

연령증가에 따른 정상 한국인 대퇴골의 재형성에 관한 연구

강승백*, 배태수, 최재봉, 최귀원

*서울시립보라매병원 정형외과, 한국과학기술연구원 의과학연구센터,

A Study on the Age-related Remodeling of Femur in Normal Korean Adult

S.B. Kang*, T.S. Bae, J.B. Choi, K. Choi

*Dept. of Orthopaedic Surgery, Boramae Hospital
Biomedical Research Center, KIST

Abstract

The general pattern of adaptation in the appendicular skeleton with aging is that the subperiosteal apposition of bone occur along with endosteal absorption. This remodeling of diaphysis to a cylinder of larger diameter is hypothesized to serve a mechanical compensatory function by increasing the moment of inertia as the cortex thins with aging. These findings is only true of the diaphysis of long bone. Measuring the area and inertia at each section of femur, the age-related change of proximal femur and diaphysis is observed.

After screening by physical and radiological examination, 200 normal Korean adults divided 5 groups in both male and female based on age. Twenty persons were in each group. One femur in each person was analyzed using CT images. Femur scanned with 60 to 80 slices and this images were digitized. Then 2-D images were reconstructed into 3-D images. Using the nonlinear method, normalization and interpolation technique, 7 locations of interest (trochanteric area : 1, 2 subtrochanteric area: 3, 4, isthmus area : 5, 6, 7) were determined. On the each cross section at each location, the area (total, cortical and medullary) and 5 inertia of moment were measured. The results were analyzed statistically.

With aging, significant area change occurred mainly in diaphysis and female. In trochanteric area, no significant change was noted. With aging, total and medullary area were increased, but cortical area was not changed. In diaphysis, lateral bending resistance increased significantly. No inertia change was noted in trochanteric area. Anteroposterior bending resistance was constant with aging. In more than age 60, total area and medullary area were larger than that of others. Lateral bending resistance was higher especially in diaphysis.

In diaphysis, with aging, the decreased bone

properties is compensated with the increased lateral bending resistance by geometric remodeling. In trochanteric area, no compensation occur. With aging, especially in more than age 60, the higher rate of trochanteric fracture is expected.

서론

연령이 증가함에 따라 일반적으로 장골(Femur)에서는 골수강내 흡수로 골수강은 넓어지고, 골막의 골화 작용으로 골의 반경은 커지고 피질의 두께는 감소한다고 알려져 있다. 이는 굴곡력(Bending force)과 염전력에 대한 저항성이 증가를 초래한다. 그러나 이러한 연구결과는 대부분 장골의 간부에서 시행한 것이고 장관 골의 전체적인 재형성의 연구는 거의 없다. 특히 대퇴골근위부의 연령증가에 따른 변화는 근위 대퇴골 골절 위험성과 밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 이에 저자들은 연령 증가에 따른 정상 한국인에 대한 대퇴골의 근위부와 간부에 대한 면적과 관성 모멘트를 구하여 재형성과정을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

이학적 검사와 병력을 통하여 정상으로 판정된 한국 성인을 20, 30, 40, 50 및 60대이후로 5군으로 구분하고 각 군에 대하여 남·여 20명씩 200명을 선정하였다. 대상자의 대퇴골을 전산화단층촬영(CT)을 통해 약 60~80개의 CT 화상을 얻었다. 각 화상을 Extract(Cornell)를 통해 계수화(Digitizing)하였으며, 얻어진 각 단면을 3차원으로 재구성하였다. 각 단면에 대하여 수치해석방법(Nonlinear Interpolation)을 이용하여 대퇴골의 소전자부(Less trochanter), 협부(Isthmus)의 위치를 선정하였다. 소전자부의 위치를 기준으로 상단 5%, 상단 10%, 하단 5%의 위치를 정하였으며, 소전자부와 협부간의 거리를 3등분하여 위치를 설정하여, 총 7부분으로 나누었다(Fig 1). 각 단면의 전체면적, 골수강내 면적, 피질의 면적은 피

질골의 외측 경계로부터 도심을 구한 후, 단위면적을 X와 Y축으로 100 by 100으로 작게 나누어서 단위면적의 총합으로 면적을 구하였다(Fig 2, 3, 4). 면적에 대한 관성모멘트는 각 단면마다 도심이 다르므로 평행축 이론에 따라 각 단면의 면적에 따른 관성모멘트, 전후 굴곡(I_{xx} , Fig 5), 외측 굴곡(I_{yy} , Fig 6), 염전(I_{xy} , Fig 7), 장폭(I_a , Fig 8), 단폭(I_b , Fig 9)에 대한 관성모멘트를 구하여 성별과 연령에 따른 변화를 통계적으로 비교 분석하였다(ANOVA & Correlation test). 또 각 연령 군을 통계적으로 비교 분석하였다(T-test, Table 1,2).

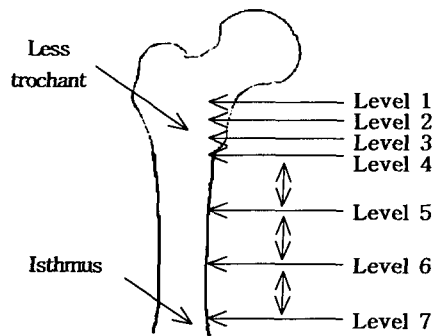


Figure 1. 각 단면의 위치

결 과

전체적으로 연령이 증가함에 따라 전체면적은 3-7 단면에서 증가하였고, 골수강내 면적은 2-7단면에서 증가하였다($P < 0.05$). 피질의 면적은 전 단면에서 유의한 변화는 보이지 않았다. 남자에서는 연령증가에 따른 면적의 유의한 변화는 관찰되지 않았다($P > 0.05$).

여자에서는 연령이 증가함에 따라 전체면적은 2-7 단면에서 증가하였고, 골수강내 면적은 2-7단면에서 증가하였다($P < 0.05$). 피질의 면적은 전 단면에서 유의한 변화는 보이지 않았다($P > 0.05$).

60대군의 전체에서 전 단면에서 전체면적과 골수강내 면적이 유의하게 컸으며, 피질의 면적은 변화가 없었다. 남자에서는 두 군간의 각 면적에서 유의한 차이가 없었다. 여자에서는 전체적인 양상과 동일하였다.

전체적으로는 연령이 증가함에 따라 관성모멘트 I_a 는 3-7단면, I_b 는 6,7단면, I_{yy} 는 3-7단면에서 증가하였다($P < 0.05$). I_{xy} 는 4단면에서는 유의한 증가, 7단면에서 유의한 감소를 보였다. I_{xx} 는 유의한 변화가 관찰되지 않았다. 남자에서는 I_a 는 3-5단면에서 여자에서는 I_a 는 3-7단면에서 증가하였다($P < 0.05$). 그 외의 다른 관성모멘트 변화는 남녀 모두 전체적인 양상과 같은 양상을 보였다. 60대군에서 I_a 가 3-7단면, I_b 는 6,7단면, I_{yy} 는 3-7단면에서 컸고, I_{xy} 는 3,4단면에서는 컸고, 7단면에서는 작았다($P < 0.05$). 여자에서는 전체적

양상과 동일하였다. 남자에서는 I_a 는 4,5단면, I_b 는 7 단면, I_{yy} 는 4-7단면에서 컸다($P < 0.05$).

Table 1. Results of ANOVA test for area ($P < 0.05$)

	total Area	Inner area	Cortical area
whole	increase	increas	-
male	-	-	-
female	increase	increas	-

* - = no

Table 2. ANOVA test results of moment of inertia for areas ($P < 0.05$)

	I_a	I_b	I_{xx}	I_{yy}	I_{xy}
whole	inc (3~7)	inc (6~7)	-	inc (3~7)	inc/dec (3,4/7)
male	inc (4~5)	inc (7)	-	inc (4~7)	-
female	inc (3~7)	inc (6~7)	-	inc (3~7)	inc/dec (3,4/7)

* inc=increase, dec=decrease, (,)=level, -=no change

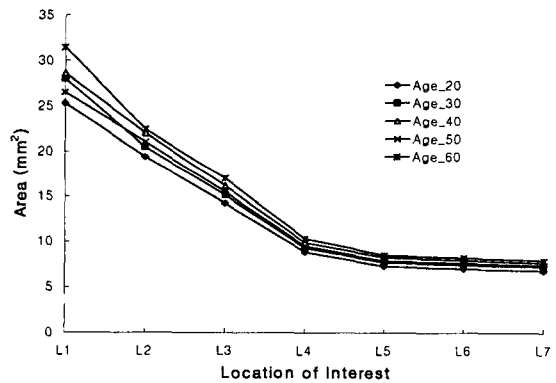


Fig 2. Outer area in each level

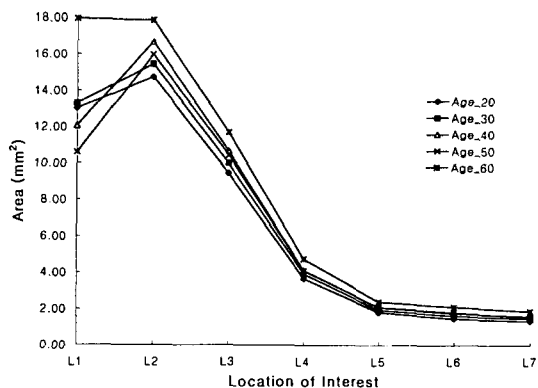


Fig3. Inner area in each level

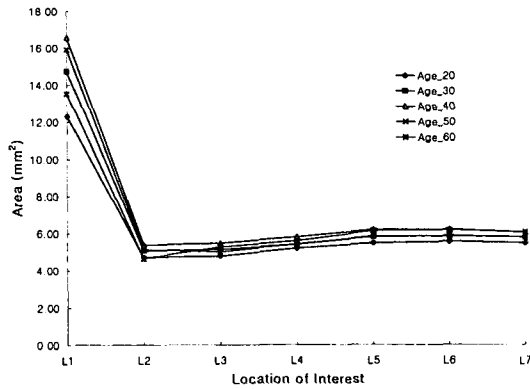


Fig 4. Cortical area in each level

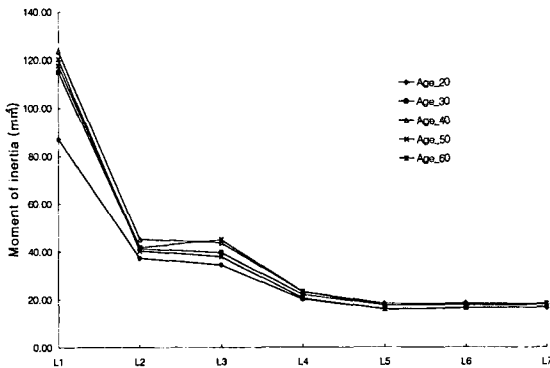


Fig 5. Moment of inertia for areas (I_{xx})

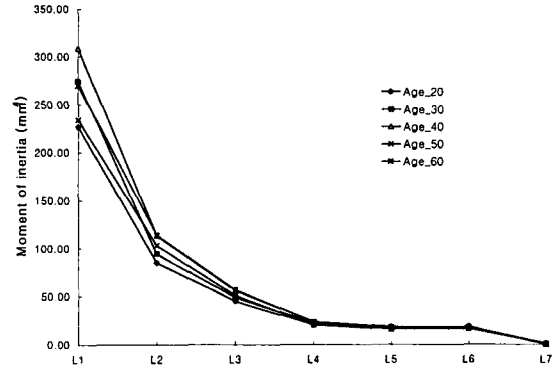


Fig 6. Moment of inertia for areas (I_{yy})

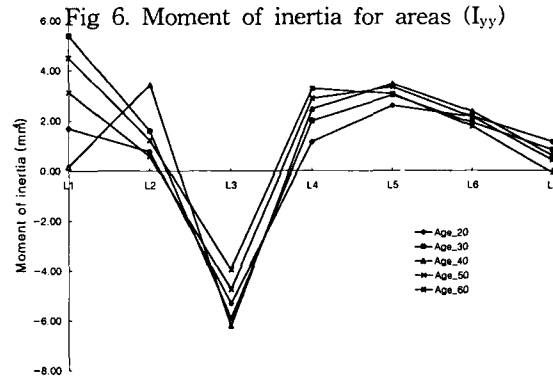


Fig 7. Moment of inertia for areas (I_{xy})

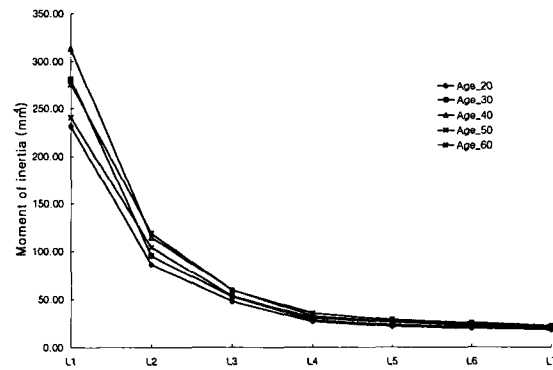


Fig 8. Moment of inertia for areas (I_a)

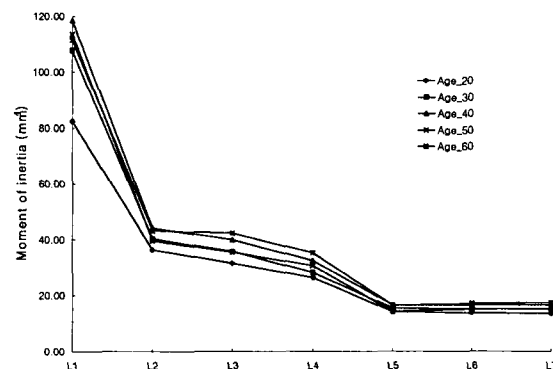


Fig 9. Moment of inertia for areas (I_b)

결론 및 토론

연령의 증가에 따라 대퇴골의 유의한 재형성 변화는 주로 간부와 여성에서 관찰되었다. 전체면적과 골수강내 면적은 증가하고 피질면적은 변화가 없음을 알 수 있었다. 관성모멘트도 간부에서 유의한 증가를 보였다. 이 중에서도 외측 굴곡 및 장폭 관성모멘트가 증가하였다. 그러나 전자부에서의 유의한 모멘트 변화는 관찰되지 않았다. 이는 연령이 증가함에 따라 피질골의 물성값의 변화로 그 강도가 약화된다. 특히 굴곡에 대한 응력에 대해 약화된다. 이를 골간부에서는 골의 재형성으로 외측 굴곡력에 대한 관성모멘트의 증가로 보상한다고 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 사실을 정상 한국인에서 실제 계측과 계산을 통하여 확인 할 수 있었다. 또한 전자부 영역에서는 관성모멘트의 변화는 없었다. 이는 전자부에서는 연령이 증가함에 골의 물성값이 약화에 대한 재형성 보상작용이 없음을 의미하며 따라서 고령 특히 60대 이후에서는 이 부분에서의 골절위험성이 증대됨을 예측할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Burstein AH, Reilly DT, Martens M: Aging of bone tissue: mechanical properties. J Bone Joint Surg, 58(1)-A:82-86, 1976.
2. Evans FG: Mechanical properties and histology of cortical bone from younger and older men. Anat Rec, 185(1):1-11 1976
3. Hagiwara M: Morphological analysis of the proximal femur by computed tomography in Japanese subjects. Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi, 69(11):1147-1157, 1995.
4. Martens M, Van Audekercke R, De Meester P, Mulier JC: The geometrical properties of human femur and tibia and their importance for the mechanical behaviour of these bone structures. Arch Orthop Trauma Surg, 98(2):113-120, 1981
5. Noble PC, Box GG, Kamaric E, Fink MJ, Alexander JW, Tullos HS: The effect of aging on the shape of the proximal femur. Clin Orthop, 316:31-44, 1995.