

- 원 저 -

이중에너지 X선 흡수계측법을 이용한 대퇴골 근위부의 형태학적 측정에 따른 골절 위험도의 예측

원광보건대학 방사선과
윤 한 식

- Abstract -

Predict of Fracture Risk Rate According to Morphological Measuring of Proximal Femoral Part Using Dual Energy X-ray Absorptiometry

Han Sik Yoon

Dept. of Radiotechnology, Wonkwang Health Science College

The femoral fracture is the most serious problem of old ages having osteoporotic fractures. First of all, prevention to reduce the incidence of hip fracture and to identify the risk factor is essential subject. The purpose of this study is to investigate which geometric parameters of proximal femur are related to the hip fracture risk in old ages.

Author analyzed the bone density and bone content of over 60 years old women who had suffered hip fracture (n=60) and non fracture groups (n=60).

Author concluded that geometric measurements of proximal femoral part made on dual energy x-ray absorptiometry can predict hip fracture independently of bone mineral density.

I. 서 론

대퇴골 골절은 사회가 발달하고 인구가 노령화되면서 우리나라뿐 아니라 세계적으로도 가장 심각한 골절 질환 중의 하나로 대두되고 있다. 대퇴골 골절은 주로 골다공증 노인에게서 가벼운 낙상으로도 발생할 수 있으므로 조기발견 및 치료가 무엇보다도 중요하며 이와 함께 대퇴골 골절의 위험성이 있는 사람들을 찾아내는 예방이 골절에 대한 치료 못지 않게 그 중요성이 강조되고 있다. 최근 수술법의 발달로 대퇴골 골절의 합병증은 많이 줄어들었으나 외국의 경우 골절 환자의 약 20% 정도는 그 후유증으로 사망한다고 알려져 있다¹⁾. 국내에서도 약 200만 명 이상의 골다공증 환자가 있는 것으로 추정되며 이중 대퇴골 근위부 골절 환자는 2만 명 정도인 것으로 밝혀져 있다²⁾.

골다공증 검사로는 혈액검사를 통한 생화학적 골교체율 표지자 측정법, 정량적 전산화 단층촬영법, 초음파 골밀도 측정법, 이중 에너지 X선 흡수 측정법 등이 널리

사용되고 있다.

이중 에너지 X선 흡수 측정법은 현재 골다공증 검사로 많이 사용되고 있으며 대퇴부의 경우 대퇴 경부, Ward 삼각부, 대퇴 전자부의 골밀도, 골면적, 골 무기질량을 측정하고 있다.

골다공성 골절의 발생에는 골밀도 뿐 아니라 골형태적, 골구조적인 측면도 작용하므로 골밀도 결과만으로 골절 위험도를 예측할 수 없다.

골절 위험도는 골조직에 가해지는 힘과 골조직 자체의 강도에 의해 결정되는데 골조직의 강도는 대퇴 근위부의 골밀도, 형태, 구조에 의해 결정되며 그밖에 골절에 동반되는 질환, 유전적 소인, 고관절 주변의 연부조직의 상태와 관련되어 있으나 골조직의 강도를 결정하는 가장 중요한 요소는 골밀도이며 이 두 가지 관계는 서로 비례한다고 알려져 있다.

저자는 이중 에너지 X선 흡수 계측법을 이용하여 골다공성 골절 환자의 대퇴골 근위부의 골밀도와 형태학적 계측을 통하여 골절의 예방적 차원에서 위험 인자가 어

* 이 논문은 2001년도 원광보건대학 교내 연구비 지원에 의해 연구되었음.

면 것이 있는지를 밝혀내고 이것들의 골절 위험과의 상호 작용을 규명할 목적으로 본 연구를 수행하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2000년 11월부터 2001년 10월까지 원광대학교 부속 의료원에서 대퇴골 골밀도 검사를 받은 60세 이상의 여자 환자들을 대상으로 실시하였다. 이들 환자중 골절군은 종양이나 골대사성 질환 및 골대사에 영향을 줄 수 있는 약물 복용의 경력이 없으며 교통사고와 같은 심한 외상으로 인한 골절이 아닌 60명을 선정하였고, 이와 대조로 약물 복용의 경력이 없으며 단순히 골밀도 검사를 받은 골절의 과거력이 없는 노인성 골다공증 환자 중 60명을 선정하여 대조군으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 골밀도의 측정³⁾과 골의 형태학적 계측⁴⁾

이중 에너지 X선 흡수 측정법(DXA, Hologic QDR-2000)을 이용하여 골절환자의 대퇴 근위부의 골밀도를 측정하였다. 환자를 앙와위에서 고관절을 15° 내전시켜 대퇴 경부, Ward 삼각부, 대퇴 전자부의 3부분을 측정하였고 각 부분에 대해 골밀도 및 무기질량을 측정하였다⁵⁾.

골절 한계치(fracture threshold)는 고관절 골절환자의 95 percentile(+2SD)에 해당하는 골밀도 값으로 하였다. 형태학적 계측은 3명의 검사자가 직접 골밀도 검사용지에 미세눈금 자를 사용하여 시간차를 두고 3회 측정하여 평균하였으며 측정 부위는 고관절 축 길이(hip axis length : 대전자 외측면에서부터 대퇴 경부와 대퇴 골두의 중간을 지나 골반골의 내측면 까지를 연결한 길이), 근위 대퇴골 축 길이(femoral axis length : 대전자 외측면에서부터 대퇴 경부와 대퇴 골두의 중간을 지나 대퇴 골두의 정점까지를 연결한 길이), 근위 대퇴골 간부 폭(shaft width of proximal femur : 소전자 하연에서부터 근위 대퇴골 1cm 하방까지의 대퇴 간부의 넓이, 대퇴골 경간 각(neck shaft angle : 대퇴 경부와 대퇴 간부를 각각 2등분한 선이 이루는 각도), 대퇴골 경부 폭(neck width : 대퇴 경부 측에 직각이면서 대퇴 경부 폭의 최단 거리), 대퇴골 전자부 폭(trochanter width : 소전자 직상방에서 대전자 최외측연까지의 최단 거리), 근위 대퇴골 간부의 내측 피질골 두께(medial cortical thickness of proximal femoral shaft : 소전자 하연에서부터 1cm 하방까지의 내측 대퇴 피질골 두께) 및 근위 대퇴골 간부의 외측 피질골 두께(lateral cortical thickness of proximal femoral shaft : 소전자 하연에서부터 1cm 하방까지의 외측 대퇴 피질골 두께)의 8부위에 대하여 형태학적 계측을 하였다.

2) 통계학적 분석

골절군과 대조군의 측정치에 대한 평균과 표준 편차는 Student t-test를 시행하여 분석하였으며 골절의 위험 인자에 대한 분석은 연령을 보정한 단순 로지스틱 회귀 분석(univariate logistic regression)을 이용하여 상대 위험도(odds ratio)를 분석하였다. 골밀도 검사에서 측정된 골밀도, 골형태 측정값이 상호간에 미치는 영향은 다중 로지스틱 회귀 분석(multivariate logistic regression)을 사용하여 분석하였으며 각 인자와 측정치 사이의 상관 관계는 Pearson 상관 계수를 사용하여 분석하였다.

이 자료들의 통계 처리는 SPSS 7.5로 분석하였다.

III. 결 과

두 군간의 연령은 골절군이 평균 69.1세, 대조군이 68.3세이며 평균 신장은 골절군이 149.9 cm, 대조군이 149.8 cm, 평균 체중의 경우 골절군이 48.2 kg, 대조군이 47.7 kg으로 모두 유의한 통계학적 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. Mean and standard deviation of variables between control and fracture groups based on Student t-test

Variables	Control	Fracture	t
Age(years)	68.3 ± 3.9	69.1 ± 4.2	0.798
Height(cm)	149.8 ± 3.4	149.9 ± 4.7	-0.065
Weight(kg)	47.7 ± 4.4	48.2 ± 3.7	-0.395

골밀도 검사 결과 골절군의 골밀도는 경부 0.51 g/cm², Ward 삼각부 0.46 g/cm², 대퇴 전자부 0.46 g/cm²로서 각각 대조군의 0.63 g/cm², 0.50 g/cm², 0.59 g/cm²와 비교하여 통계적으로 의미있는 차이를 나타내었다(p > 0.05). 골절군의 골량도 대조군과 비교해 모든 부위에서 의미있는 차이를 보였으며 특히 Ward 삼각부의 경우 골절군이 0.32 g인데 대해 대조군은 0.44 g으로 나타나 큰 차이를 보였다. 골절 환자의 95 percentile 이상에 포함되는 골절 한계치는 대퇴 경부 0.63 g/cm², Ward 삼각부 0.50 g/cm², 전자부 0.59 g/cm²으로 나타났다. 골밀도와 골량의 상대 위험도(odds ratio)는 대퇴 경부, Ward 삼각부, 전자부의 3부분 모두 골밀도의 상대 위험도가 더 높아 골량보다 골밀도의 변화가 대퇴골 근위부 골절과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 그 중에서도 대퇴 경부의 골밀도는 상대 위험도 3.2로서 Ward 삼각부나 전자부보다 높아 골절 위험도의 예측에 중요한 부위임을 알 수 있었다(Table 2).

골형태 측정치중 전자부 폭을 제외한 나머지 측정치는 통계학적으로 유의한 측정치로 나타났으며(p < 0.05), 연령을 보정한 단순 로지스틱 회귀 분석에서 고관절 축 길

Table 2. Results of characteristics between bone density and bone content

Measurements	Control	Fracture	Odds ratio(95% CI)	p value
Bone density(g/cm ²)				
Neck	0.63 ± 0.13	0.51 ± 0.10	3.2(1.6, 6.9)	0.002
Ward triangle	0.50 ± 0.11	0.46 ± 0.11	2.1(1.2, 3.1)	0.004
Trochanter	0.59 ± 0.11	0.46 ± 0.10	2.4(1.4, 5.6)	0.002
Bone content(g)				
Neck	2.92 ± 0.28	2.89 ± 0.14	2.7(1.3, 6.8)	0.031
Ward triangle	0.44 ± 0.29	0.32 ± 0.31	1.9(0.8, 6.4)	0.693
Trochanter	5.93 ± 1.12	5.87 ± 0.78	1.8(1.2, 7.2)	0.014

Table 3. Means and standard deviation of measurements in hip fracture groups, control

Bone architecture(mm)	Control	Fracture	Odds ratio(95% CI)	p value
Hip axis length	46.9 ± 2.11	47.2 ± 1.18	1.9(1.1, 1.8)	0.048
Femur axis length	44.3 ± 2.81	46.2 ± 1.91	1.8(1.3, 1.6)	0.050
Neck width	17.2 ± 0.17	17.6 ± 0.78	1.5(1.3, 1.9)	0.005
Trochanter width	26.9 ± 1.16	28.2 ± 1.75	1.6(1.1, 2.8)	0.076
Neck shaft angle	131.2 ± 3.4	128.9 ± 2.9	1.3(1.2, 1.4)	0.047
Shaft width	16.1 ± 0.78	15.9 ± 1.10	1.7(1.0, 3.1)	0.049
Medial cortical thickness	2.86 ± 1.23	3.11 ± 1.64	1.4(1.2, 2.6)	0.050
Lateral cortical thickness	3.12 ± 0.75	3.06 ± 1.05	1.4(1.1, 2.9)	0.045

Table 4. Multivariate models excluding and including neck bone mineral density

	Including BMD	Excluding BMD
	Odds ratio (95% CI)	Odds ratio (95% CI)
Hip axis length	2.4 (0.8, 2.9)	1.6 (1.2, 1.9)
Neck width	1.7 (1.0, 2.2)	1.5 (1.1, 1.7)
Trochanter width	1.5 (1.0, 2.4)	1.7 (1.0, 3.0)
Shaft width	1.4 (1.0, 2.3)	1.3 (0.8, 2.7)
Neck shaft angle	1.4 (1.1, 1.7)	1.4 (1.0, 2.4)

이는 상대 위험도 1.9로서 가장 높은 값을 보였으나 통계학적 의미는 없었다(p = 0.048). 대퇴골 경간 각은 상대 위험도가 1.3으로 낮아 골절 위험과는 비교적 무관하였다(Table 3).

골형태 측정치와 골밀도 검사에서 상대 위험도가 가장 높았던 경부 골밀도 검사 결과에 대해 골절 위험도에 대한 상호간의 영향력을 알아보기 위해 다중 로지스틱 회귀 분석을 적용하였다. 그 중 변화가 없는 다른 측정치들에 비해 고관절 축 길이는 서로간의 영향력을 고려하더라도 상대 위험도가 2.4로서 높은 상대 위험도를 보였다(Table 4).

연령, 신장, 체중과 골형태의 측정치들 가운데 상대 위험도가 비교적 높은 고관절 축 길이, 대퇴골 축 길이, 경부 폭, 전자부 폭, 간부 폭을 설정하여 서로간의 상관 관계를 분석한 결과 신장과 경부 폭의 상관 관계는 상관 계수 r = 0.674로 가장 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었고 신장과 고관절 축 길이, 체중과 전자부 폭의 상관 계수는 각각 r = 0.498, 0.416으로 나타나 뚜렷한 상관 관계를 보였다.

그러나 연령과 간부 폭과의 상관성은 상관 계수 r = 0.045로서 거의 무시할 수 있을 정도로 낮은 상관 관계를 보였다(Table 5).

Table 5. Correlation coefficient between factors and measurements

	Age	Height	Weight	Hip axis length	Femur axis length	Neck width	Trochanter width	Shaft width
Height	-0.134							
Weight	0.164	0.394						
Hip axis length	0.274	0.498	0.231					
Femur axis length	0.131	0.196	0.127	-0.218				
Neck width	0.327	0.674	0.220	-0.226	0.128			
Trochanter width	0.185	0.312	0.416	0.169	0.328	-0.241		
Shaft width	0.045	0.260	0.218	0.145	0.276	-0.123	0.161	

IV. 고찰

골다공성 골절은 조기 발견 및 치료에 못지 않게 골절의 위험이 있는 사람들을 찾아 내어 예방하는 것이 중요하다. 골밀도가 감소하면 골절의 위험이 높아진다는 것은 많은 생역학적 연구를 통해서 밝혀진 바 있다. 그러나 골밀도가 낮은 사람들이 모두 골절을 유발하지 않는다는 점은 골밀도외에도 다른 위험 인자가 관련되어 있음을 의미한다. 이를 뒷받침하는 한 연구에서도 동양인과 서양인의 골밀도를 비교한 결과 동양인은 낮은 골밀도를 가지고 있음에도 불구하고 서양인에 비해 골다공성 골절의 빈도가 적음을 보고하여 골밀도외에도 골절에 영향을 미치는 인자가 있음을 보고하고 있다. 골밀도외에 골다공성 골절에 영향을 줄 수 있는 인자는 골의 구조적, 형태적 측면이 있는데 골구조는 골격에 가해지는 물리적 힘에 의해 구조적 재형성 과정을 거쳐 지속적으로 변화되는 반면 골형태는 선천적인 것으로 대부분 성장기에 형성된 후 일생동안 유지되는 특성을 가지고 있다.

대퇴골 근위부의 형태학적 측정이 골절에 미치는 영향에 대해서는 최근 많은 연구결과가 발표되고 있다. 장 등⁶⁾은 골절 부위에 따른 골밀도의 차이를 조사한 결과 통계학적 유의성은 없다고 보고하였으나 Faulker 등⁷⁾, Peacock 등⁸⁾, Boonen 등⁹⁾은 고관절 축의 길이가 연령과 골밀도와 관계 없이 대퇴 근위부의 골절을 예측하는 가장 좋은 인자가 될 수 있다고 하였다. 고관절 축은 대퇴부의 지렛대 팔(moment arm) 역할을 하여 이 길이가 길수록 외부의 약한 힘에 의해서도 쉽게 골절을 일으킬 수 있으며 대퇴골의 전자부가 골반 밖으로 돌출하게 되어 돌출된 대전자부에 직접적으로 외력이 작용할 가능성이 크다는 것이다.

Nakamura 등¹⁰⁾은 미국인과 일본인의 대퇴골 근위부 골절 환자의 비교 연구에서 미국인이 일본인에 비해 장력에 대항하는 골강도와 골밀도가 더 커지만 대퇴골 장축의 길이가 길어 골절 유발률이 일본인보다 높다는 골의 형태학적 특성을 보고하였다.

Faulker 등¹¹⁾은 골밀도 검사 결과지를 통한 골형태 측정을 육안적 측정과 컴퓨터 자동 계측으로 시행한 후 두 측정치간의 오차가 상관계수 $r = 0.98$ 로 거의 차이가 없음을 보고하였으며, 대퇴골 근위부의 골형태를 측정하여 골절 위험 인자를 조사한 결과 여러 측정치 가운데 고관절 축 길이만 골절 위험과 관계 있다고 보고하였다.

그러나 Karlsson 등¹²⁾의 보고에서는 남자의 단순 x선 사진상에서 골절의 위험도는 고관절 축의 길이와는 상관이 없었으며 오히려 골절군이 정상군 보다 고관절 축의 길이가 작았다고 하였다.

본 연구에서도 대퇴골 근위부의 형태학적 측정치중 고관절 축의 길이가 상대 위험도가 가장 높게 나타났는데(상대 위험도 1.9), 이는 고관절 축이 대퇴골의 지렛대 팔 역할을 함으로써 장축의 길이가 길수록 골절 유발의 힘이 가해지는 역학적인 이유와 함께 대퇴골의 대전자가 골반에서 멀리 떨어져 있으므로 넘어질 때 더 많은 충격을 받을 수 있다고 사료된다. 그러나 고관절 축 길이가 대조군에서 차이가 없다는 보고도 있어 앞으로 더 많은 연구가 있어야 하리라 본다.

Nakamura 등¹³⁾은 일본인이 서양인보다 낮은 골밀도를 보임에도 불구하고 대퇴골 근위부의 골다공성 골절의 빈도가 낮은 이유는 짧은 경부 길이와 내반되어 있는 대퇴골 경간각에 있다고 하였다. 본 연구에서는 대조군과 골절군사이에 대퇴골 경간각에 약간의 차이를 보였으나 유의수준을 밑돌아 통계적으로 유의하지 않았다.

근위 대퇴골의 외측 피질골의 두께가 골절 예측 인자로서 가치가 있다는 보고들이 있는데 Gluer 등¹⁴⁾은 근위 대퇴골 골절의 골절 위험도와 관련된 4가지의 형태학적 요소는 대퇴 경부 및 대퇴 간부의 내측 피질골 두께 및 골소주의 감소와 대퇴 전자부의 증가라고 하였다.

그는 단순 방사선 사진에서 소전자 하단 3cm에서 측정된 대퇴 내측 피질골의 감소가 골절의 위험성과 상당한 관련성이 있다고 보고하였다. 그러나, Horsman 등¹⁵⁾은 소전자 중심부 2cm 하단에서 측정된 경우 대퇴 경부 골

절균이 대조군보다 유의하게 외측 피질골이 감소하였으며, Peacock 등⁸⁾도 대퇴 경부 2 cm 하단에서 측정된 경부 근위 대퇴골 골절균의 외측 피질골의 두께가 통계학적으로 유의하게 골절의 위험도와 관련이 있다고 보고하였다.

골밀도 검사와 골형태 측정에서 가장 높은 상대 위험도를 나타내었던 경부 골밀도와 고관절축 길이가 연령을 보정한 상태에서 각각 독립적으로 가장 높은 상대 위험도를 나타내어 골절 위험의 중요한 인자가 됨을 알 수 있었다. 그러나 골형태 측정치들을 동시에 고려하면 서로 간의 영향력에 따라 골절 예측의 변화가 생길 수 있다. 경부 폭, 경간 각, 전자부 폭은 경부 골밀도와 서로간의 영향력에 따라 상대 위험도가 낮았으나, 고관절 축 길이는 독립적으로 고려했을 때 보다 상대 위험도가 크게 증가하여 골절 예측의 중요 인자로 작용함을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구를 통하여 이중 에너지 x선 흡수 계측법을 이용한 골밀도의 검사와 함께 단순 계측한 골형태의 여러 측정치들이 골절 유발의 위험 인자가 됨을 알 수 있었다. 골형태 측정치를 분석한 결과 고관절 축 길이가 가장 높은 상대 위험도(1.9)를 나타냈고 대퇴골 축 길이와 대퇴골 간부 폭도 비교적 높은 상대 위험도를 나타냈다. 고관절 축 길이와 경부 골밀도를 동시에 분석하면 독립적으로 고려했을 때보다 상대 위험도가 증가하였다. 이런 점을 고려할 때 일반적인 골밀도 검사보다 고관절 축 길이와 경부 골밀도를 함께 검사하면 골절 예측의 정확도를 분석하는데 기여하리라 사료된다. 특히 60세 이상의 노인들은 정기적인 골밀도 검사 및 골형태 분석으로서 골다공증 골절 예방에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Salville P.D., Kharmosh O. : A quantitative approach to simple radiographic diagnosis of osteoporosis, its application to the osteoporosis of rheumatoid arthritis, *Arthritis Rheum*, 17(4), 876-878, 1968.
2. 장준섭, 문성환 : 대퇴골 근위부 골절에서 이중 에너지 방사선 흡수계측법을 이용한 골밀도의 측정. *대한정형외과학회지*, 28, 830-836, 1993.
3. Wahner W.H., Dunn W.L., Riggs B.L. : Assessment of bone mineral (Part 2), *J Nucl Med* 25, 1241-1253, 1984.

4. Melton L.J., Wahner H.W., Richelson L.S., O'Fallon W.M., Riggs B.L. : Osteoporosis and the risk of hip fracture. *Am. J. Epidemiol.* 124(2), 254-258, 1986.
5. 장준섭, 문성환 : 이중에너지 방사선 흡수계측법을 이용한 원발성 골조송증에 의한 척추 및 대퇴부 골절의 골밀도 측정. *대한정형외과학회지*, 27, 57-64, 1992.
6. 장준섭, 유주형, 손준석 : 50세 이상 연령층에서 발생한 고관절 주위 골절과 골밀도와의 상관관계. *대한정형외과학회지*, 32, 46-52, 1997.
7. Faulker K.G., Cummings S.R., Black D., Palemo L., Gluer C. and Genant H.K. : Simple measurement of femoral geometry predicts hip fracture. *J Bone Miner Res* 8, 1211-1217, 1993.
8. Peacock M., Turner C.H., Liu G., Manatunga A.K., Timmema L. and Johnston, Jr C.C., : Better discrimination of hip fracture using bone density, geometry and architecture. *Osteoporosis Int* 5, 167-173, 1995.
9. Boonen S., Koutri R., Dequeker J., et al. : Measurement of femoral geometry in type I and type II Osteoporosis : Differences in hip axis length consistent with heterogeneity in pathogenesis of osteoporotic fracture. *J Bone Miner Res* 10, 1908-1912, 1995.
10. Nakamura T., Yoshikawa T., Mizuno Y., et al. : Do geometric properties of the femoral neck explain Japanese American differences in hip fracture incidence. *J Bone Miner Res* 8, 333, 1993.
11. Faulker K.G., McClung M., Cummings S.R. : Automated evaluation of hip axis length for predicting hip fracture. *J Bone Miner Res* 9, 1065-1070, 1994.
12. Karlsson K.M., Sernbo I., Obrant K.J., Redlund Johnell I. and Johnell O. : Femoral neck geometry and radiography signs of osteoporosis as predictors of hip fractures. *Bone* 18, 327-330, 1996.
13. Nakamura K., Turner C.H., Yoshikawa T., Slemenda C.W., Peacock M., Burr D.B., Mizuno Y., Orimo H., Ouchi Y., Johnson Jr, C.C. : Do variations in hip geometry explain differences in hip fracture risk between Japanese and white American? *J Bone Miner Res* 9, 1071-1076, 1994.
14. Gluer C.C., Cummings S.R., Pressman A., et al. : Prediction of hip fracture from pelvic radiographs : the study of osteoporotic fracture. *J Bone Miner Res* 9, 671-677, 1994.
15. Horsman A., Nordin B.E., Simpson M. and Speed R. : Cortical and trabecular bone status in elderly woman with femoral neck fracture. *Clin Orthop* 166, 143-151, 1982.