Regression coefficient, ‡ SE : Standard error, # R2 : Coefficient of determination, *** : P < .001

Table 10. Correlation of bone mineral density according to pre and postmenopausal women

Group		B*	SE**	R2***	F
Premeno pauwal	Constant	227.676	7.411	.373	135.126***
	Age	-2.040	.176		
Postemen opausal	Constant	268.453	12.906	.481	203.832***
	Age	-3.051	.214		

† B : Regression coefficient, ‡ SE : Standard error, # R2 : Coefficient of determination, *** : P < .001

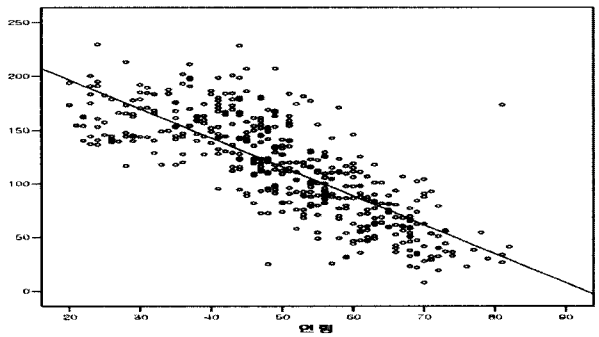

Fig. 3. Correlation of bone mineral density and women's age

3) 남성의 연령에 따른 골밀도

회귀분석 결과 연령이 골밀도 변화량 전체의 45.4%를 설명하고 있으며, 연령이 1살 증가함에 따라 골밀도가 연평균 1.795mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났다(Table 11, Fig. 4).

Table 11. Correlation of bone mineral density according to men's age

	B*	SE**	R2***	F
Constant	212.177	5.767	.454	169.577***
Age	-1.795	.138		

† B : Regression coefficient, ‡ SE : Standard error, # R2 : Coefficient of determination, *** : P < .001

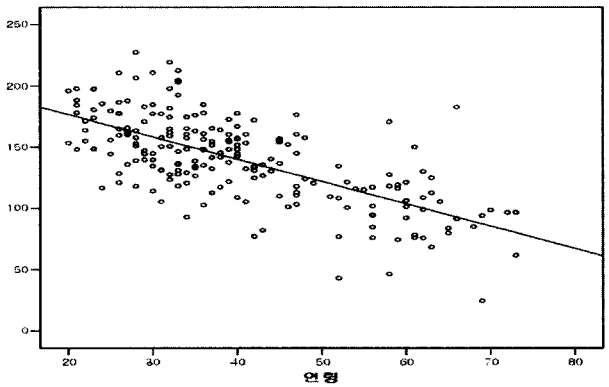

Fig. 4. Correlation of bone mineral density and men's age by linear regression

고 찰

골다공증은 골기질의 감소로 골량의 감소를 일으켜 무기질화 조직의 지속적인 감소로 피질골은 얇아지고 골소주의 수량과 크기가 감소되어 골력과 골조직을 약하게 하여 외부의 적은 충격에도 쉽게 골절이 될 수 있는 상태이고 동일연령과 성별의 정상인에 비해 골밀도가 현저히 감소된다[17-18].

골다공증의 분류는 원인을 알 수 없는 특발성 골다공증과 원인을 알 수 있는 속발성 골다공증으로 분류한다. 특발성 골다공증은 1형과 2형으로 구분하여 1형은 폐경 후 골다공증으로 70세 이전의 폐경 후 여성에서 15-20년이내 골다공증이 초래되고 파골성 활동으로 증가된 골 재흡수가 특징적이며 주로 해면골에 영향을 미치고 에스트로젠 부족과 관계가 있고 척추 분쇄골절과 원위요골 골절이 주요한 합병증이다. 2형은 노인성 골다공증이라고 불리며 남녀 70세 이후 과도한 골소실이 있어 초래되며 정상적으로 나이가 들어감에 따라 발생하며 년 1-2%의 피질골과 해면골의 골소실이 동반되고 골반골절, 척추골절이 주요 합병증이다[19-20].

속발성 골다공증은 부동(immobilization), 성선기능장애, 부갑상선기능 항진증, 갑상선기능 항진증, 뇌하수체 기능 저하, 터너씨 병, 항 경련제나 스테로이드등의 약물 투여등이 있다. 2002년 미국 국립골다공증협회에 따르면 3000만명의 여성과 1400만명의 남성이 골감소증이나 골다공증이 있다고 하고[21] 모두 골절의 위험성이 높고 일부는 이미 골절을 가지고 있다고 보고하였고[22] 해마다 70만 례에서 척추 골절이 골다공성 골절의 거의 반수를 차지하고 골반골절의 최소 2배이상을 차지하고 골절치료에 소요되는 의료비용이 매년 100-150억 달러가 소요되어 경제적 사회적 손실이 막대하며 골절로 인하여 이환율과 사망율이 증가한다.

골다공증은 여성이 남성보다 4배정도 호발하며 가장 많은 대사성 골 질환이다[23]. 우리나라는 1999년 통계청 통계에 의하면 남성과 여성의 평균수명이 각각 71.7세, 79.2세로 늘어나 인생의 1/3이 폐경기이며 65세 이상 인구가 1990년도에 5.1%에서 2000년도에 7.2%로 증가하여 고령에서 골다공증의 진단이 중요하다.

골다공증의 위험인자는 연령과 폐경이 주요한 위험인자이고 그 밖에 낮은 칼슘섭취나 영양부족, 유전적 소인, 흡연, 알코홀 중독, 낮은 골밀도, 저체중, 재발성 낙상, 골절의 기왕력, 인종간 차이, 부적절한 운동, 부동(immobilization), 약물 남용 등 여러 요인이 있다[20,24-25].

여성에서 폐경 후 estradiol과 estrone이 각각 25%, 75% 감소한다. 폐경으로 인한 에스트로젠 결핍은 파골세포의 생성과 활동을 유도하여 해면골의 강도를 약화시켜 골절 위험성을 증가시킨다. 조기 폐경이나 난소절제술을 시행한 여성에서 골소실이 촉진되고 골절의 위험성이 증가되고 최대 골밀도에 이르는 25세전에 조기 에스트로젠 결핍은 얇고 빈약한 골격을 초래한다. 25세에 최대 골밀도를 형성하고 그 이후 45-55세에 여성은 골 소실이 촉진되고 남성은 완만한 감소추세를 보인다. 여성에서 5-10년 동안 골질량의 25-30%의 골 소실이 있고 이후 0.5-1%의 안정된 골 소실이 따르고 남성은 안정된 골소실율을 보인다. 칼슘은 신경, 근육의 기능과 뼈의 무기질화에 필수적이고 비타민 D가 장에서 칼슘의 흡수에 필요하다. 낮은 칼슘 섭취나 감소된 장 흡수로 인한 칼슘 부족 시에 골은 완충역활을 하여 혈중 칼슘농도를 일정하게 유지한다. 유전적 소인으로 약 60%에서 유전적으로 최대 골질량이 정해져 모친이 골다공증이 있는 여성은 골다공증일 가능성이 높고, 40%에서 최대 골질량은 음식, 운동, 의료이용, 생활방식에 영향을 받는다. 흡연자는 비흡연자보다 조기에 폐경이 된다고 알려져 왔고 지방조직에서 감소된 에스트로젠 생산과 에스트로젠의 대사청소율을 증가시키고, 조골세포기능을 억제한다. 알코홀 중독은 낙상의 위험을 증가시켜 잠재적 골절을 초래하고 알코홀은 골세포에 직접 독성작용을 나타낸다. 조기폐경에서 골소실은 주로 내인성 에스트로젠의 감소이고 65세 이상의 골소실은 비타민 D와 칼슘 섭취의 감소로 인한 칼슘 균형의 장애와 밀접한 관계가 있다. 고령이 되면서 칼슘 섭취는 감소하고 피부에서 활성 비타민 D의 생성이 감소하여 소비된 칼슘의 흡수가 감소하게 된다. 칼슘흡수의 감소는 이차성 부갑상선항진증을 초래하여 증가된 파골세포의 활동과 골전환으로 골소실이 촉진되고 골모세포도 시간이 지남에 따라 세포의 노화가 되어 아교질 합성과 골영향적 인자들의 분비가 감소하여 결국 노령에서 골형성이 감소하게 된다. 비만은 지방조직에서 에스트로젠 생성과, 비타민 D저장을 향상시키고, 낙상에서 완충역할을 하고, 골격계에 대한 물리적 부하효과로 골격을 보호한다[26]. 폐경후 혈액내의 estriol의 대부분은 근육이나 지방조직에서 안드로젠 전구물질로 형성되기 때문에 비만환자에서 골다공증이나 골절이 비교적 적다는 것을 설명해준다[27]. 최대골밀도의 인종간 차이는 있어 아프리카 원주민들은 백인에 비하여 높은 골질량을 가지고 골절의 낮은 비율을 보인다[28]. 대퇴경부와 골간 피질의 두께 감소, 넓은 전자간 부위, 긴 고관절-축 길이는 백인여성에서 고관절 골절의 높은 빈도를 설명해 주고 아프리카 여성은 골반에서 두꺼운 피질골, 짧은 고관절-축 길이, 좁은 전자간 너비를 가진다. 아시안 여성은 코커시안 여성보다 낮은 골질량을 가지고 있지만 골반골절이 낮은 이유는 짧은 고관절-축 길이, 어린 시절의 높은 활동성, 노인을 보살피는 문화적 관습 등으로 설명할 수 있다. 히스패닉 여성은 백인여성과 동등한 골밀도를 가지나 골절은 반으로 감소하는 데 아마도 문화적 차이나 골자체의 미세구조와 관계가 있다고 생각된다[29]. 스칸디나비안 나라에서는 감소된 햇빛 노출과 그로 인한 비타민 D형성부족으로 높은 골절율을 보인다. 육체적 활동은 골 재형성에 필수적이다 골격은 건강한 골을 유지하려면 끊임없는 육체적 자극이 필요하고 일시적이나 영구적 신경학적 결손으로 인한 부동(immobilization)은 불용성 골소실을 초래한다. 장기간의 스테로이드 사용은 남녀에서 이차적 골다공증을 초래한다 스테로이드는 골모세포의 기능을 저하시키고 칼슘의 균형을 변화시켜 골소실을 촉진하여 골절에 이르게 된다.

전형적으로 골다공성 골절은 척추, 근위대퇴골, 원위요골 또는 근위 상완골이 호발부위이며 가장 흔한 곳은 척추골절이다[30-31]. 골다공성 골반골절은 백인여성 6명당 1명이 발생한다. 골반골절의 빈도는 특히 70세 이상에서 기하급수적으로 증가한다. 골반골절의 20-30%에서 골절로 인하여 1년이내 사망하고 골반골절로 인한 여성의 사망위험은 골반골절 없는 여성보다 약 2-4배이

다. 증상이 나타남은 병이 진행되었음을 의미하고 골반, 척추, 손목의 골절이 가장 흔하고 여러 척추체 골절으로 인한 척주 후만증이나 신장의 감소, 등통등이 나타난다.

인간의 골격은 역동적이고 근육의 뼈대로서 내부 장기를 보호하고 체내의 주요 조혈기관이고 칼슘의 98%을 저장하는 보관소이다. 골격은 일생을 통하여 능동적으로 골재형성 단위에서 흡수와 형성을 지속적으로 수행한다[32]. 약 10%에서 성인 골격은 매년 재형성되고 골격이 완전 성숙된 후에도 1g의 칼슘이 매일 골 전환되어 재형성된다. 이 같은 골 전환은 피로손상을 예방하고 칼슘의 균형에 중요하다. 골 소실은 골흡수와 골형성의 불균형에서 비롯된다.

골재형성은 2기로 나누어 흡수기는 오래된, 죽은, 손상받은 골을 제거하고 이후 골 형성기는 신생골을 생산한다. 재형성과정은 골세포, 골모세포, 파골세포들이 영향을 끼친다. 골세포와 골모세포는 중간엽기원의 단핵세포이다. 성인에서 골모세포는 주로 골형성 표면에서 보이고 부갑상선호르몬의 수용체와 아교질 propeptide의 합성에 관계하는 리보솜을 가지고 있다. 골모세포가 골기질에 둘러싸여 소강내에 있으면 골세포이다. 파골세포는 골 흡수에 관계하는 다핵성 세포로서 피질골의 내면을 따라 존재한다.

골격은 2가지 형으로 구분되는 데 80%가 피질골이고 20%가 해면골이다[33]. 피질골은 치밀하여 골의 외부를 구성하고 장골의 골간과 부속골격에 주로 분포한다. 부속지골은 주로 피질골로 구성되어 있고 해면골과 피질골의 비율은 골 위치마다 다르며 같은 골에서도 다르다. 척추는 주로 해면골로 구성된 척추체와 주로 피질골로 구성된 종판과 후구조물로 구성되어 있다. 해면골은 피질골보다 높은 표면적-체적비를 가져 골 표면에서 일어나는 변화에 더 민감하여 골전환율이 치밀골에 비해 약 8배이다[34].

골밀도 측정의 목적은 골절의 위험군을 조기에 발견하여 운동이나 약물요법 등의 치료를 하여 골소실을 막아 골절의 빈도를 감소하는데 있다. 현재 이용되고 있는 비침습적 골밀도 측정방법은 대퇴골 전후면 사진을 이용한 골소주 지표[35-36](Singh index), 중수지골의 피질골 측정법(metacalpal index), 척추 측면사진을 이용한 Saville 지표[37], 족부 측면사진을 이용한 calcaneal index가 있으나 정확하지 않고 1963년 Cameron과 Sorrenson에 의해 골밀도의 정량적 측정방법이 처음으로 기술된 이래[38] 단광자 골밀도 측정기[8](single photon absorptiometry, SPA), 양광자 골밀도 측정기[9-11](dual photon absorptiometry, DPA), 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기[12-13](Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA), 정량적 전산화 단층촬영[14-16,39,42-44](Quantitative computed tomography, QCT)등의 보다 객관적인 방법들이 있다. 과거에는 단순방사선 사진만으로 평가를 하였으나 최소한 골밀도의 30% 이상 소실되어야 발견 될 수 있고 주관적인 면이 많아 평가에 많은 제한이 있었다[40].

최근에 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기와 정량적 전산화 단층이 골밀도 검사에 주로 쓰인다. 이중 에너지 방사선 골밀도 측정기에 의한 골밀도 측정은 검사시간이 짧고 방사선 노출이 적고 연부조직에 영향을 받지 않고, 정밀도나 해상력에서 우수하나 피질골과 해면골, 추체 후방조직에 모두 영향을 받으며 골극형성 (osteophyte formation)이 있는 경우나 종판 경화증(end plate scerosis), 후관절 비후(facet joint hypertrophy), 대동맥의 석회화증등이 동반된 되었을 경우 결과에 오차를 가져온다[41-42].

정량적 전산화단층촬영술은 골밀도 측정의 비침습적이며 정확한 방법으로 인정되어 정상치의 측정뿐만 아니라 각종 대사성 골질환의 진단 및 치료에 응용되고 있으며[43-44] 3차원적으로 정확한 해부학적 위치를 잡아 직접 골밀도를 측정할 수 있다는 점과, 추체 후관절 비후(facet joint hypertrophy)나 골극 대동맥의 석회화, 피질골을 제외하고, 골전환율이 빠른 해면골의 골밀도를 선택적으로 측정할 수 있어 민감도와 오차를 줄일 수 있다는 장점이 있다[39]. 방사선 노출이 200mrem정도이나 지속적인 전산화단층촬영기의 발전으로 방사선 노출 시간을 최소한으로 줄이고 있다[45-46]. 주요한 합병증은 골절이다. 척추골절은 가장 흔한 골다골성 골절이고 이 골절의 1/3이하에서 임상적으로 발견된다. 척추골절을 증상으로 또는 방사선사진으로 확인함에도 불구하고 척추골절은 이환율과 사망률을 증가시킨다[47-48]. 척추골절이 일어나면 골밀도를 교정했는데도 불구하고 골절이 더욱 진행되고 많은 여성에서 골다공증의 비참한 모습중의 하나인 신장의 감소가 진행된다. 척주 후만증은 대게 흉추의 여러 쐐기 골절에 의하고, 복부내로 돌출을 초래하고, 폐활량이 감소하고, 심하면 호흡이 짧아져 제한성 폐질환의 증상을 초래한다. 또한 복강의 변화로 인하여 식도염의 빈도가 증가한다.

다른 질환이나 약물에 의한 골다공증과 감별해야 하는 데 감별질환은 생식샘 저하증, 쿠싱증후군, 스테로이드유도성 골다공증, 갑상샘항진증, 심한 일차성 부갑상샘항진증이다. 일반적으로 현재와 미래의 골절위험성은 1994년 WHO에 의해 젊고 건강한 백인여성의 평균보다 2.5 표준편차 이하를 골다공증이라고 정의하였고 T score라고 하였으나 연령에 대해 설명하지 않았고 남성, 어린이, 종족간의 골밀도의 표준은 아직 확립하지 못 하였다[49].

일반적으로 골밀도는 30대에 최대에 도달하며 이 후 감소하기 시작하며[50] 일생동안 여성은 해면골의 50%, 피질골의 30%, 남성은 각각 30%, 20%가 소실되고 특히 여성은 폐경기 이후 급격한 골소실이 있어 골절의 빈도가 높게 된다[20,51-52].

Cann등은[53] 서구인의 정량적 전산화단층촬영술에 의한 연령에 따른 정상인의 척추 해면골의 골밀도에 대한 보고에서 젊은 남녀의 평균치가 175mg/cc K_2HPO_4이고 남성의 골밀도가 선형 감소하고 년간 0.94%의 골소실이 있고, 여성은 이상형 감소(cubic regression)하고 년간 1.2%의 골소실이 있다고 보고하였고. 본 연구에서는 여성과 남성 모두 20-24세에서 최대골밀도를 보였고 일생동안 여성에서 70.09%의 골소실과 남성에서는 48.47%의 골소실이 있었다.

최대 골밀도는 골다공증의 예방에서 중요하며 근래 여성의 최대 골밀도 형성시기가 20대 초반이라는 것이 일반적 견해이며[54] 본 연구에서도 남녀 모두 최대 골밀도가 20-24세이었다. 여성에서 전 연령 평균 골밀도는 115.77mg/cc K_2HPO_4이었고 남성의 전 연령 평균 골밀도는 140.89mg/cc K_2HPO_4이고 최대 골밀도는 여성에서 168.95mg/cc K_2HPO_4이었고 남성에서 171.46mg/cc

K_2HPO_4이었다. 여성의 연령에 따른 골밀도가 골밀도 변화량 전체의 62.6%를 나타내며, 연령이 1살 증가함에 따라 골밀도는 2.702mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났다. 여성의 연평균 골소실을 폐경전과 후로 보면 폐경 전에는 1년당 2.040mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는데 비해, 폐경 후에는 연 평균 3.051mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났고 남성의 연령에 따른 골밀도가 골밀도 변화량 전체의 45.4%를 나타내며 연령이 1살 증가함에 따라 연평균 1.795mg/cc K_2HPO_4씩 골밀도가 감소하는 것으로 나타났고 연평균 1.795mg/cc K_2HPO_4씩 골밀도가 감소하는 것으로 나타났다.

정량적 전산화 단층촬영술은 높은 정밀도와 민감도로 척추 해면골의 골밀도를 측정하는 비침습적인 방법으로 한국인의 골밀도의 기준을 확립하고 골다공증의 진단및 치료효과 판정과 각종 대사성 골질환의 진단 및 치료에 응용하기 위하여 향후 각 연령군마다 충분한 대상군을 확보하여 추가적 조사가 필요하고 65세 이상의 여성, 적어도 한 가지 이상의 위험인자를 가진 65세 이하의 폐경 후 여성, 골절 있는 폐경 후 여성, 여러 해 동안 에스트로젠 치료를 받은 여성은 골밀도 검사를 해야 한다고 사료된다.

결 론

본 연구는 2000년 5월부터 2004년 7월까지 여성 451명, 남성 206명을 대상으로 정량적 전산화 단층촬영을 이용하여 골밀도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 여성에서 전 연령 평균 골밀도는 115.77mg/cc K_2HPO_4이며 20-24세에 최대 골밀도(peak bone density) 168.95mg/ccK_2HPO_4를 보이고, 각 연령군별(age group) 평균 골밀도(mean or average bone mineral density)는 168.95mg/cc K_2HPO_4, 155.41mg/cc K_2HPO_4, 166.87mg/cc K_2HPO_4, 160.67mg/cc K_2HPO_4, 154.06mg/cc K_2HPO_4, 132.04mg/cc K_2HPO_4, 114.05mg/cc K_2HPO_4, 91.78mg/cc K_2HPO_4, 78.61mg/cc K_2HPO_4, 61.35mg/cc K_2HPO_4, 50.53mg/cc K_2HPO_4이었다. 남성에서 전 연령 평균 골밀도는 140.89mg/cc K_2HPO_4 이며 20-24세에 최대 골밀도 171.46mg/cc K_2HPO_4를 보이며 각 연령군별(age group) 평균 골밀도(mean or average bone mineral density)는 171.46mg/cc K_2HPO_4, 162.19mg/cc K_2HPO_4, 155.62mg/cc K_2HPO_4, 147.28mg/cc K_2HPO_4, 137.56mg/cc K_2HPO_4, 137.56mg/cc K_2HPO_4, 101.25mg/cc K_2HPO_4, 109.00mg/cc K_2HPO_4, 103.32mg/cc K_2HPO_4, 91.53mg/cc K_2HPO_4, 88.35mg/cc K_2HPO_4이었다. 여성의 골다공증은 연령이 증가할수록 빈도가 증가하여 60세 이상은 대부분 골다공증을 초래하였고, 정상 골밀도는 30-34세에서 가장 높은 66.7%를 보였고 40-44세에서 45.1%이었다. 남성의 골다공증도 연령이 증가할수록 빈도가 증가하여 50세 이후에서 급격한 골다공증을 보이고 있고, 정상 골밀도는 20-24세에서 가장 높은 50.0%를 보였고 40-44세에서 4.3%이었다. 폐경 전 골밀도 144.80mg/cc K_2HPO_4에 비해 폐경 후 골밀도가 85.83mg/cc K_2HPO_4로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 폐경 전후의 골다공증 비율은 유의한 차이가 있었다. 폐경 후에는 골다공증 비율이 86.5%로 폐경전의 25.3% 보다 급격히 증가하였다($p<0.001$). 폐경기간이 길수록 골밀도가 낮고 골다공증 비율이 높아 폐경 후 0-4년 사이 66.2%, 5-9년 사이 88.4%이고 15년 이상은 100% 골다공증을 초래하였다. 여성에서 연령이 골밀도 변화량 전체의 62.6%를 나타내며, 연령이 1살 증가함에 따라 골밀도가 2.702mg/cc K_2HPO_4씩 감소하고 연평균 골소실율이 폐경 전에는 1년당 2.040mg/cc K_2HPO_4씩 감소하고, 폐경 후에는 연 평균 3.051mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났다. 남성에서 연령이 골밀도 변화량 전체의 45.46%를 나타내며, 연령이 1살 증가함에 따라 골밀도가 연평균 1.795mg/cc K_2HPO_4씩 감소하는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

참고문헌

1. Ray NF, Chan JK, Thamer M, Melton III LJ. Medical expenditures for the treatment of osteoporotic fractures in the United States in 1995: report from the National Osteoporosis Foundation. J Bone Miner Res 12, 24-35, 1997.
2. Melton III LJ. Hip fractures : a worldwide problem today and tomorrow. Bone 14(suppl. 1):S1-8, 1993.
3. Stevenson JC Whitehead MI. Postmenopausal osteoporosis. Br Med J 282, 585-588, 1982.
4. Melton LJ III, Kan SH, Frye MA et al. Epidemiology of vertebral fracture in women. Am J Epidemiol 129, 1000-1011, 1989.
5. Kado DM, Browner WS, Palermo L et al. Vertebral fractures and mortality in older women : study of Osteoporosis Fractures Research Group. Arch Intern Med 159, 1215-1220, 1999.
6. Huang C, Ross PD. Vertebral fracture and other predictors of physical impairment and health care utilization. Arch Intern Med 156, 2469-2475, 1996.
7. Gehlbach SH, Fournier M, bigelow C et al. Recognition of osteoporosis by primary care physicians. Am J public Health 92, 171-273, 2002.
8. Cameron JR, Mazess RB, and Sorenson JA. Precision and accuracy of bone mineral determination by the direct photon absorptiometric method. Invest Radiol 3, 141-150, 1968.
9. Markhard L, Lindsay R, Dempster DW, et al. Proceedings Clinical disorders of bone and mineral metabolism. Detroit Michigan May 9-13, 1983.
10. Pepper WW, and Maxess RB. Total bone mineral and lean body mass by dual photon absorptiometry. I. theory and

measurement procedure. Calcif Tissue Int 33, 353-359, 1981.
11. Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, et al. Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging. J Clin Invest 67, 328-335, 1981.
12. Pacifici R, Rupich R, Vered I et al. Dual energy radiography : a preliminary comparative study. Calig Tissue Int 43, 189-191, 1988.
13. Mazess R, Colik B, Trempe J, Barden H, Hanson J. Performance evaluation of a dual-energy X-ray bone densitometer. Calig Tissue Int 44, 228-232, 1988.
14. Weissberger MA, Zamenhof RG, Aronow S et al. Computed tomography for the measurement of bone mineral in the human spine. J Comput Assist Tomogr 2, 253-262, 1978.
15. Ruegsegger R, Anliker M, Dambacker M. Quantification of trabecular bone with low-dose computed tomography. J Comput Assist Tomogr 5, 384-390, 1981.
16. Ruegsegger P, Elsasser U, Anliker M, et al. Quantification of bone mineralization using computed tomography. Radiology 121, 93-97, 1976.
19. Riggs BL, Melton LJ III. Evidense for two distinct syndromes of involuational osteoporosis . Am J Med 899-910, 1983.
20. Riggs BL, Melton LJ III. Involutional osteoporosis. N Eng J Med 314, 1676-1686, 1986.
21. National Osteoporosis Foundation. American's bone health : the state of osteoporosis and low bone mass in our nation. Washington, DC : National Osteoporosis foundation, 2002.
22. Marshall D, Johnell O, Wedel H et al. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. BMJ 312, 1254-1259, 1996.
23. Guglielima G, Grimston SK, Fischer KC, Pacifici R. Osteoporosis : Diagnosis with lateral and posteroanterior dual X-ray absorptiometry compared with quantitative CT, Radiology 192, 845-850, 1994.
24. Mazess RB. On aging bone loss. Clinic Ortho 165, 239-252, 1982.
25. Johnston CC, Epstein S. Clinical, biochemical, radiological, epidemiologic and economic features of osteoporosis. Orthop Clin North Am 12, 559-569, 1981.
26. Martin AD, McCulloch RG. Bone dynamics : stress, strain and fracture. J Sports Sci 5, 155-163, 1987.
27. Grodin JM, Siiteri PK, Mcdonald PC. Source of estrogen production in postmenopausal women. J Clin endoclinol Metab 36, 207-218, 1973.
28. Aloia JF, Vaswani A, Yeh JK, Flaster E. Risk for osteoporosis in black women. Calcif Tissue Int 59, 415-423, 1996.
29. Bauer RL, Deyo RA. Low risk of vertebral fracture in Mexical Americal women. Arch intern Med 147, 1437-1439, 1987.
30. Cummings SR, Melton LJ. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fracture. Lancet 359, 1761-1767, 2002.
31. Cummings SR, Black DN, Rubin SM et al. Lifetime risks of hip, Colles' or vertebral fracture and coronary heart disease among with postmenopausal women. Arch Intern Med 149, 2445-2448, 1989.
32. Parafitt AM. Quantum concept of bone remodeling and turnover : Implication for the pathogenesis of osteoporosis. J Clin Invest 72, 1396, 1982.
33. Snyder W. Report of the Task Group on Reference Man. International Congress of Radiation Protection, Monograph 23 Oxford, Pergamon Press, 1975.
34. Marshall A, Weissberger RG, Zanenhold SA et al. CT scanning for measurement of bone mineral in human spine. J Comput Assist Tomogr 2, 253, 1978.
35. Singh M, Nagrath AR & Maini PS. Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as index of osteoporosis. J Bone Joint Surg 52-A, 457-467, 1970.
36. Pogrund H, Rigal WM, Makin MR. Determination of osteoporosis in patient with fractured femoral neck using the singh index A Jerusalem Study. Clin Orthop 156, 189-195, 1981.
37. Saville PD, Kharmosh O. A quantitative approach to simple radiographic diagnosis of osteoporosis : its application to the osteoporosis of rheumatoid arthritis Arthritis Rheum 10(5), 1967.
38. Cameron JR, and Sorrenson J. Measurement of bone mineral in vivo ; An improved Method. Science 142, 230-232, 1964.
39. Grampp S, Jergas M, Lang P et al. Quantitative CT assessment of the lumbar spine and radius in patient with osteoporosis. AJR 167, 133-140, 1996.
40. Sartor is DJ. Resnick D. Current and innovative methods for noninvasive bone densitometry. Radiol Clin N Am 28, 257-278, 1990.
41. Genant HK, Ettinger B and Cann CE ; Osteoporosis : Assessment by quantitative tomography. Orthop Clin North America 16, 557-568, 1985.
42. Sambrook, PN, Bartlett C Evans R, Hesp R, Kartz D and Reeve J : Measurement of lumbar spine bone mineral : a comparison of dual photon absorptiometry and computed tomography. British J Radio 58, 621-624, 1985.
43. Genant HK, Cann CE, Etting B et al. Quantitative computed tomography for spinal mineral assessement : Current status. J Comput Assist Tomogr 9, 602-604, 1985.
44. Richadson ML, Genant HK, Cann CE et al. Assesment of metabolic bone disease by quantitative computed tomography. Clin Ortho Rel Res 195, 224-238. 1985.
45. Cann CE. Quantitative CT for determination of bone mineral density : A review Radiology 166, 509-522, 1988.

46. Mora S, Goodman WG, Loro ML, Roe TF, Sayre J, Gilsanz V. Age-related changes in cortical and cancellous vertebral bone density in girls : Assessment with Quantitative CT. AJR 162, 405-409, 1994.
47. Kado DM, Browner WS, Palermo L. Vertebral fractures and mortality in older women : a prospective study. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. Arch Intern Med Jun 14, 159(11), 1215-20, 1999.
48. Cooper C, Atkinson EJ, Jacobsen SJ. Population-based study of survival after osteoporotic fractures. Am J Epidemiol May 1, 137(9), 1001-5, 1993.
49. Kans JA. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis : synopsis of a WHO report. WHO Study Group, Osteoporosis Int 4, 368-381, 1994.
50. Sorenson JA Cameron JR. A reliable in vivo measurement of bone-mineral content. J bone and Joint Surg 49A, 481-497, 1967.
51. Mazess RB, Barden HS, Ettinger M, Johnston C, Dawson-Hughes B, Baran D, Powel M, Notelovitz M. Spine and femur density using dual-photon absorptiometry in US white women. Bone and Mineral 2, 211-219, 1987.
52. Riggs BL, Wahner HW. Bone densitometry and clinical decision making in osteoporosis. Ann Int Med 108, 293-295, 1988.
53. Cann CE, Genant HK Kolb FO, et al. Quantitative computed tomography for prediction of vertebral fracture risk. Metab Bone Dis Relat Res 5, 1-7, 1984.
54. Bonjour J-P, Theintz G, Buchs B, Slosman D, Rizzoli R. Critical years and stages of puberty of spinal and femoral bone mass accumulation during adolescence J Clin Endocrinol Metab 73, 555-563, 1991.