대한방사선의학회지 1999;40:563-569

한국인 여성의 정량적 흉요추체 형태 연구 : 방사선 흡수법을 이용한 형태 측정[1]

전봉진 · 허진도 · 김성민 · 오경승 · 김종민 · 정규식 · 조영덕

목적 : 척추의 형태학적 측정치를 단순 X-선 척추 측면 사진과 형태측정 방사선 흡수법으로 측정하여 비교하고, 후자를 이용하여 정상 골밀도의 한국인 여성의 흉요추체 지표를 구하고자 하였다.

대상 및 방법 : 척추모형을 구리관으로 제작하여 실제치, 단순 X-선 측면사진 및 형태측정 방사선 흡수법상 측정치, 즉 전방높이와 후방높이를 비교하였다. 단순 측면사진상 추체의 전방 및 후방높이는 방사선과 의사 3명이 각각 3번씩 측정하여 관찰자내, 관찰자간 오차를 알아보았다.

두번째로 건강한 여성 지원자 30명을 대상으로 단순 흉요추 측면사진과 형태측정 방사선 흡수법를 실시하여 흉추 4번에서 요추 4번까지 전방 및 후방높이를 분석하였다.

그리고 95년 3월부터 96년 2월까지 본원에서 형태측정 방사선 흡수법을 실시한 여성중에 골다공증과 기타 척추질환이 없는 정상 여성 200명을 대상으로 흉요추체 형태의 지표를 연령, 키, 골밀도에 따라 통계처리하여 비교분석하였다.

결과 : 척추모형의 실제치는 형태측정 방사선 흡수법의 측정치와 평균 0.28mm(0.8%)로 통계적으로 유의한 차이는 없었으나, 단순 측면사진과 평균 7.24mm(25.6%)의 차이를 보였다. 단순 측면사진에서 척추모형의 위치와 높이에 따라 다르게 확대되었는데 테이블부터 높이가 15cm일 때 23.7%이었고, 왜곡도는 0.5-22.5%이었다.

지원자 대상에서도 단순 흉요추 측면사진과 형태측정 방사선 흡수법은 26.6%의 차이를 보였다. 형태측정 방사선 흡수법에서 흉추에서 요추로 내려올수록 전방높이가 점차 증가되나 후방높이는 요추 2번까지 증가하다가 요추 3번부터 감소하였다. 요추 4번에서는 후방높이가 전방높이보다 낮았다.

정상 한국인 여성 대상에서 추체의 전방 및 후방높이가 연령이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 특히 60대에서 척추 높이의 감소율이 심하였다. 척추의 골밀도는 50대 이후부터 감소하였다.

결론 : 단순촬영에서는 확대와 왜곡이 심하였으나 형태측정 방사선 흡수법을 이용한 척추 형태의 지표는 실제치와 차이가 없었다. 형태측정 방사선 흡수법을 이용하여 정상 골밀도의 한국인 여성의 흉요추체 형태의 지표를 측정하고 변화를 관찰하였는데, 이 지표는 척추의 형태적 변화를 진단 및 추적 관찰하는데 유용한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

척추 형태측정(morphometry)은 일반적으로 측면사진을 이용하여 척추모양의 지표를 측정하는 것이다. 압박 또는 쐐기 모양 골절과 같은 척추 변형 정도를 객관적으로 정량화하는 것으로 임상에서 특정 실험의 지원자 설정할 때나 골대사 질환 환자의 진단 및 치료 효과를 판정할 때 골밀도와 함께 유용하게 이용될 수 있다(1,2). 척추 형태의 측정은 주로 단순 측면 사진에서 자를 이용한 사진상 수작업(3-6), 디지타이저를 이용하는 방법(7-14)과 비디오로 이용하여 컴퓨터 화면에 영상을 획득하여 측정하는 방법(1,2,15,16)이 있으나 확대(magnification) 및 기하학적 왜곡(distortion)이 문제점으로 지적되고 있다(1).

이에 저자들은 in vivo와 in vitro에서 단순 X-선 사진상 척추의 형태와 위치에 따른 확대와 왜곡정도를 알아보고 단순 X-선 측면사진과 형태측정 방사선 흡수법(Morphometric X-ray Absorptiometry : 이하 MXA)을 비교하고, MXA를 이용하여 정상 골밀도로 보이는 한국 여성 흉요추체의 정상 지표를 측정하고자 하였다.

[1]고신의대 진단방사선과학교실
이 논문은 1998년 8월 31일 접수하여 1998년 11월 30일에 채택되었음.

대상 및 방법

In vitro 연구 : 척추모형(phantom) 제작 및 형태 측정

지름 4cm의 원형 구리관을 높이 2.7cm짜리 2개, 3.0cm짜리 4개와 3.7cm짜리 1개등 총 7개를 각각 1cm 간격으로 배열하여 구리철사를 양쪽 옆에 부착한후 땜질하여 척추모형으로 하였다. 그리고 성인의 요추 전후 굴곡각도를 유추하여 170 로 구부렸다(Fig. 1).

모형의 실제치는 정확도 0.05mm로 측정 가능한 vernier caliper를 이용하여 전방높이, 후방높이를 각각 척추체 모형마다 측정하였다.

척추모형의 단순 X-선 측면사진 촬영은 평균 성인체형의 단순 요추 측면사진을 얻는 조건과 동일하게 200mA, 95kVp로 음극-필름간 거리는 105cm에서 0.3sec동안, grid를 사용하여 시행하였다. 인체의 요추 3번에 초점 맞추는 것과 같이 7개 척추모형의 아래에서 3번째에 초점을 두었다. 그리고 테이블에서 척추모형까지 높이를 10cm, 15cm, 17cm로 달리하여 각각 측면 촬영한 후(Fig. 2) vernier caliper로 이용하여 척추체의 전방높이, 후방높이를 각각 측정하였다.

MXA(EXPERT, Lunar, Madison, WI, USA)로 측정할 때는 척추모형이 들어갈수 있는 수조(water pool)를 마련하여 앙와위와 같은 위치로 놓일수 있도록 거즈를 쌓아 테이블에서 15cm 높이로 척추모형을 고정시켜 실시하였다(Fig. 3).

단순사진상 형태 측정시 관찰자간, 관찰자내 오차를 알아보기위해 방사선과 의사 3명이 각각 3번씩 측정하였다.

In vivo 연구

병력 조사에서 만성 간질환, 만성 신질환, 악성 종양, 흡수장

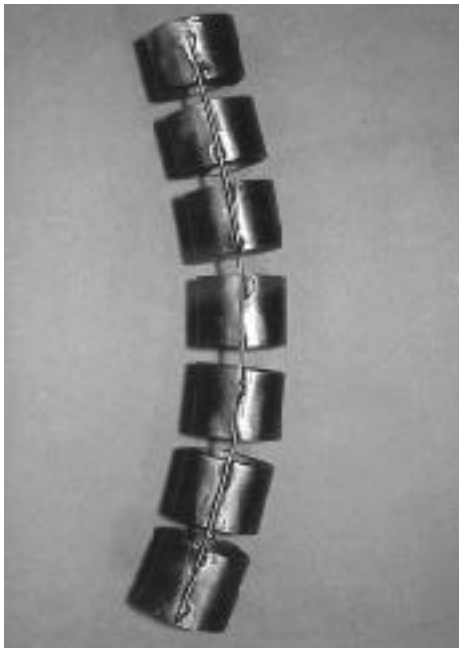
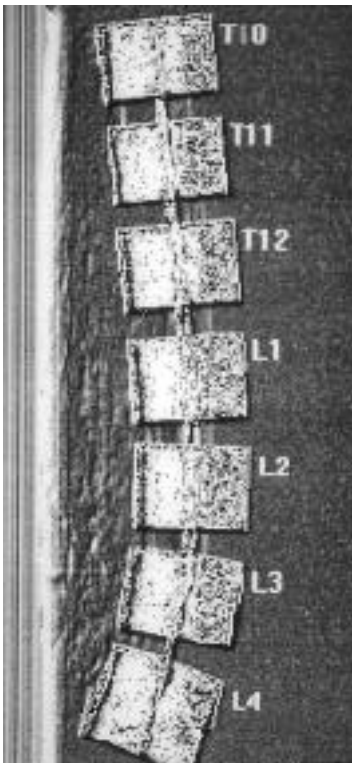
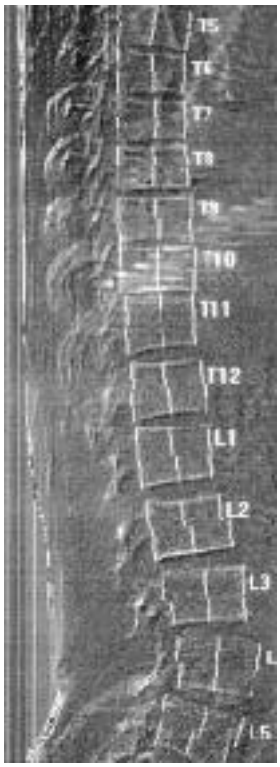


Fig. 1. Photograph of the spine phantom. This structure was constructed using copper pipe and wire.

Fig. 2. Conventional lateral radiograph of spine phantom. This phantom was taken at the height of 15cm between table and mid-level of phantom, and at 200mA, 95kVp, 0.3sec with a tube-film distance of 105cm, centered on fifth level of phantom.



3



4

Fig. 3. Morphometric X-ray absorptiometry of spine phantom
Fig. 4. Morphometric X-ray absorptiometry of the thoracic and lumbar spine

애 증후군, 과거 위장관 수술, 감염성 관절염, 허혈성 심질환, 갑상선 기능 저하 및 항진증, 쿠싱씨 질환, 비타민 D 결핍 질환, 압박골절, 척추 측만증, 척추기형등 척추변형을 초래할수 있는 경우를 제외한 건강한 성인 여성 지원자 30명을 대상으로 하였다. 지원자의 연령은 20세에서 38세였으며 평균 26.4세였다. 이들의 단순 요추 및 흉추의 측면촬영은 옆으로 누운 상태에서 척추 곡선을 교정한 후, 어깨와 장골릉(iliac crest)에서 테이블과 척추 후돌기간 높이를 각각 측정하였다. 측면사진의 조건은 in vitro와 같은 조건으로 하였다. X-선의 초점은 흉추 측면사진 촬영시에는 흉추 7번, 요추 촬영시에는 요추 3번에 두었다. 그리고 MXA는 앙와위 자세에서 흉추 4번부터 요추 4번까지 척추형태를 측정하였다(Fig. 4). MXA의 측정시간은 5분 정도 소요되었고 보정이 필요한 경우에는 평균 10분 정도 걸렸다.

정상 한국인 여성의 흉요추체 형태 연구

1995년 3월부터 1996년 2월까지 1년간 MXA로 척추형태를 측정한 227명의 여성중에 골다공증 소견을 보일 때, 즉 골밀도를 측정하여 연령 비교 평균의 표준편차 2배수에서 벗어나는 경우와 기타 척추 질환이 있는 27명을 제외한 200명을 대상으로 하였다. 대부분의 피검자는 폐경기 증상과 요통의 원인규명이나 골다공증 예방과 같은 건강진단의 목적으로 요추 및 대퇴골 경부의 골밀도와 함께 척추형태를 측정하였다.

연령에 따른 추체 높이의 변화를 보기위해 통계처리로 전, 후방 높이 및 키를 나이와 함께 회귀분석 처리하여 방정식을 구하였다. 통계 프로그램으로 SPSS PC+를 이용하였다.

결 과

In vitro 연구

MXA의 측정치는 척추모형의 실제치와 평균 0.28mm (0.8%)로 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 단순 측면사진은 평균 7.24mm(25.6%)의 차이를 보였다. 단순 측면사진에서 척추모형의 높이에 따라 확대되는 비율이 테이블부터 높이가 10cm일 때 17.7%, 15cm일 때 23.7%, 17cm일 때는 35.7%이였고, 왜곡도도 0.5%-22.5%로 평균 9%의 차이를 보였다(Fig 5). 그리고 단순 측면사진의 측정시 관찰자간, 관찰자내 오차는 각각 4.3%, 2.8%이었다.

In vivo 연구

지원자 그룹의 단순 흉요추 측면사진 촬영시 테이블에서 척추 후돌기까지 높이는 흉추는 11-16cm(평균 12.0cm), 요추에서는 12-16cm(평균 14.5cm)이었다. 단순 흉요추 측면사진과 MXA간 척추형태의 확대비율은 26.6%, 왜곡도는 5.8%로 나타났다. 지원자의 MXA 측정치는 흉추에서 요추쪽으로 내려올수록 전방높이는 점차 증가하였다. 후방높이는 증가하다가 요추 2번에서 정점을 보이고 3번부터 감소하였다. 요추 4번에서는 후방높

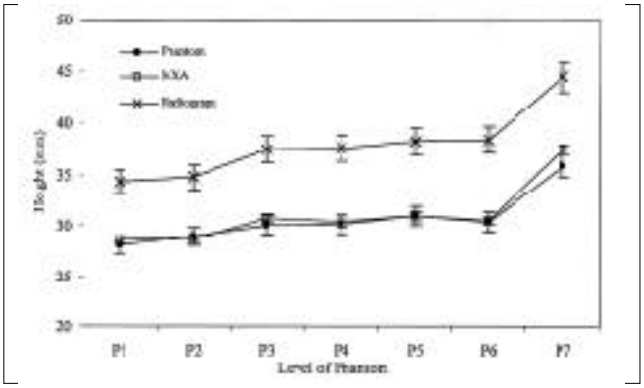


Fig. 5. Comparison of spine phantom height of actual size, conventional radiograph, and morphometric X-ray absorptiometry. The magnification rate was about 25.6%/0.8% between actual size and radiograph/morphometric X-ray absorptiometry.

Table 1. Mean Values(± SD) for Normal Vertebral Dimensions of 4th and 5th Decade of Age, Measured by Morphometric X-ray Absorptiometry.

	4th decade		5th decade	
	Anterior height	Posterior height	Anterior height	Posterior height
T4	17.15±1.74	18.33±2.04	17.68±1.56	18.38±1.39
T5	17.33±1.32	18.32±1.43	17.25±1.80	18.32±1.79
T6	17.84±2.07	18.41±2.71	27.80±2.08	18.76±1.95
T7	18.39±1.69	19.69±1.68	18.61±1.53	19.67±1.38
T8	18.82±1.63	19.87±1.29	19.25±1.53	19.85±1.46
T9	19.58±2.54	20.98±2.59	20.11±1.80	21.25±1.61
T10	21.36±2.15	23.91±2.01	20.80±1.75	23.01±1.59
T11	22.25±3.13	24.25±2.57	22.32±2.51	24.62±1.82
T12	24.13±2.04	25.58±2.37	23.84±2.54	25.97±2.19
L1	25.44±2.20	25.72±2.26	25.24±1.82	26.05±1.56
L2	25.73±2.19	26.47±2.41	25.35±1.73	25.47±1.55
L3	25.48±2.57	24.21±2.29	24.97±1.90	23.55±1.82
L4	26.24±3.47	22.43±2.29	25.28±3.22	21.17±2.43

*scale : mm
SD - standard deviation

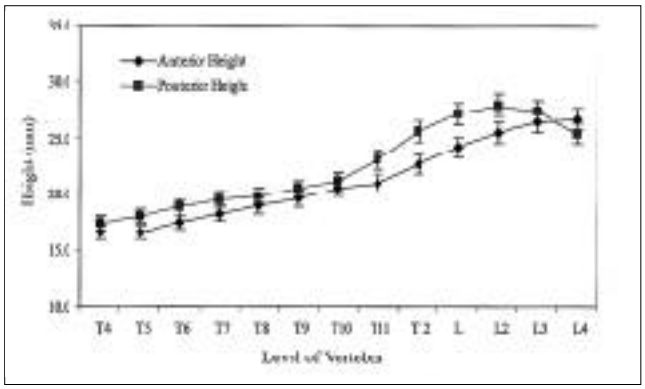


Fig. 6. Measurements of anterior and posterior vertebral heights from T4 to L4 by morphometric X-ray absorptiometry. The anterior heights increase from thoracic to lumbar spine progressively, the posterior heights show peak value at L2 and decreased more compared to anterior height at L4.

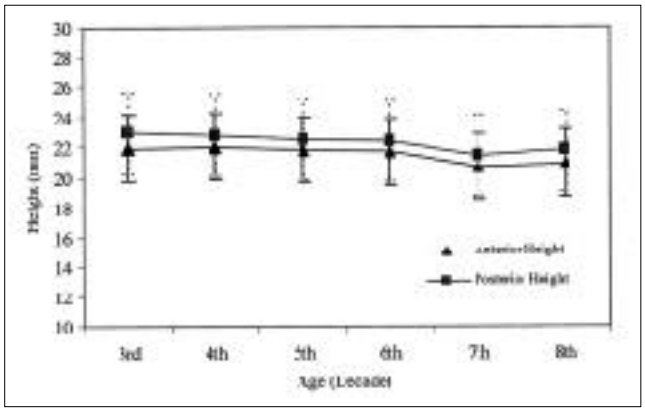


Fig. 7. Measurements of mean anterior and posterior vertebral heights of morphometric X-ray absorptiometry by age. Prominent decrease in both heights at seventh decade is noted. Dot Y error bars are posteior height SD and solid bars are anterior SD.

이가 전방높이보다 낮았다(Fig. 6).

정상 한국인 여성의 흉요추체 형태 연구

MXA로 측정한 총 척추체는 2453개였다. 그리고 대상의 연령별 분포는 20대 28명, 30대 12명, 40대 18명, 50대 69명, 60대는 56명이었고 70대는 17명이었다. 30대와 40대의 정상 한국인 여성의 척추형태 지표를 table 1에 나타내었다. 전체적으로 흉요추의 전방높이가 천골(sacrum)쪽으로 갈수록 증가되었고 후방높이는 요추 1번에서 정점을 보였고 그후로 감소되어 젊은 지원자와 유사하였으나 연령이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다(Fig. 7). 흉추 4번에서 요추 4번까지의 전방높이는 20대 이후 0.351mm/년, 후방높이는 0.377mm/년씩 감소하였다. 60대에서 특히 높이의 감소율이 심하였다. 각각 나이에 대한 회귀방정식은 전방높이=22.87-0.027X나이(r=-0.108, p=0.0000), 후방높이=23.70-0.029X나이(r=-0.124, p=0.0000)으로 도출되었다. 키의 방정식은 키=163.29-0.131X나이(r=-0.388, p=0.0000)로 산출

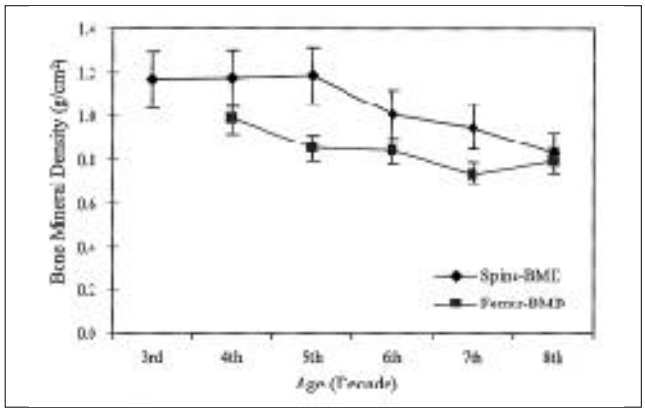


Fig. 8. Measurements of spinal and femoral bone mineral density by age. Decrease of spinal bone mineral density show after sixth decade, and femoral bone mineral density reveals after fifth decade.

되었다. 척추의 골밀도는 50대이후부터 대퇴골은 40대이후부터 감소되었다.

고 찰

외상이나 골다공증의 합병증등으로 척추골절이 생기면 편평한 형태, 상하오목한 형태 및 쐐기 모양등으로 척추형태의 변화를 초래하게 된다.(5,17). Bernecker(6)와 Bindman(9)등은 척추골절 환자에서 골밀도가 분명히 감소되어 있지만 골밀도와 척추변형간 상관관계는 없는 것으로 보고하였다. 그러나 Riggs(19)와 Ott(20)등은 골다공증 환자에서 척추의 전방높이에서 점차적으로 허탈(collapse)을 보이고 15% 이상의 감소를 보인 경우 골다공증을 진단할 수 있다고 보고하였다. 척추골절 환자에서 절반 정도는 증상이 없으며 단순 방사선 영상에서 척추의 형태와 개개인의 다양성으로 과거 사진없이 쉽게 골절을 진단할 수 없으며(5,9), 골밀도 측정은 골다공증을 진단하고 골절 위험을 예측하는데 좋은 지표가 될 수 있지만 척추변형 정도와 형태의 관계는 아직 논란의 여지가 있다(2,10,18). 그렇기 때문에 골다공증 환자의 관리에 있어서 골밀도 검사와 함께 정량적인 척추형태를 측정해야 질환 진행의 객관적인 감시(monitor)를 할수 있다(6). 척추에 영향을 주는 대사성 골질환 환자나 척추골절을 동반하는 골다공증 환자들에서도 척추변형의 정량적 측정이 필요하며 장기간 치료 계획의 수립 및 치료 결과를 평가하는데 도움이 될 것이다(18). 척추형태로 척추골절의 유병율이나 발병율을 측정하기 위한 표준(gold standard)이 아직 없다(11,12). 그 원인으로 평균에 대한 표준편차를 3배수로 하면(특이도=99.9%) 실제 골절인 경우에도 정상 척추로 잘못 분류되는 수가 있고 골절의 70% 정도만 인지된다. 그리고 2배수의 표준편차(특이도=97.7%)를 적용하면 85-90%의 골절 환자를 감정할 수 있지만 위양성이 문제가 될 수 있을 것이다(11). 검사 목적에 따라 골절 판정에 신중을 기해야 하지만 척추형태 정상치는 척추골절 진단에 도움이 될 것이다.

척추변형을 평가하는 방법으로 단순 방사선 영상을 많이 이

용하여 왔지만 가장 취약한 요소가 피사체 영상의 확대와 기하학적 왜곡이다(4,18). 이러한 원인은 첫째 피사체의 상태와 방사선 자체의 확대성 및 왜곡성과 같은 촬영 시스템의 문제, 둘째 영상의 해상도, 측정 및 광학적인 확대와 비동질성(non-uniformity)등과 같은 영상 분석 시스템의 문제, 그리고 셋째 측정 위치의 인지 및 피사체 넓이 계산시 관찰자의 편향(bias)등을 들수 있다. 이러한 오차의 원인들이 최소화 되도록 노력하는 것이 중요하며 쉽게 반복할 수 있고 관찰자간의 오차를 줄일 수 있는 측정 방법을 선택하여야 한다(1,21). 단순 방사선 영상을 얻은 후 바로 수작업으로 측정하는 방법(3-6)에서 두번째와 세번째 오차의 원인을 감소시키려는 일환으로 디지타이저를 이용하였고(7-14), 또 비디오를 이용하여 컴퓨터 화면에 영상을 획득하여 측정하는 노력을 보였다(1,2,15,16). 또한 확대나 왜곡도를 감소시키려면 필름과 피사체를 근접하게 하고 중심선측에 가까이 놓아야 이러한 오차를 최소로 감소시킬 수가 있다. Evans 등(15)은 단순 척추 측면영상의 확대율을 약 30%로 책정하여 연구를 하였고, 실제 임상에서는 20-30% 정도로 임의의 확대율을 고려하여 실제치를 계산하는데 저자들의 연구에서 in vitro상 테이블부터 15cm 높이에서 단순촬영하였을 때 23.7%의 확대를 보였고 왜곡도는 평균 9%를 보였다.

척추형태를 측정할 때 단순촬영은 확대 및 왜곡문제 뿐만 아니라 흉, 요추를 각각 별도로 촬영하기 때문에 방사선 피폭량이 많으며 측정시간이 비교적 길다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로 이중에너지 방사선 흡수법을 이용한 척추형태 측정기가 제시되었다. 골밀도 측정의 목적으로 사용하는 유럽형 척추모형(European spine phantom : ESP)을 이용하여 다른 기계들간 척추형태를 비교한 보고(18)에 의하면 형태를 분석하기 곤란하였다. 이에 저자들은 척추형태를 측정가능한 모형을 제작하여 고식적 방사선 촬영, 형태측정 방사선 흡수법의 측정치와 실제치들을 비교하였다.

형태측정 방사선 흡수법(MXA)은 이중에너지 방사선 흡수법(Dual energy X-ray absortiometry : DXA)의 영상질과 소프트웨어 발전으로 실험재현도(reproducibility)가 향상되고 있다. 팬빔(fan beam)을 이용하는 3세대 DXA의 기기는 스캔시간을 줄이고 고형(solid-state) 탐촉기를 이용하여 해상도를 높여 양질의 영상을 취득함으로써, 또 소프트웨어의 개량으로 척추형태의 측정이 가능하게 되었다. 이와같이 이중에너지 방사선 흡수법을 이용하고 스캔시간을 줄임으로써 방사선 투시의 인공음영(artifact)을 줄여주고 고식적 척추 촬영시보다 방사선 피폭량을 20배이상 줄일 수 있게 되었다(18). 앙와위 상태에서 X선 튜브와 탐촉기가 같이 회전하여 측면사진을 스캔하므로 환자가 편안한 자세로 척추형태를 측정할 수 있다. 저자들의 실험에서 MXA의 결과는 in vitro상 실제치와 비교하였을 때 평균 0.8%의 확대율을 보였지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 척추형태 측정은 수작업시에는 20분 정도 걸리고 디지타이저로 이용하면 숙련된 경우에 4분 정도 걸린다고 보고하였으나(3,12) MXA에서는 5분 정도 소요되었고 위치 보정이 필요한 경우에는 10분 정도 걸렸다. 그리고 척추형태 지표는 Hurxthal(3)은 전방, 중앙 및 후방높이와 척추간 디스크 높이, 상하 너비를 측정하였지만(1,2) 대부분의 문헌에는 전방, 중앙 및 후방높이의 지표들만 제시한 경우(4,6,8,9,14)와 이를 이용하여 여러 가지 지표 즉, 쐐기비율, 오목비율, 편평비율 또는 각도 그리고 상하 척추간 지표 비율, 전후방높이 비율, 중후방높이 비율등을 계산(5,7,11-13,15,16)하였는데 저자들은 전방 및 후방높이의 지표를 측정하고 각각 척추간 및 연령에 따른 양상을 관찰하였다.

관찰자간 및 관찰자내 오차는 McCloskey(12)와 Diacinti (16)에 의하면 2.8-6.7%와 1.3-2.3%로 보고하였는데 저자의 연구에서 각각 4.3%, 2.8%로 심한 편향(bias)이 나타나지 않은 것으로 판단할 수 있다.

척추 선정에서 Eastell 등(5)과 Nicholson 등(2)에 의한 척추형태 지표(Vertebral Shape Indices)를 이용한 등급 1은 총 척추체 2543개 중 20개(0.8%), 등급 2와 등급 3은 각각 2개로 한국인 정상 여성을 대표하는데 통계적으로 무리없을 것으로 사료된다. 정상인 척추형태의 지표는 fig. 6에서 나타난 바와 같이 흉요추의 전방높이는 하방으로 내려갈수록 점차 증가되나 후방높이는 증가하다가 요추 2번에서 정점을 보이고 3번부터 감소하였다. 요추 4번이후 후방높이가 전방높이보다 낮았다. 이는 젊은 지원자 그룹에서도 같았고, Evans 등(15)의 결과와 동일한 양상을 보였다.

특정부위의 골밀도와 연령간 관계에서는 Haddaway 등(22)의 연구와 같이 fig. 8을 보면 50대이후에 척추의 골밀도가 급격히 감소하였지만 대퇴골에서는 30대이후부터 계속 감소하였다. 연령에 따른 척추형태의 변화는 Gallagher 등(4)에 의하면 전방높이는 변화가 없지만 후방높이가 감소하는 것으로 보고하였지만, Diacinti 등(16)의 결과를 보면 오히려 전방높이가 후방보다 더 감소하는 것으로 나타났다. 저자들의 연구에서는 fig. 7에서와 같이 지표 모두가 전반적으로 감소하는 추세를 보였다. 60대에 척추의 전, 후방높이가 두드러진 감소의 양상을 보였는데, 이는 척추의 골밀도가 선행되어 감소를 보인후 형태의 변화가 뒤따르는 것을 알 수가 있다. 각각 높이별로 회귀방정식을 구한 결과 흉요추의 전방높이는 1년에 0.351mm, 후방높이는 0.377mm씩 감소하는 것으로 나타났다. 연령이 증가할수록 후방높이가 전방높이보다 더 많이 감소함을 알수 있는데 이는 다른 문헌 보고들(4,15)과 같이 정상적인 체중부하 증가의 노화 과정으로 해석할 수 있다. 이는 키가 1.31mm/년씩 감소를 보이는데 전체 키 감소에 흉추 4번부터 요추 4번까지의 전방높이 및 후방높이가 26.8%, 28.8%를 차지하는 것을 알수 있었다. 이에 반해 골다공증 환자에 있어서는 전방높이가 더 감소하는 경향이 있다는 보고(19,20)를 참고하면 척추의 형태로 골다공증을 진단하는데 좋은 도구가 될 수 있음을 알 수 있다.

결론적으로 골다공증과 척추골절의 진단과 추적에 있어서 실제치와 유사하고 편리하며 빠른 측정도구를 선택하여 척추형태를 정확하게 연구할 필요가 있다. 단순촬영에서는 확대와 왜곡이 심하였으나 MXA을 이용한 척추형태의 지표가 실제치와 차이가 없었다. MXA을 이용하여 정상 한국인 여성의 흉요추체 형태의 지표를 측정하고 변화를 관찰하였는데, 이 지표는 척추의 정상 혹은 골절의 형태적 변화를 진단 및 추적 관찰하

는데 유용한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Nicholson PHF, Haddaway MJ, Davie MWJ, Evans S. A computerized technique for vertebral morphometry. *Physiol Meas* 1993;14:193-204
2. Nicholson PHF, Haddaway MJ, Davie MWJ, Evans S. Vertebral deformity, bone mineral density, back pain and height loss in unscreened women over 50 years. *Osteoporosis Int* 1993;3:300-307
3. Hurxthal LM. Measurement of anterior vertebral compressions and biconcave vertebrae. *AJR* 1968;103(3):635-644
4. Gallagher JC, Hedlund LR, Stoner S, Meeger C. Vertebral morphometry: normative data. *Bone Miner* 1988;4:189-196
5. Eastell R, Cedel S, Wahner HZ, Riggs BL, Melton LJ. Classification of vertebral fractures. *J Bone Min Res* 1991;6:207-15
6. Bernecker P, Pietschmann P, Winkelbauer F, et al. The spine deformity index in osteoporosis is not related to bone mineral and ultrasound measurements. *Br J Radiol* 1992;65:393-396
7. Hedlund LR, Gallagher JC. Vertebral morphometry in diagnosis of spinal fractures. *Bone Miner* 1988;5:59-67
8. Hedlund LR, Gallagher, Meeger C, Stoner S. Change in vertebral shape in spinal osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 1989;44:168-172
9. Bindman RS, Cummings SR, Steiger P, Genant HK. A comparison of morphometric definitions of vertebral fracture. *Bone Miner* 1991;6(1):25-34
10. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Pre-existing fractures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. *Ann Intern Med* 1991;114:919-923
11. Ross PD, Davie JW, Epstein RS, Wasnich RD. Ability of vertebral dimensions from a single radiograph to identify fractures. *Calcif Tissue Int* 1992;51:95-99
12. McCloskey EV, Spector TD, Eyres KS, et al. The assessment of vertebral deformity: A method for use in population studies and clinical trials. *Osteoporosis Int* 1993;3:138-147
13. Davies KM, Recker RR, Heaney RP. Revisable criteria for vertebral deformity. *Osteoporosis Int* 1993;3:265-270
14. Rosol MS, Cohen GL, Halpern EF, etc. Vertebral morphometry derived from digital images. *AJR* 1996;167:1545-1549
15. Evans SF, Nicholson PHF, Haddaway MJ, Davie. Vertebral morphometry in women aged 50-81 Years. *Bone Miner* 1993;21:29-40
16. Diacinti D, Acca M, D 'Erasmo E, Tomei E, Mazzuoli GF. Aging changes in vertebral morphometry. *Calcif Tissue Int* 1995;57:426-429
17. Riggs BL, Melton LJ III. Involutional osteoporosis. *N Engl Med J* 1986;314:1676-1686
18. Felsenberg D, Gowin W, Diessel E, Armbrust S, Mews J. Recent developments in DXA. Quality of new DXA/MXA-devices for densitometry and morphometry. *Eur J Radiol* 1995;20:179-184
19. Riggs BL, Seeman E, Hodgson SF, Taves PR, O 'Fallon WM. Effect of the fluoride/calcium regimen on vertebral fracture occurrence in postmenopausal osteoporosis. *N Eng J Med* 1982;306:446-450
20. Ott SM, Kilcoyne RF, Chesnut CH III. Ability of four different techniques of meassuring bone mass to diagnose vertebral fractures in postmenopausal women. *J Bone Min Res* 1987;2:201
21. 박수성, 김건상, 이관세, 이용철, 박경진, 김건중. 왜곡. *진단방사선원리*. 초판. 대학서림 1985;231-232, 283-284
22. Haddaway MJ, Davie MWJ, McCall IW. Bone mineral density in healthy normal women and reproducibility of measurements in spine and hip using dual-energy X-ray absorptiometry. *Br J Radiol* 1992;65:213-7

대한방사선의학회지 1999;40:563-569

J Korean Radiol Soc 1999;40:563-569

Quantitative Morphologic Assessment of Thoracolumbar Vertebrae in Korean Women by Morphometric X-ray Absorptiometry[1]

Bong Jin Cheon, M.D., Jin Do Huh, M.D., Sung Min Kim, M.D., Kyong Seung Oh, M.D., Jong Min Kim, M.D., Gyoo Sik Jung, M.D., Young Duk Joh, M.D.

[1]*Department of Radiology, Kosin Medical Center*

Purpose : To compare the accuracy of lateral radiography of the spine with that of morphometric X-ray absorptiometry(MXA) in vertebral morphometry, and to evaluate normal vertebral morphometry using MXA in Korean women.

Materials and Methods : A spine phantom was constructed using copper pipe. Its anterior and posterior heights were measured directly, with lateral radiographs and with MXA, and the values thus obtained were compared. Inter- and intra-observer variations were evaluated by three radiologists. The vertebral morphometry of 30 young women volunteers were imaged using thoracic and lumbar lateral radiographs and MXA, and analysis included the measurement of anterior and posterior heights from T4 to L4. We also obtained the vertebral morphometry of 200 normal Korean women who underwent MXA between March 1995 and February 1996, though those with osteoporosis and other spinal lesions were excluded from this study. Thoracolumbar vertebral indexes were statistically correlated with age, height and bone mineral density.

Results : There were no statistically significant differences in the heights of spine phantom measured by MXA compared with actual size (mean difference = 0.28mm). Simple radiographs were magnified by 23.7% at a phantom-table distance of 15cm, and distortion ranged from 0.5% to 22.5%, depending on phantom level and phantom-table distance.

In the study of volunteers, the magnification rate between a simple radiograph and MXA was about 26.6%. Anterior height increased progressively from the thoracic to the lumbar spine, though posterior height peaked at L2, and L4 was less than anterior height.

In Korean women, indices of vertebral morphometry decreased significantly with aging, with the most prominent decrease occurring during the seventh decade. The mineral density of spinal bone decreased markedly after the sixth decade.

Conclusion : Radiographs showed more magnification and distortion than did MXA, though between morphometric X-ray absorptiometry (MXA) and actual size, there was no significant difference. The vertebral morphometric indices of Korean women and referred bone mineral density may provide useful data for determining and evaluating follow-up changes in spinal morphology.

Index words : Spine, anatomy
Osteoporosis
Bones, absorptiometry
Bones, mineralization

Address reprint requests to : Bong Jin Cheon, M.D., Department of Radiology, Kosin Medical Center.
#34, Am-nam-dong, Seo-gu, Pusan 602-702, Korea
Tel. 82-51-240-6341 Fax. 82-51-255-2764 E-mail. bjcheon@hotmail.com