

이중에너지 전산화단층촬영술을 이용한 한국 정상성인의 척추골 무기물 함량측정

계명대학교 의과대학 진단방사선과학교실

권재수·최태진·김정식·주양구·서수지

— Abstract —

Precise Measurement of Bone Mineral Contents in L3 using Dual Energy Computed Tomography

Jae Soo Kwon, M.D., Tae Jin Choi, M.D., Jung Sik Kim, M.D.,
Yang Gu Joo, M.D., Soo Jhi Suh, M.D.

Department of Radiology, Keimyung University, School of Medicine

The attenuation values of the computed tomography were measured by a dual energy technique, resulting in determination of the raw data of the region of interest. In our previous report, CT values were correlated to the bone mineral concentration. Repositioning error was insignificant in our dual energy CT.

We studied cortical mineral contents of L3 body in 120 healthy men and women.

The results were as follows:

1. The bone mineral content on the mid-anterior portion of L3 vertebral body was highest in fifth decade of $304 \pm 27 \text{ mg/cc}$ in men and $288 \pm 22 \text{ mg/cc}$ in women.
2. The bone mineral content on the right postero-lateral portion of the L3 vertebral body was highest value in fifth decade of $471 \pm 31 \text{ mg/cc}$ in men and $412 \pm 28 \text{ mg/cc}$ in women. On the left postero-lateral portion, highest in fourth decade of $504 \pm 40 \text{ mg/cc}$ in men and $438 \pm 42 \text{ mg/cc}$ in women.
3. The mean values of the cortical bone mineral contents of L3 body were highest in fifth decade of $421 \pm 30 \text{ mg/cc}$ in men and in fourth decade of $365 \pm 34 \text{ mg/cc}$ in women.

Index Words: CT, dual energy
Spine, anatomy

I. 서론

골조송증을 일으키는 원인은 불분명하지만 골대사에 관여하는 여러요인들에 의해서 발생할 수 있으며

¹⁾, 또한 임상적으로 폐경기 및 노인성 골조송증은 연령증가와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다²⁾. 이러한 질환은 전반적으로 골량의 감소를 초래함으로써 가벼운 외상으로도 골절을 유발하며 동통과 골의 변화를 초래한다.

이 논문은 1989년 8월 24일 접수하여 1989년 9월 19일에 채택되었음

외국에서는 연령분포에 따른 골무기물 함량을 정량적으로 측정된 자료가 보고되고 있으나, 국내에서는

아주 드문 상태이며 앞으로 도래할 노령화 사회에서 골조종증은 중요한 보건문제로 대두되고 있어서 이에 대한 대책을 마련하기 위해서 먼저 한국인의 정상 골밀도치를 정확하게 측정할 필요가 있다.

골무기물 함량을 정량적으로 측정하는 방법들은 단광자 혹은 양광자 감마선 골섭취량 측정법과 X선 단순촬영법, 그리고 단일 혹은 이중에너지를 이용한 정량적 골밀도분석법등이 있지만, 여러방법들중에서 이중에너지 전산화단층촬영술이 가장 효과적인 방법으로 알려져 있으며 영상재구성에 의한 인체해부학적 중복을 피할 수 있고 비침습적으로 골격계의 무기물을 정량적으로 측정할 수 있는 장점이 있다³⁾.

이에 저자들은 한국 정상성인 120명을 대상으로 제3요추체 전중상부와 양측 후방부위의 피질에서 96KVP와 125KVP의 이중에너지로 전산화단층촬영을 하여 골의 무기물함량(mg/cc)을 정량적으로 측정하여 보고하는 바이다.

II. 대상 및 방법

1988년 10월부터 1989년 4월까지 제명대학교 의과대학 동산의료원에 내원한 환자중에서 과거력상이나 이학적 소견상 만성질환이나 대사성 및 내분비계질환 등이 없었고 또한 골결핍증의 뚜렷한 임상증상이 없는 정상성인 120명을 대상으로 하였으며 각 연령군마다 남부 10명씩을 선정하였다.

CT기기는 SOMATOM DRH Siemens사 제품을 사용했으며 Matrix 수는 512×512 , 절편의 두께는 8mm로 하였고 제3요추체의 중상부위에서 동측 Scan으로 96KVP와 125KVP로 영상을 얻었다(Fig. 1).

각 Scan상에서 피질의 전중상부위 및 양측후방부위의 ROI(region of interest)를 선정하여 raw data인 CT치를 측정하였다. Raw data중 피질로 추정되는 부위를 취합하여(Fig. 2), Suh등⁴⁾에 의해 실험적으로 확정된 도식을 이용하여 평균 골무기물 함량을 정량적으로 구하여 비교분석 하였다.

III. 결 과

남자군의 제3요추체 전중상부위에서는 40대에서 $304 \pm 27 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 나타내었고 이후 감소를 보였으며, 여자군에서도 40대에서 $288 \pm 22 \text{mg/cc}$ 로

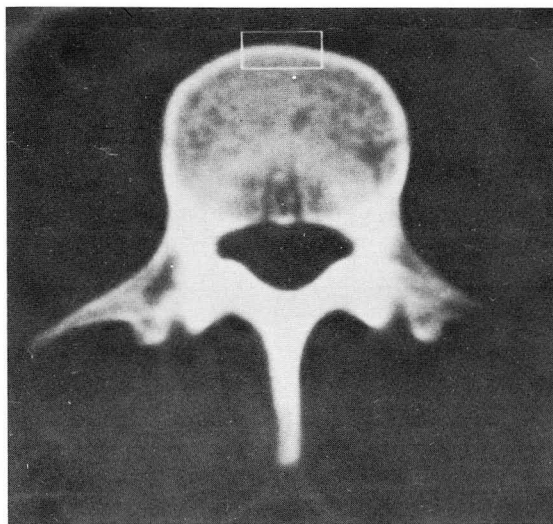


Fig. 1 CT scan through the mid-portion of L3. White line of rectangular form delineates the area of cortical bone of the anterior portion of vertebral body. This is the area used for measurement.

최고치를 보이다가 이후 지속적인 감소를 보였다.

남여군의 우측후방부위에서는 40대에서 각각 $471 \pm 31 \text{mg/cc}$, $412 \pm 28 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였으나, 좌측 후방부위에서는 30대에서 각각 $504 \pm 40 \text{mg/cc}$, $438 \pm 42 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 나타내었다 (Table 1). 그러나 70대에서는 다시 증가된 수치를 보였다(Fig. 3, 4).

또한 전중상부위와 양측후방부위를 합쳐 평균치를 낸 도표에서 보면, 남자군에서는 40대에서 $421 \pm 30 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였고 여자군에서는 30대에서 $365 \pm 34 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였으며 이후 감소를 보이다가 70대에서 다시 증가되는 모습을 보였다(Fig. 5, 6).

IV. 고 찰

골조직의 무기물함량의 변화가 주로 연령증가에 따른 골밀도 감소로 일어나거나, 골대사장애를 일으키는 각종 질환에 의한 대사장애로 골연화증, 골조종증 등의 골절변화를 일으키는 것으로 알려져있다¹⁾. 특히 외국의 경우에서와 마찬가지로 국내에서도 노인연령층의 증가는 물론이거니와 주로 여성에서 볼 수 있는 골량의 지속적인 손실이 폐경기후에 나타나므로 사회 의로 및 보건학적 측면에서도 심각한 문제로 대두되고 있다⁵⁻⁷⁾. 골격계의 무기물함량을 분석하는 방법으로

COLUMNS IN ROI ARE: 263 271
LINES IN ROI ARE: 229 237

COLUMNS IN STRIP ARE: 263 271									
229:	213	203	187	176	190	205	196	202	225
230:	219	208	188	192	194	217	218	224	249
231:	224	207	207	211	208	235	258	251	243
232:	265	245	255	272	285	275	274	247	236
233:	275	272	270	278	277	268	256	257	262
244:	240	245	233	239	237	225	221	236	247
235:	196	194	188	208	223	207	182	178	195
236:	190	200	175	174	181	193	197	187	189
237:	173	189	179	185	185	188	193	190	195

A

COLUMNS IN ROI ARE: 263 271
LINES IN ROI ARE: 229 237

COLUMNS IN STRIP ARE: 263 271									
229:	230	249	240	207	223	238	251	268	289
230:	230	228	206	226	242	272	274	287	296
231:	274	256	248	244	256	284	282	276	284
232:	318	311	316	312	327	321	314	311	315
233:	331	338	323	325	341	345	341	323	308
244:	294	280	272	289	300	285	266	286	285
235:	243	220	219	232	230	215	215	221	235
236:	213	214	193	200	222	224	219	189	203
237:	174	200	180	189	207	211	208	175	200

B

Fig. 2. The CT numbers from the anterior portion of L3 vertebral body are shown. Only the rim of highest number is considered for analysis at 125 KVP(A) and 96 KVP(B).

Table 1. Cortical Bone Mineral Contents(mg/cc) of L3 Body According to Age Group

Age/Sex		20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-
Male	MA	280±26	263±23	304±27	299±24	248±23	229±24
	RPL	354±30	461±35	471±31	412±32	401±36	436±40
	LPL	341±26	504±40	487±32	416±41	346±26	408±44
	M	325±27	409±33	421±30	375±33	332±29	358±37
Female	MA	278±21	282±25	288±22	249±23	257±26	163±20
	RPL	353±29	374±32	412±28	329±30	409±36	405±42
	LPL	389±30	438±42	367±35	356±29	294±31	422±45
	M	340±27	365±34	356±29	311±28	320±31	330±37

MA: Mid anterior RPL: Right postero-lateral LPL: Left postero-lateral M: Mean

는 X선단순촬영법, 방사선 동위원소의 골섭취량검사 등의 단일에너지에 의한 분석과 이중에너지를 이용한 골섭취량 검사법 및 전산화단층촬영법이 주로 알려져 있으며, 이중에너지 전산화단층촬영법에 의한 정량적 분석법이 보다 정확한 방법이 될 수 있음은 여러저자들에게 의해 보고되었다^{3, 4, 8~10)}.

X선 단순촬영측정법은 정밀도가 낮으며 골조직의 30 %이상의 소실이 있어야 관찰이 가능하고 골무기물의 미세한 변화를 측정하는데는 어려움이 있으며^{12~14)}, 단광자 감마선 측정법은 요골, 종골등 주로 치밀골의 검사에 국한되어 사용되고 해면골이 많은 척추등에 적용하기에는 부적합한 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

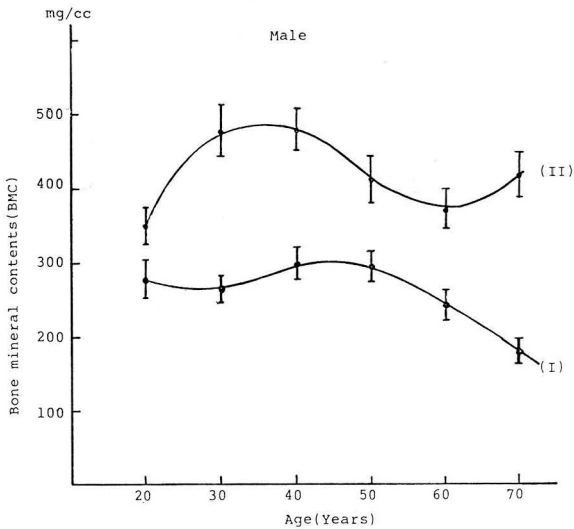


Fig. 3. Vertebral bone mineral content(BMC) measurement(mg/cc) according to age group, anterior portion (I) and mean value on the both lateral portions(II).

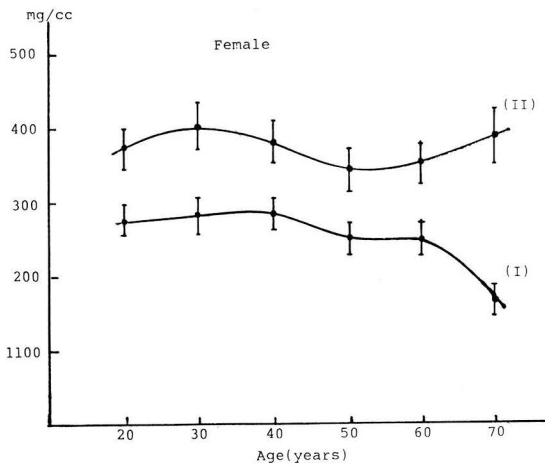


Fig. 4. Vertebral bone mineral content measurements(mg/cc) according to age group, anterior portion (I) and mean value on the both lateral portions(II).

CT에 의한 골격계 무기물 함량측정은 해부학적 중복을 피할 수 있으므로 체외에서 조사되는 이중에너지 광밀도 분석법보다도 더욱 정확한 것으로 보고되고 있다^{10,15}. 대개 CT에서 사용되는 X선에너지는 75KVP에서 부터 140KVP까지의 범위가 많이 이용되고 있으나^{16,17}, 저자들이 이용한 96KVP와 125KVP에

서도 충분한 광전흡수의 차이를 얻을 수 있었다⁴). 또한 이중에너지 전산화단층촬영술의 무기물 함량측정은 인체단면상의 영상과 동일한 해부학적 위치의 골조직에 대해 분석될 수 있고, 치밀골 및 해면골등을 서로 분리시켜 측정평가할 수 있어서 부위선택이 명확하다는 장점이 있다. 근래에는 dual energy photon absorptiometry(DEPA)와 dual energy quantitative C-T(DEQC)가 골무기물 함량을 측정하는 방법으로 주로 이용되고 있으며¹⁵, DEQC는 척추체내의 피질뿐만 아니라 해면질의 밀도를 각각 측정할 수 있는 반

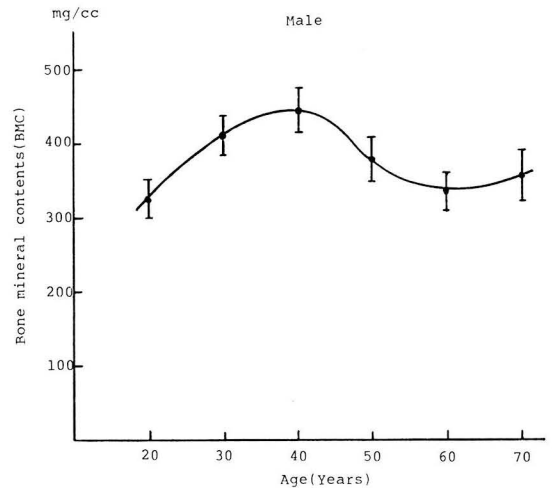


Fig. 5. Vertebral bone mineral content(BMC) according to age group mean value of anterior and bilateral portions.

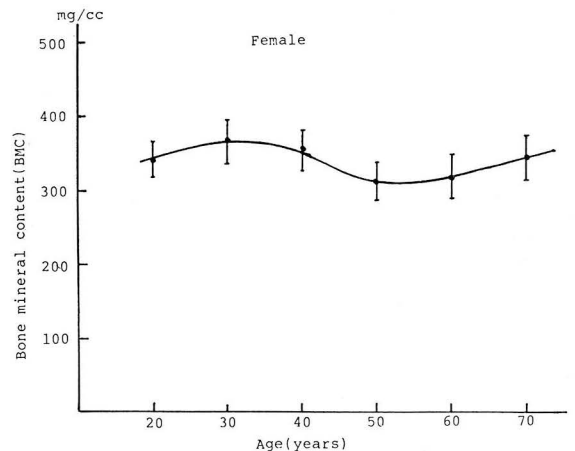


Fig. 6. Vertebral bone mineral content according to age group mean value of anterior and bilateral portions.

면, DEPA는 피질과 해면질 모두를 포함한 전체 척추체에서 무기물함량을 측정하게 된다.

Sambrook등⁸⁾에 의하면 골조송증에서는 정상에서 보다 무기물함량이 현저히 감소되어 있음이 DEPA와 DEQC에서 나타난다고 보고하였고, Wolf등⁹⁾에 의하면 DEQC와 DEPA간의 상관계수는 폐경초기에서 폐경후기보다 높게 나타나 DEQC와 DEPA는 폐경초기의 연령에서 보다 유익한 방법이라고 보고하였다.

특히, Gallagher등¹⁸⁾에 의하면 건강한 젊은 여자군과 척추골절이 있는 골조송증 여자군에서 행한 DEQC와 DEPA간의 골무기물 함량비교에서 보면, DEQC에 의한 골조송증군의 골무기물함량은 건강한 여자군에 비해 65 %의 감소를 보였고 DEPA에서는 10 %의 감소를 보였으며, 또한 Sambrook등에 의하면 DEQC에서는 54 %의 골무기물함량 감소를 보이고 DEPA에서는 23 %의 감소를 보여 골무기물함량을 측정비교하는데 있어서 DEQC와 DEPA 둘다 유용한 방법임을 보고하였다. 그러나 DEQC에서는 83 %의 감수성과 특이성을 나타냄으로써 DEPA의 73 % 감수성과 76 % 특이성보다 다소 높게 나타나 골무기물함량을 비교분석하는 데는 DEQC가 좀더 나은 방법으로 보고되어 있다.

단일에너지 전산화단층촬영법에 의한 골무기물함량 측정치는 30-40 %의 오차를 보이거나 DEQC에서는 단지 2-5 % 정도의 오차를 보였다^{3,4)}.

위와같이 여러저자들에 의해 많은 골무기물함량 측정방법이 제시되었지만 대다수에서 DEQC가 가장 정확한 검사방법으로 보고하였다^{5,8,9,11)}.

저자들에 의하면 96KVP와 125KVP의 이중에너지에 의한 CT Scanning시 생길 수 있는 영상의 위치 변동은 동일부위에서 1-2mm의 변동을 보였으나 대부분의 경우에서는 위치변동이 없었으며 변동이 일어난 세경우에서는 Pixel number로써 정확한 위치로 조절 가능하여 Scanning시 생기는 영상의 위치변동은 별의의가 없는 것으로 사료된다.

Montag등⁵⁾에 의하면 연령증가에 따른 골질의 손실은 해면골에서 약 50 %정도가 일어나고 치밀골에서는 단지 5 %의 손실이 보여 골손실이 주로 해면골에서 일어난다고 보고하였다.

이에 본 저자들은 지금까지 보고된 바 없는 한국 정상성인의 제3요추체 피질에서 이중에너지 전산화단층촬영술을 이용하여 골무기물함량을 측정, 평균치를

구하고자 하였다. 저자들의 결과에 의하면 40대 치밀골에서 골무기물함량이 가장 높았으며 연령이 증가함에 따라 감소되는 경향을 알 수 있었다. 이것은 Gallagher등¹⁸⁾의 결과에서 보여준 경향과 유사한 골밀도치분포를 보였다. 그러나 70대의 양측후방부위에서 다시 증가된 양상을 보이는 것은 연령증가와 함께 일어나는 골의 퇴행성돌기(spur) 변화로 추정하고 있다. 앞으로 보다 많은 연구와 실험이 뒷받침된다면 인체 각 부위에서 정상치를 측정할 수 있고, 또한 각 질환이 골에 미치는 영향의 정도를 감지하여 질환의 치료와 향후 경과등에 보다 유익하고 풍부한 진료정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 요 약

제명대학교 의과대학 진단방사선과학교실에서 한국 정상성인 120명을 대상으로 제3요추체 전중상부위와 양측후방부위의 피질에서 골무기물함량측정을 이중에너지 전산화단층촬영법을 이용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 제3요추체 피질의 전중상부위에서는 남여군모두 40대에서 각각 $304 \pm 27 \text{mg/cc}$, $288 \pm 22 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였다.
2. 우측후방부위에서는 남여군모두 40대에서 각각 $471 \pm 31 \text{mg/cc}$, $412 \pm 28 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였으며, 좌측후방부위에서는 남여군모두 30대에서 각각 $504 \pm 40 \text{mg/cc}$, $438 \pm 42 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였다.
3. 평균치에서 보면 남자군에서는 40대에서 $421 \pm 30 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였으며, 여자군에서는 30대에서 $365 \pm 34 \text{mg/cc}$ 로 최고치를 보였다.

REFERENCES

1. Doyle FH: Ulnar Bone Mineral concentration in Metabolic Bone Disease. *BJR* 34:698-712, 1961
2. Cameron JR, Sorenson J: Measurement of bone mineral in vivo: an improved methods. *Science* 142:230-232, 1963
3. Genant HK, Botd D: Quantitative bone mineral analysis using dual energy computed tomography. *Invest Radiology* 12(6):545-551, 1977
4. 서수지 등 : 이중에너지 전산화단층촬영술을 이용한

- 골무기물함량의 정량적 분석. 대한방사선의학회지 제25권 제4호 586-592, 1989
5. Montag M, Vassallo P, Peters PE: *CT measurement of bone mineral content in the lumbar vertebrae. Mediccamundi Vol. 33, No.1, 1988*
6. 구도서 : 노령 인구의 사회학적 문제. 대한의학협회지 32:37-41, 1988
7. 문명상, 우영균 : 고령환자의 정형외과적 치료. 대한의학협회지 32:20-25, 1989
8. Sambrook PN, Bartlett C, et al.: *Measurement of lumbar spine bone mineral: A comparison of dual photon absorptiometry and computed tomography. B-JR 58:621-624, 1985*
9. Wolf DR, Genant HK, et al.: *Bone mineral content in early postmenopausal and postmenopausal osteoporotic women: comparison of measurement methods. Rad 160:496-478, 1986*
10. 양승오 등 : 양광자 감마선 측정법을 이용한 한국인의 정상 골밀도치. 대한의학협회지 32(6): 634-640, 1989
11. Cann CE, Genant HK: *Precise measurement of vertebral mineral content using computed tomography. J. CAT 4:493-500, 1980*
12. Lachman E: *Osteoporosis: the potentialities and limitation of its roentgenologic diagnosis. AJR 74:712-715, 1955*
13. Mack PB, Brown WN, Trapp HD: *The quantitative evaluation of bone density. AJR 61:808-825, 1949*
14. Kimmel PL: *Radiologic methods to evaluate bone mineral content. Ann Int Med 100:908-911, 1984*
15. Banks LM, Stevenson JC: *Modified method of spinal computed tomography for trabecular bone mineral measurement. J. CAT 10(3): 463-467, 1986*
16. Kalender WA, Perman WH, Vetter JR, et al.: *Evaluation of a prototype dual energy computed tomographic apparatus. 1. phantom Studies. Med Phys 13(3):334-339, 1986*
17. Zatz LM, Alvarez RE: *An inaccuracy in computed tomography: The energy dependence of CT values. Rad 124:91-97, 1977*
18. Gallagher C, et al: *Measurement of spine density in normal and osteoporotic subjects using computed tomography: relation-ship of spine density to fracture threshold and fracture index. J. CAT 9:634-635, 1985*