

골다공증에 따른 부위별 골 밀도와 구조의 변화

°박정홍, 이성재, *장 한, *최우성, **강 철, ***탁계례
 인제대학교 의용공학과, *가톨릭대학교 의과대학 의정부 성모병원 정형외과, **가톨릭대학교
 의과대학 강남 성모병원 진단방사선과, ***건국대학교 의과대학 의공학과

Regional variation in vertebral bone density and structure due to osteoporosis

°J. H. Park, S. J. Lee, *H. Chang, *W. S. Choi, **C. Kang and ***G. R. Tack
 Department of Biomedical Engineering, Inje University, *Department of Orthopedic
 Surgery, Uijongbu St. Mary's Hospital, **Department of Radiology, Kangnam St.
 Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, ***Department of Biomedical
 Engineering, Konkuk University

ABSTRACT

In this study, regional variation in vertebral bone density due to osteoporosis were investigated using a method that employs images from QCT. QCT images(1mm thick slices) of the first lumbar vertebra from a normal person (23/M, BMD=139.8mg/ml) and from an osteoporotic patient (54/F, BMD=82.0mg/ml) were obtained. Uniform settings (140kVp, 204mA) were used and images of 300 Hounsfield Unit or greater were selected to filter out soft tissue interference. To assess the regional variation of the area fraction, the vertebral body was divided into 3 layers and each layer contained 9 regions. Area fraction was calculated based on image analysis data. Our results showed that the area fraction at the middle of the vertebra was quite lower than the endplate and peripheral regions, but the area fraction values from the osteoporotic patient were uniform throughout the entire height of the vertebral body, which indicates the significant drop of BMD had occurred near both end-plates due to the osteoporosis, especially at the peripheral regions. Our results suggest the susceptibility of the vertebrae to compression fracture types in osteoporotic spine.

서 론

골다공증은 골 질량의 감소로 인해 뼈의 강도가 약해지는 질병으로 갱년기이후의 여성과 노령의 인구에 빈번히 발생하는 것으로 보고되고 있다¹⁾. 임상적으로는 골의 감소 현상으로 뼈가 약해져 정상적인 몸의 하중이나 외력에 견디지 못하고 골절이 일어나 등이 굽게 되고 심한 통증이 동반된다. 골다공증은 이러한 골 감소로 인한 골절의 위험성 때문에 이것을 예방하기 위한 연구들이 활발히 전

개되고 있으며 최근에는 골다공증이 진행되어감에 따라 추체내 골 밀도와 구조가 어떻게 변화하는지 파악하여 이를 생체 역학적으로 해석하려는 시도를 하고 있다²⁾. 지금까지 골 밀도(bone mineral density)에 따른 강도 변화에 대한 상관관계를 통하여 골 밀도가 기계적인 강도를 가장 효과적으로 설명하는 변수로 알려졌으며 현재는 골다공증의 진단과 치료계획에서 정량적 기준으로 이용되고 있다³⁾. 근래에는 척추체의 전체 골 밀도를 측정하여 기계적 강도시험을 통해 상관관계를 구하던 것에서 점차 척추체내 부위별 골 밀도와 그것의 변화를 모두 고려하여 강도를 시험하여 보다 정확한 골절 위험수위를 예측하는 연구가 수행되고 있으며 이것으로 또한 여러 가지 골절유형을 설명할 수 있게 되었다⁴⁾. 그러나 기존의 연구에서는 내부 전체의 밀도 변화를 파악하지 못하고 있거나 정량적인 측정법보다 정성적인 판독방법을 취하고 있어서 새로운 방법으로 접근해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 기초적으로 BMD를 정량화 할 수 있는 QCT의 화상자료를 기반으로 골소주(trabeculae)의 부위별 부피비를 구하여 밀도와 연관시키는 접근방법으로 척추체(vertebral body) 내의 강도변화를 예측하여 앞으로 연구할 생체 역학적 골절 기전을 해석하는데 유용한 자료로 얻고자 하였다.

재료 및 방법

In-vivo상태에서 정상인 척추의 골 밀도와 골다공증 환자의 골 밀도의 변화를 파악하기 위해서 간접적인 방법으로 CT의 단면 영상을 획득하여 각 단면별로 내부 망상골의 이미지 면적비를 계산하고 이를 선택 영역으로 평균하여 영역별 부피비를 구하였다. 먼저 QCT(Somatom plus 4, Siemens, Germany)를 이용하여 정상인의 요추1번(age 23, M, BMD=139.8 mg/ml)과 골다공증을 가진 환자의 요추1번(age 54, F, BMD=82mg/ml)을 1mm간격으로 scanning하여 각각의 수평 단면 화상을 얻었다. CT 촬영시에는 140kVp, 204mA의 동일한 촬영 조

건을 주었으며 Hounsfield Unit 300이상만 검출하여 연조직과 강도에 기여하지 않을 것으로 판단되는 성분은 화상에 맞혀지 않도록 하였다. 그리고 또한 CT 내부 프로그램중 뼈 성분 추출 알고리즘을 사용하여 치밀골과 망상골의 영상만을 얻도록 하였다. 각 단면별로 얻어진 이미지는 디지털화하여 컴퓨터에 이미지 data로 저장하였다. 저장된 이미지는 망상골의 면적비(골소주를 나타내는 화소의 개수/선택 영역의 전체 화소 개수)를 계산하는 프로그램을 구축하여 각 단면별, 그리고 설정한 영역별로 면적비를 구하였다. 선택영역은 종판(endplate)의 좌우 폭을 3등분하고 앞뒤 폭을 기하학적 중심을 기준으로 3등분하였으며 척추체의 높이 방향으로 역시 3등분하여 총 27개의 영역(9개 영역 × 3 Layers)으로 나누었다. 그리고 부피비는 각 단면의 면적비를 영역별 그리고 Layer별로 쌓아 올려 평균함으로써 골소주의 부피비를 구하였다 [Figure 1].

결과 및 고찰

각 단면의 면적비를 구한 결과 Figure 2에서 정상인의 경우 상·하부 종판에 가까울수록 면적비가 최대 0.3, 0.4로 추체 중간 면적비(평균 0.17)보다 상대적으로 매우 높았으나 골다공증 환자의 경우는 추체 중간이나 종판에 근접하여서도 일정한 면적비(평균 0.15)를 보였다. 각 영역별로 면적비를 평균하여 부피비를 구해 보았을 때 역시 정상인의 경우 종판 부근에서 높은 밀도를 보였으며 Layer별로 보았을 때에도 균일한 분포를 보였으나 골다공증 환자의 경우는 anterior 영역과 lateral(left,right) 영역의 부피비가 상대적으로 크게 감소하였다[Table 1]. 그러나 추체의 중심부는 일정한 부피비를 보였다. 면적비를 구하는 프로그램에서 선택시 발생하는 오차를 줄이기 위해 동일인이 3회씩 나온 값을 평균하였으며 오차는 1%미만이였다.

기능적으로 볼 때 종판은 구조적으로 위, 아래에서 받는 하중에 대한 버팀목과 같은 역할을 하는데 본 연구의 결과를 고찰해 볼 때 골다공증으로 인해서 종판 부근 영역의 골밀도가 크게 감소하여 이러한 기능을 상실함으로써 골절의 위험성이 더욱 커짐을 추론해 볼 수 있다. 이것은 또한 임상적으로 흔히 발생하는 쐐기형 골절(wedge fracture)이나 종판 상부가 전체적으로 함몰되는 현상이 골다공증 환자에게서 쉽게 일어날 수 있음을 보여주고 있다. 그리고 이러한 자료를 바탕으로 골다공증의 골절매커니즘을 유한요소법으로 해석한다면 부위별로 실제적인 물성치를 입력할 수 있어 보다 실제적으로 골다공증에 대한 해석이 가능하리라 사료된다. 본 연구에서는 임상적의 관점에서 정상인과 골다공증이 있는 환자의 두 경우에 대한 비교 분석이므로 일반화 할 수 없는 한계를 가지고 있다. 그러나 이를 검증하기 위해 골다공증이 있는 척추체 7 case에 대한 이미지 분석결과 layer별로 일정한 면적비와 유사한 경향을 보여 주었다. 앞으로 많은 자료들을 조사해 볼 때 이를 토대로 보다 일반적이며 정확한 골 감소와 구조적 변화, 그로 인한 골절에 취약한 부위를 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

결론

QCT의 단면 화상 자료를 근거해 볼 때 골다공증으로 인한 골 밀도의 감소는 전체적으로 진행되거나 종판 영역에서 감소가 급격하게 일어나 척추체의 강도를 크게 떨어뜨리는 구조적 변화가 수반된다. 추체 중앙의 밀도가 크게 감소하지 않는 것은 디스크 수축에 의해 지속적으로 수직 하중을 받음으로 골 흡수가 다른 부위보다 일어나지 않는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. B.L. Riggs and L.J. Melton, "Involutional osteoporosis", New Eng J Med, vol. 314, no. 2, pp1676-1684, 1986
2. M.D. Antonacci, et al."Regional Variation in Vertebral Bone Density and Trabecular Architecture Are Influenced by Osteoarthritic Change and Osteoporosis" Spine, vol.22, no. 20, pp2393-2402, 1997
3. L. Mosekilde et al. "Biomechanical Competence of Vertebral Trabecular Bone in Relation to Ash Density and Age in Normal Individuals", Bone, vol. 8 pp79-85, 1987
4. D.D. Cody, et al. "Correlations Between Vertebral Regional Bone Mineral Density(rBMD) and Whole Bone Fracture Load" Spine, vol. 16, no. 2, pp146-154, 1991

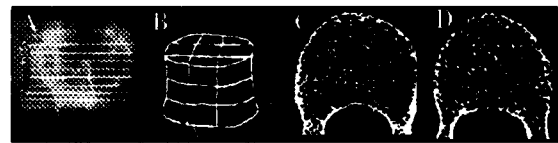


Figure 1. A: CT-scan 이미지와 단면별 slice 번호, B: 단면 및 Layer별 설정 영역, C: 단면 화상(정상인), D: 단면 화상(골다공증 환자)

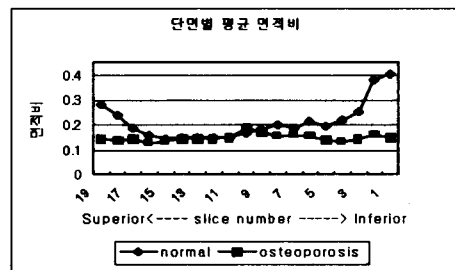


Figure 2 단면별 면적비(정상-골다공증 대비)

Table 1. Layer에 따른 영역별 골소주의 부피비 감소(%)

	anterior			central			posterior		
	left	middle	right	left	middle	right	left	middle	right
layer 1	-16	-32	-22	-33	-6	-25	-27	-10	6
layer 2	-3	-15	-29	-12	31	-7	-8	26	4
layer 3	-41	-42	-37	-54	-30	-39	-29	-48	-37