

## 상하지의 방사선학적 검사를 이용한 개인 식별에 관한 연구

순천향대학교 의과대학 진단방사선과학교실

임한혁 · 김종우 · 홍덕화 · 이해경 · 최득린 · 김대호 · 권귀향 · 김기정

— Abstract —

### A Study of Individual Identification by Roentgenographic Characteristics of Long Bones in Humen

Han Heak Im M.D., Jong Woo Kim M.D., Deok Hwa Hong M.D., Hae Kyung Lee M.D.,  
Deuk Lin Choi M.D., Dae Ho Kim M.D., Kui Hyang Kwon M.D., Ki Jung Kim, M.D.

Department of Diagnostic Radiology, Soon Chun Hyang University Hospital

Individual identification procedure is one of the most important part in medicolegal fields.

Recently, radiological investigation methods have been widely applied to the medicolegal field for the purpose of individual identification.

So authors attempted to determine sex and calculate stature by using roentgenographic findings of long bones of 248 subjects in the living materials.

In orthoscanographic study for long bones, we measured total length, midshaft width, epiphyseal width, cortical width, head diameter of each bones.

The total length, midshaft width, cortical width, condylar breadth, horizontal & vertical head diameter of femur show statistically significant differentiation between two sexes, in tibia, total length, midshaft, cortical width, proximal and distal epiphyseal width show statistically significant.

In fibula, Humerus, radius and ulna, total length is only statistically significant. And other results are statistically insignificant. Using femoral and fibial lengths (mm) with "Regression Analysis method" in SAS program, we derived the following formulae.

$$\text{Height (cm)} = 95.62 \pm 0.148 \times \text{Total length of Femur. (mm)}$$

$$\text{Height (cm)} = 82.07 \pm 0.22 \times \text{Total length of Tibia. (mm)}$$

In conclusion, radiologic measurement of long bone might be one of the useful methods in individual identification of unknown subject in Korea.

**Index Words:** Bone, measurement 40.123  
Bone, radiography

### 서 론

신원을 알수없는 생체에 대한 개인 식별은 법의학 분야에서 다루어야 하는 중요한 과제중의 하나이다(1).

일반적으로 개인 식별은 개체의 외모에 의한 육안식별,

현장검사와 착의 및 소지품 등에 의한 상황 식별, 피부문리 검사, 사체 외부 및 내부의 특징에 대한 검사를 실시하는 법의 병리학적 방법, 혈액 및 모발검사 등의 법의 혈청학적 방법, 방사선검사를 통한 법의방사선학적 방법과 사체의 성별, 연령 및 신장을 추정하는 방법이 이용되고 있다.

이 논문은 1992년 9월 25일 접수하여 1993년 3월 29일에 채택되었음.

그러나 사후 시간이 경과됨에 따라 사체가 부패, 분해 및 백골화 되어 골격등의 경조직만 남는 경우에는 그 개인식별이 매우 큰 어려움에 봉착하게 된다. 이러한 경우 골격계를 중심으로 한 방사선학적 소견은 개인식별에 매우 유익하고 중요한 자료가 된다(2, 3).

방사선학적 검사를 개인식별에 이용하는 방법으로는 생전에 진단 목적으로 촬영한 방사선 사진이 있는 경우 사후 조사를 위하여 촬영한 사진을 여러가지 해부학적 특징과 계측치를 비교하여 동일한 여부를 가려내는 비교방사선학(comparison radiography)과, 과거 사진의 유무에 관계없이 골 손상을 비롯한 골기형이상, 질병 및 이물등의 소견을 통하여 신원미상의 개체를 확정하는데 도움을 주는 방법 및 방사선학적 소견에 의하여 종, 인종, 성별, 연령, 신장등을 추정하는 방법이 있다(4).

이에 저자들은 사지골의 길이, 너비, 피질 두께등을 측정하여 이를 바탕으로 성별 및 신장등을 추정하고자 하였다.

## 연구 대상 및 방법

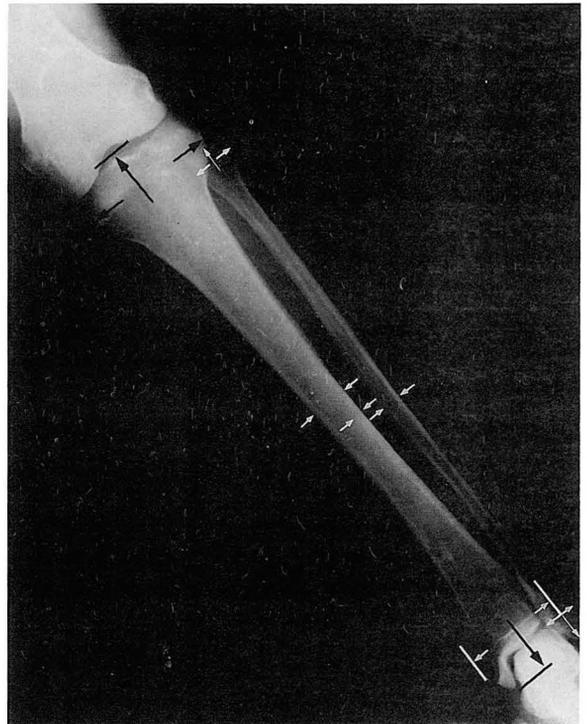
1991년 1월부터 12월까지 내원한 환자중 이학적 검사상 골격계 이상이 없는 18세 이상의 환자 248명을 대상으로 신장을 측정하였고 사지 방사선 사진을 얻었다.

사진촬영 및 측정방법을 보면 일정한 조건하에서 사진을 얻고자 한 촬영실에서 촬영하였고 Orthoscanography시 cassette와 x-ray tube 사이의 거리를 일정하게 1m로 하여 Anatomic position하에 A-P view를 촬영하였으며 장골의 실측치를 알기위해 장골 각 5에씩을 Flourosophy하에 장골의 전위부 및 근위부의 피부에 표시를 한 후 그 길이를 측정하여 실측치를 구한후 사진 측정치와 비교하여 Magnification Value로 1.08을 구하였다.

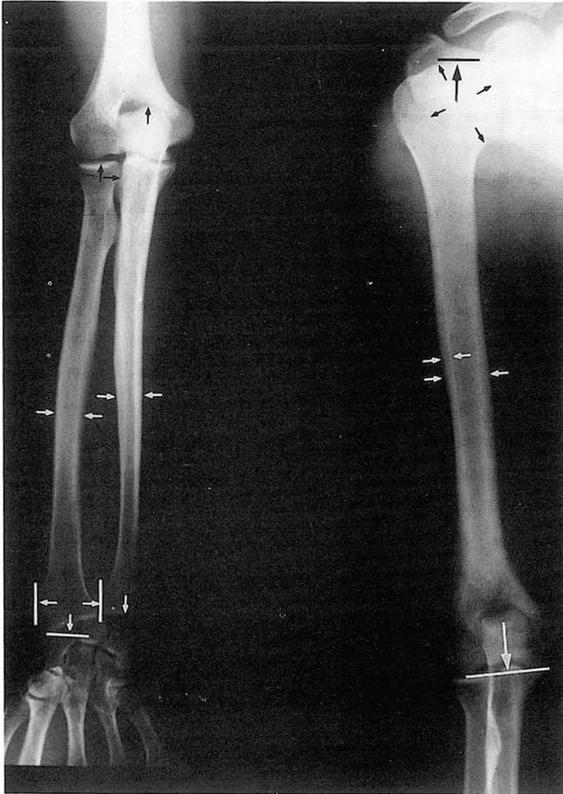
사진촬영으로 얻은 사지뼈의 측정치에 Magnification Value을 계산하여 실측치를 얻었으며 사지뼈는 최대길이, 중앙 골간과 근위 및 원위부 골간너비, 피질 두께를 측정하고(Fig. 1-3), 신장 및 성별과의 상관관계를 구하였다.



**Fig. 1.** Femur, AP view We measured total length, midshaft width, horizontal & vertical diameter of head and condylar breadth.



**Fig. 2.** Tibia and Fibula, AP view We measured total length, midshaft width with cortical width, proximal & distal epiphyseal width, in tibia, and total length, midshaft width, proximal & distal width in fibula.



**Fig. 3.** Humerus, Radius and Ulna, AP view We measured total length, vertical & horizontal diameter of head, midshaft width, cortical width, condylar breadth, in humerus. and total length, midshaft width, proximal & distal epiphyseal width in radius. total length, midshaft width in ulna.

결 과

총 248명의 환자 중 남자가 175명, 여자가 73명 이었으며 남자의 평균연령은 37.38세(18-85세), 여자는 43.78세(18-77세)였으며 대퇴골의 최대길이는 남자가 455.03±30.46mm 여자 434.32±20.69mm로 남녀 간에 유의한 차이를 보였으며 중간골간너비도 남자 30.37±5.22mm 여자 26.6±3.49mm, 골두직경은 남자 53.9±46.03mm 여자 47.9±38.1mm 원위부 골단너비는 남자 86.31±9.12mm 여자 78.79±6.99로 유의한차이를 보였다(P<0.001)(Table 1).

경골의 최대 길이는 남자가 384.83±22.06mm, 여자가 350.35±24.56mm로 남녀간에 통계학적으로 유의한 차이를 보였고(P<0.001), 중앙 골간너비도 남자가 26.64±3.50mm, 여자가 23.76±3.04mm, 근위부 골간너비

**Table 1.** Measurements of Femur (mm)

	Male	Female
Number	32	25
T.L	455.03±30.46	434.32±20.69
M.S.W	30.37±5.22	26.64±3.49
C.W	7.9±1.79	7.8±2.86
H.H.D	53.9±7.14	47.96±4.23
V.H.D	46.03±8.84	38.16±10.28
C.B	86.31±9.12	78.79±6.99

T.L; total length  
 M.S.W; midshaft width  
 C.W; cortical width of the narrowest diameter  
 H.H.D; horizontal head diameter  
 V.H.D; vertical head diameter  
 C.B; condylar breath

**Table 2.** Measurements of Tibia (mm)

	Male	Female
Number	126	45
T.L	384.8±22.06	350.4±24.56
M.S.W	26.6±3.50	23.8±3.04
C.W	6.5±2.02	6.1±1.86
P.E.W	84.5±6.49	75.6±6.61
D.E.W	58.2±4.55	51.5±4.87

T.L; total length  
 M.S.W; midshaft width  
 C.W; cortical width of the narrowest diameter  
 P.E.W; proximal epiphyseal width  
 D.E.W; distal epiphyseal width

도 남자가 84.49±6.49mm, 여자가 75.63±6.61mm, 원위부 골단너비도 남자가 58.23±4.55mm, 여자가 51.54±4.87mm로 남녀간에 통계학적으로 매우 유의한 차이를 보여 남녀 감별에 유용하였다(P<0.001)(Table 2).

비골의 최대길이도 남자가 370.71±19.80mm, 여자가 341.12±21.12mm로 남녀간에 유의한 차이가 있었다 (Table 3).

상완골에서는 최대 길이는 334.96±43.27mm(남자) 309.85±47.21mm(여자)로 남녀간에 통계학적으로 유의성을 찾을 수 있었으나 다른 부위에서는 통계학적 유의성을 찾을 수 없었다(P<0.001)(Table 4).

요골은 최대길이가 242.29±13.63mm(남자), 220.15±16.10mm(여자)이고 (Table 5), 척골은 최대길이가 259.18±11.98mm(남자), 237.60±12.36mm(여자)로

남녀간에 통계학적으로 유의성을 찾을 수 있었으나 중앙 골간너비는 남녀간에 유의성이 없었다( $P < 0.001$ ) (Table 6).

이때의 수치는 방사선 사진의 확대를 고려하여 사진에서 구한 수치에 확대계수 1.08로 나누었다.

대퇴골과 경골의 최대 길이를 이용하여 신장을 산출하

고자 공식을 구하였는데 대퇴골을 이용한 신장의 산출공식은 다음과 같았다.

$$\text{Height(cm)} = 95.62 + 0.148 \times \text{total length of femur (mm)}$$

경골을 이용한 신장의 산출공식은 다음과 같았다.

$$\text{Height(cm)} = 82.07 + 0.22 \times \text{total length of tibia (mm)}$$

이때의 최대길이는 방사선사진에서의 길이로 사진에 의한 확대는 감하지 않았다. 피질의 두께의 경우 정중골간 너비와의 상관관계를 알고자 피질 지수를 구하였는데

$$\text{Cortical Index} = \text{Cortex width} / \text{Midshaft width}$$

이 지수를 이용한 각 뼈의 피질지수는 상완골은 남자가  $0.23 \pm 0.05$ , 여자가  $0.23 \pm 0.04$ 로 남녀간에 유의한 차이가 없었으나 대퇴골은 남자가  $0.26 \pm 0.06$ , 여자가  $0.29 \pm 0.10$ , 경골은 남자가  $0.24 \pm 0.07$ , 여자가  $0.25 \pm 0.06$ 로 통계학적으로 유의가 있는 것으로( $P = 0.0325$ ) 나왔다.

**Table 3.** Measurements of fibula (mm)

	Male	Female
Number	89	41
T.L	$370.7 \pm 19.80$	$341.1 \pm 21.12$
M.S.W	$12.6 \pm 2.22$	$11.5 \pm 2.69$
P.E.W	$30.7 \pm 4.76$	$28.5 \pm 3.94$
D.E.W	$25.7 \pm 4.78$	$21.8 \pm 4.73$

T.L; total length

M.S.W; midshaft width

P.E.W; proximal epiphyseal with

D.E.W; distal epiphyseal widty

**Table 4.** Measurements of Humerus (mm)

	Male	Female
Number	25	14
T.L	$334.9 \pm 43.27$	$309.8 \pm 47.21$
M.S.W	$23.0 \pm 3.09$	$21.1 \pm 3.73$
C.W	$5.4 \pm 1.45$	$4.9 \pm 1.36$
H.H.D	$50.04 \pm 7.16$	$41.0 \pm 5.57$
V.H.D	$34.7 \pm 10.04$	$34.1 \pm 10.24$
C.B	$61.20 \pm 10.78$	$57.07 \pm 9.55$

T.L; total length

M.S.W; midshaft width

C.W; cortical width of the narrowest diameter

H.H.D; horizontal head diameter

V.H.D; vertical head diameter

C.B; condylar breadth

**Table 5.** Measurements of Radius (mm)

	Male	Female
Number	24	20
T.L.	$242.3 \pm 13.63$	$220.2 \pm 16.10$
M.S.W	$15.7 \pm 1.90$	$14.4 \pm 3.26$
P.E.W	$21.5 \pm 5.52$	$21.3 \pm 2.09$
D.E.W	$32.8 \pm 7.02$	$30.8 \pm 5.05$

T.L; total length

M.S.W; mishaft width

P.E.W; proximal epiphyseal width

D.E.W; distal epiphyseal width

## 고 찰

인간에서 골격의 성장과 성숙은 성별, 종족 및 여러가지 요인에 의해 많은 영향을 받는다(5).

골격으로 성별을 구분하는 것은 주로 두개골과 골반뼈의 모양에 중점을 두었으나 최근에는 다수에서의 생물형태학적 계측(Morphometry) 및 통계학적 의미에 초점을 맞추고 있다.

대개 성인 남자에 대한 여자의 비를 100대 92로 보는데 즉 여자에서의 측정치는 남자 측정치의 약 92%가 된다는 뜻이다. 또한 골격으로 정확한 성별을 구별하려면 사춘기때 나타나는 2차 성특징들이 완전히 발달한 후에야 가능하여 성숙과 미성숙의 경계를 대개 15내지 18세로 잡는다(5).

대퇴골은 인간의 뼈 중에서 가장 많이 연구되어진 뼈로 연구된 보고에 의하면 대퇴골의 길이, 직경, 전염각, 전

**Table 6.** Measurements of Ulna (mm)

	Male	Female
Number	22	20
T.L	$259.2 \pm 11.98$	$237.6 \pm 12.36$
M.S.W	$15.4 \pm 2.01$	$12.9 \pm 2.01$

T.L; total length

M.S.W; midshaft width

만등에 있어 민족간에 상당한 차이가 있었다(6-9).

Hrdlicka의 보고(9)에 의하면 남자의 최대 길이 평균은 에스키모인 42.96cm, 백인 43.43cm, 북미인디안은 44.80cm이었으며 Manuel은(6) 서말레이시아 중국인에서 42.91±2.13cm이라고 보고하였다.

김등의(10) 연구에 의하면 한국인 대퇴골의 최대길이는 남자가 42.15±2.11cm, 여자 40.85±2.75cm이었으나 본 연구에서는 남자 45.50cm 여자 43.43cm으로 측정되어 3cm정도 길게 나왔으나 이는 한국인의 평균신장이 커진 것에 기인한 것으로 생각하였다.

또한 대퇴골의 최대길이를 연령별로 비교분석하여 연령이 증가함에 따라 최대길이가 감소하는 의의있는 결과를 얻을 수 있었으나 연령별로 차이가 심하고 연령별 대상수가 적어서 본 연구에서 제외하였다.

Black (7)은 대퇴골의 둘레와 최대길이를 이용하여 성별을 구하고자 하였는데, 둘레와 길이 모두가 남자에서 여자보다 의의있게 큰 수치를 보였다.

본 저자들의 연구에서도 대퇴골의 최대길이, 중앙골간너비, 골두직경 및 원위부 골단너비에서 통계학적으로 남녀 간에 유의성을 보여서 남녀간의 감별에 의의가 있었다.

경골도 최근 15년간 많은 연구가 되어 괄목할 만한 결과가 발표되었으나 비골에서의 남녀 구별은 미지수로 남아 있다.

미국백인과 흑인을 대상으로 Iscan은(11) 처음으로 경골중앙골간너비를 가지고 성별구별하고자 시도하였으며 그들은 경골의 남녀간의 동종이형은 인종에 따라 다르다고 주장하였다. 예를 들어 경골의 길이, 둘레, 영양공(nutrient foramen)이 있는곳의 전후 및 좌우길이 등을 비교한 결과 흑인의 경우는 길이와 골간너비 모두가 남녀에 따라 의의가 있었으나 백인의 경우는 둘레와 전후 길이만이 남녀간에 유의한 것으로 보고하였다.

그들은 경골의 최대길이는 남자가 373.0±19.5mm, 여자가 341.5±20.9mm, 중앙골간둘레는 남자가 76.4±5.1mm, 여자가 65.7±5.3mm, 전의부골단폭은 남자가 73.3±2.7mm 여자 64.4±4.1mm, 원위부골단폭은 남자 47.7±6.5mm, 여자 42.6±2.6mm, 비골의 최대길이는 남자 362±0.15.7mm, 여자 326.0±19.0mm, 중앙골간둘레는 남자 40.3mm±5.4mm, 여자 34.9±3.5mm로 보고하여 본 저자들의 측정치보다 작았다.

이들은 또한 경골의 다른부위수치를 이용하여 여러가지 유용한 식을 유도해 내었으며, 전위부골단폭은 백인남자 > 74mm, 여자 < 73mm, 흑인남자 > 75mm, 여자 < 74mm, 근위부골단폭은 백인남자 > 45mm, 여자 < 44mm,

흑인남자 > 46mm, 여자 < 45mm라고 보고하였으며 그러나 성별을 구별하는 가장 의의가 있는 수치는 전위부골단폭, 그 다음이 근위부골단폭이라고 주장하였으나 본 논문에서는 경골의 모든 부위에서 남녀간의 유의한 차이를 보였고 전체 사지뼈중에서 경골에서 가장 의의있는 결과를 얻었다.

경골, 비골의 최대길이 및 경골의 중앙골간너비는 남녀간에 통계학적으로 유의한 차이를 얻었으나 비골의 다른 부위에서는 남녀간에 차이가 없었다. Stewart(12)는 사체를 이용하여 상완골, 척골, 대퇴골을 연구하여 상완골 경우 perforated fossa가 1 : 3.7 비율로 여성에게 많고 왼쪽에 더 흔하다고 하였다.

척골은 Martin의 연구(14)를 인용하면 sigmoid절흔이 구에 의하여 두 곳으로 나뉘는 경우가 10.3%, 나누어지지 않는 경우가 25.5%라고 하였으나, Godycki(13)는 나누어지는 절흔은 남자, 나누어지지 않는 절흔은 여자이며, 이것은 남자의 척골에서 95%, 여자의 경우는 85%가 맞다고 주장하였고 가장 성별구별이 잘되는 곳이 상완골의 골간둘레, 요골의 길이, 골간 및 머리둘레, 척골길이 및 골간둘레라고 하였다.

최(14)등은 한국 성인의 상완골 203개를 대상으로 연구한 논문에서 최대길이는 남자 300.8mm, 여자 282.3mm로 남자에서 약 18mm 더 길다고 하였는데 본 연구에서는 남자 334.96±43.27mm, 여자 309.85±47.21mm로 남자의 경우 34mm, 여자의 경우 27mm 크게 나타났고 남녀간의 길이의 차이는 약 25mm로 나타났다.

또한 이 논문에서는 좌 우측 모두 남자가 여자보다 최대길이, 상하부너비, 최소둘레길이 지수등의 계측치가 크고 통계학적으로 의의가 있었고(p<0.001), 우측두부지수는 여자에서 더 컸다. 즉 남자는 여자보다 길이에 비해 상완골체의 둘레가 더 굵다고 하였다.

그러나 본 연구에서는 상완골의 최대길이는 남녀구별의 의의가 있었으나 다른 부위에서는 통계학적 의의를 찾을 수 없었다.

인체 계측치 상호간에는 깊은 상관관계가 있는데 예를 들면 신장이 큰 사람은 자연히 상지 및 하지가 커서 그 사이에 어느정도의 비를 가지고 있다. 그러나 신체 각부위의 각종 계측치는 항상 비례하는 것만은 아니고 각 개체에 따라 그 관계가 복잡미묘한 것으로 이런 관계를 간단한 수치로 표시한것이 상관계수이다.

1899년 Pearson이(10) 상관계수를 신체계측치에 처음으로 이용한 이후 Elderton, Orensteen, Cripps 등(10) 백인의 신체 계측치 상호간의 상관계수를 이용하여 신체 각 부위의 추산치에 관한 연구도 있었다.

김등(10)에 의한 한국인의 대퇴골 연구에 의하면, 대퇴골이 신장에 대하여 차지하는 비율은 남자 26.10±0.82%, 여자 25.91±0.77%이었으며 상관계수 r은 각각 0.78 및 0.80이며 신장에서 대퇴골의 길이를 추산하는 회귀 방정식은 다음과 같다.

$$\text{남자 } Y = -7.76 + 0.30 X$$

$$\text{여자 } Y = -2.85 + 0.28 X \text{ ( } Y : \text{ 대퇴골길이, } X : \text{ 신장)}$$

그러나 사지뼈를 이용하여 신장을 추정하는 경우에는 길이를 재는 방법이 적용하고자하는 공식에서의 방법과 같은 방법으로 주의깊게 측정하여야 하며 가능한 경우 한 가지 뼈보다 여러개를 대상으로 하였을때 좀 더 나은 결과를 얻을 수 있다.

또한 비교 도표를 이용하고자할 경우에는 일시적인 변화 및 성별, 종족, 나이에따른 차이점에 유의하여야 한다.

결과적으로 남녀간에 통계학적으로 유의한 결과를 보인 부위는 모든 장골의 최대길이, 대퇴골과 경골의 중앙골간 너비와 피질너비, 대퇴골의 골두직경 및 원위부 골단너비, 경골의 근위부 및 원위부 골단너비였고 모든 장골의 측정치중에서 가장 의의가 있는 장골은 경골이었다.

대퇴골과 경골의 최대길이를 이용하여 SAS program의 Regression Analysis Method를 적용 신장을 추정하여 다음과 같은 공식을 구하였다.

$$\text{Height(cm)} = 95.62 + 0.148 \times \text{Total length of Femur (mm)}$$

$$\text{Height(cm)} = 82.07 + 0.22 \times \text{Total length of tibia (mm)}$$

그러므로 이결과를 이용하면 신원을 알수없는 개체에 대한 개인 식별에 유용한 한가지 방법으로 이용 될 수 있을것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

1. 문국진. 최신법의학 2판, 서울 : 일조각, 1982 ; 274-276

2. Fatteh AV, Mann GT. the role of radiology in forensic pathology. *Med Sci. & Law* 1969; 9:27

3. Gee DJ. Radiology in forensic pathology. *Radiography* XLI 1975; 485:109-114

4. Evan KT, Knight B, Whittaker DK. *Foresic radiology*. 1st ed. Oxford: Blackwell scientific publications, 1981; 3-8

5. Wilton MK, Mehmet YI. *The human skeleton in forensic medicine* 2nd ed. springfield. Illionis. USA: Charles C Thomas Publisher. 1986; 3-14, 189-267, 302-351

6. 정현두. 한국인 대퇴골 전만에 관하여. *전남의대 잡지* 1974 ; 제 11권 : 163-167

7. Black III T. A new method for assessing the sex of fragmentary skeletal remains; Femoral shaft circumference. *Am. J. Phys. Anthropol* 1978; 48:227-231

8. Gilbert BM. Anterior femoral curviture; its probable basis and utility as a criterion of racial assessment. *Am. J.Phys. Anthropol*. 1976; 45: 601-604

9. Hrdlicka A. The femur of the old Perusians. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1938; 23:402-421

10. 김근우, 김상림, 고한석, 등. 한국인 정상성인에 있어서 대퇴골 길이와 신장과의 상관관계에 대한 연구. *대한정형외과학회지* 1986 ; 제 21권 제2호 197-201

11. Iscan MY, Miller-shaivitz P. Determination of sex from the tibia. *Am. J. Phys. Anthropol*. 1984; 64:53-58

12. Stewart TD. What the bones tell. *FBI Law Enforcement Bull*. 1951; 20:2-5

13. Godycki M. Sur La certitude de determination de sexe d'apres d'Anthropol de paris, T.8, Ser. 10, paris, Masson 405-410, 1957

14. 최상용, 최영안, 박경아. 한국인의 상완골에 대한 체질 인류학적 연구. *대한 해부학회지* 1986 ; 19 : 249-257