

한국인 정강뼈의 부분계측을 통한 최대길이 추정

이제훈, 한승호, 이우영, 김이석¹, 정인혁²

가톨릭대학교 의과대학 해부학교실 · 가톨릭응용해부연구소

¹이화여자대학교 의학전문대학원 해부학교실

²연세대학교 의과대학 해부학교실

간추림 : 사람의 긴뼈에서 얻을 수 있는 유용한 정보 중의 하나는 키를 추정할 수 있다는 점이다. 키를 추정하기 위해서는 긴뼈의 최대길이(ML)가 가장 중요한 자료로 쓰인다. 그런데 만약 긴뼈가 조각난 상태로 발견된다면 키 추정이 어려워진다. 이 연구는 긴뼈 중 정강뼈를 대상으로 9개의 항목을 계측하여 정강뼈의 최대길이를 추정하는 방정식을 만들어 한국인을 대상으로 키를 추정하는 데 도움을 주고자 하였다.

정강뼈 170개(남자 110개, 여자 60개, 연령범위 18~91세)를 디지털밀립자(Mitutoyo, Tokyo, Japan)와 뼈계측상자(GPM, Swiss)를 사용하여 계측하였고 통계프로그램 SPSS 15.0을 이용하여 각 항목별 평균값, 표준편차 및 정강뼈 최대길이를 추정하는 방정식을 만들었다.

정강뼈의 최대길이를 추정하는 데 있어 결정계수값(R^2)이 0.5 이상을 보인 것은 여자에서 영양구멍이 있는 지점의 정강뼈 몸통의 둘레(CNF; $R^2=0.571$), 혼합성별에서 몸쪽관절면의 최대너비(PAB; $R^2=0.557$)와 CNF ($R^2=0.530$) 항목이었고 단계분석방법으로 남녀와 혼합성별에서 각각의 방정식을 만들었으며 R^2 은 각각 0.499, 0.685, 0.617이었다.

뼈가 발견되는 현장에서 비록 부서진 상태의 정강뼈가 발견되더라도 이 연구의 결과를 통하여 정강뼈의 최대길이를 추정할 수 있으며 키 추정에 도움이 될 것으로 생각한다.

(2009년 8월 4일 접수, 2009년 8월 28일 수정접수, 2009년 9월 10일 게재승인)

찾아보기 낱말 : 한국인, 정강뼈, 최대길이, 키

서론

신원을 확인하는 데 있어 계측적인 방법으로 키를 추정하는 연구는 체질인류학 분야에서 오래전부터 관심이 되어왔으며(Duyar와 Pelin 2003), 지금까지 다양한 인구집단에서 사람의 긴뼈를 이용하여 키를 추정하는 연구가 있었다(Munoz 등 2001, Radoinova 등 2002, Wright와 Vasquez 2003, Angel과 Cisneros 2004). 이 중, 넙다리뼈와 정강뼈가 키를 추정하는 데 가장 유용한 뼈로 알려져 있다(Chibba와 Bidmos

2006). 뼈가 발견되는 현장에서 만약 넙다리뼈를 이용할 수 없는 경우 키 추정은 정강뼈를 이용하게 된다. 이를 위해 많은 연구자들이 다양한 인구집단을 대상으로 정강뼈를 이용하여 키를 추정하는 연구를 하였다(Steele와 Mckern 1969, Holland 1992, Radoinova 등 2002, Duyar와 Pelin 2003, Pelin과 Duyar 2003, Chibba와 Bidmos 2006).

그러나 정강뼈가 조각난 상태로 발견된다면 궁극적으로 키를 추정하기 어렵게 된다. 이러한 경우에 조각난 정강뼈로 최대길이를 추정할 수 있는 연구가 선행된다면 정강뼈의 부분계측을 통하여 최대길이를 알 수 있고 키 추정이 가능해진다. Chibba와 Bidmos (2006), Holland (1992)가 정강뼈의 부분계측

교신저자: 한승호(가톨릭대학교 의과대학 해부학교실 · 가톨릭응용해부연구소)
전자우편: hsh@catholic.ac.kr

으로 최대길이 또는 키를 추정하는 연구를 하였다. 그러나 각 인구집단마다 신체비율의 차이가 존재하므로 인구집단에 따른 연구 자료가 필요하다.

국내의 경우, Choi (1993)가 긴뼈를 이용하여 키를 추정하는 연구와 Lee 등(2005)이 넙다리뼈의 부분계측을 통하여 최대길이를 추정하는 연구를 하였으나 정강뼈의 최대길이에 관한 연구는 아직 없다.

이 연구는 한국의 정강뼈를 대상으로 부분계측을 통하여 최대길이를 추정하여 조각난 정강뼈가 발견되더라도 최대길이를 추정하고 나아가 키를 추정하는 데 도움이 되고자 하였다.

흔적과 측정부위에 뼈 손상 또는 퇴행성 변화를 포함한 뼈 질환이 의심되는 것을 제외한 170개(남자 55구, 여자 30구, 연령범위 18~91세)를 대상으로 계측하였다.

2. 방법

정강뼈의 계측은 디지털밀림자(Digital Caliper, Mitutoyo, Tokyo, Japan)와 뼈계측상자(Osteometric Table, GPM, Swiss)를 이용하였다(Fig. 1). 계측항목은 법의인류학 분야에서 현장에 적용하기 위한 지침서(Cox 등 2008)를 참고하여 정강뼈의 최대길이를 포함한 전체 9항목을 계측하였으며 각 항목은 다음과 같다.

- (1) ML - 정강뼈의 최대길이
- (2) CNF - 영양구멍이 있는 지점의 정강뼈 몸통의 둘레
- (3) PAB - 정강뼈를 위에서 보았을 때 몸쪽관절면의 최대너비

1. 재료

가톨릭대학교 의과대학 해부학교실과 연세대학교 의과대학 해부학교실에 보관중인 정강뼈 중 골절의

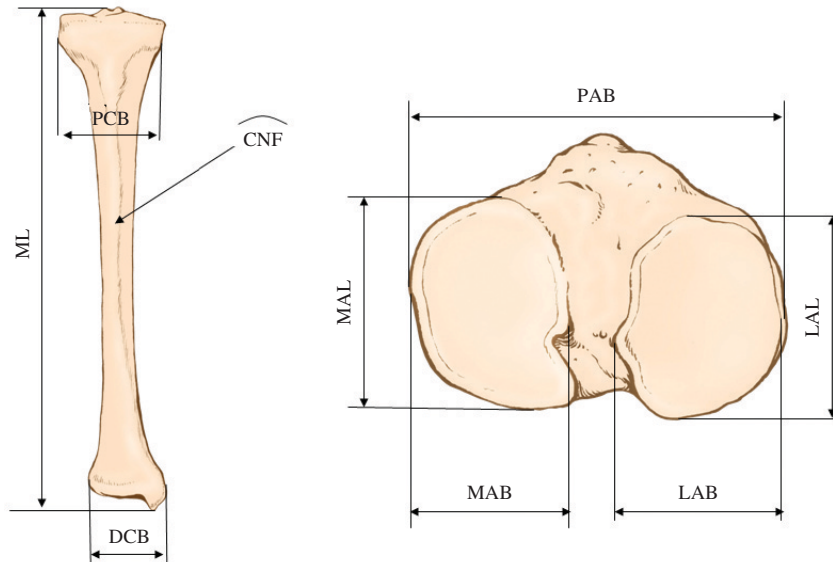


Fig. 1. Measurements of the tibia. CNF: Circumference of the body that the point found nutrient foramen, PAB: Maximum breadth between lateral and medial condyle on the superior aspect, MAB: Maximum breadth of medial articular surface, MAL: Maximum length of medial articular surface, LAB: Maximum breadth of lateral articular surface, LAL: Maximum length of lateral articular surface, PCB: Maximum breadth between medial and lateral condyles of proximal part, DCB: Maximum breadth between medial malleolus and fibular notch, ML: Maximum tibia length.

- (4) PCB - 정강뼈 몸쪽 관절용기의 최대너비
- (5) DCB - 정강뼈 먼쪽의 안쪽복사와 종아리패임이 있는 지점의 최대너비
- (6) LAB - 정강뼈 몸쪽에서 가쪽 관절면의 최대너비
- (7) LAL - 정강뼈 몸쪽에서 가쪽 관절면의 최대길이
- (8) MAB - 정강뼈 몸쪽에서 안쪽 관절면의 최대너비
- (9) MAL - 정강뼈 몸쪽에서 안쪽 관절면의 최대길이

3. 분석

계측한 항목에 대하여 통계프로그램 SPSS 15.0을 이용하여 각 항목에 대한 평균, 표준편차와 정강뼈 최대길이를 추정하는 방정식을 산출하였다.

결 과

계측한 모든 항목이 남자가 여자보다 큰 값을 나타냈고 정강뼈의 최대길이의 경우 남자가 여자보다 평균 23.3 mm 더 길었다(Table 1). 남, 녀와 혼합성별에 대하여 정강뼈의 최대길이를 추정하는 방정식을 만들었다(Tables 2, 3, 4). 남자의 경우 몸쪽관절면의 최대너비(PAB)항목이 가장 높은 상관관계를 보였고 결정계수 값(R^2)은 0.428이었으며 모든 항목들의 $R^2=0.5$ 미만의 값을 보였다(Table 2). 여자의 경우

영양구멍이 있는 지점의 정강뼈 몸통의 둘레(CNF) 항목의 $R^2=0.571$ 로 가장 높았고 나머지 항목들은 $R^2=0.5$ 미만을 나타내었다(Table 3). 남녀혼합에서는 PAB항목이 $R^2=0.557$ 의 값을 보였다(Table 4).

또한 대상별로 단계분석방법을 사용하여 정강뼈 최대길이를 추정하는 방정식을 만들었고 가장 높은 R^2 을 나타낸 것은 여자의 경우에서 CNF와 정강뼈 몸쪽에서 가쪽관절면의 최대길이(LAL) 항목을 변수로 하여 만든 방정식으로 $R^2=0.685$ 이었다(Table 5).

Table 1. Means (with standard deviation: S.D.) of measured variables (unit: mm)

	Male (N=110)	Female (N=60)
	Mean (S.D.)	Mean (S.D.)
CNF	9.3 (0.7)	8.4 (0.7)
PAB	73.5 (3.4)	66.1 (4.3)
MAB	31.3 (2.1)	28.6 (2.1)
MAL	47.8 (3.9)	42.5 (2.9)
LAB	33.0 (2.1)	29.1 (2.5)
LAL	41.2 (2.6)	36.0 (3.0)
PCB	73.5 (4.1)	66.3 (4.3)
DCB	50.6 (3.1)	45.2 (3.2)
ML	347.4 (21.3)	324.1 (18.4)

- N: Sample size

- CNF: Circumference of the body that the point found nutrient foramen, PAB: Maximum breadth between lateral and medial condyles on the superior aspect, MAB: Maximum breadth of medial articular surface, MAL: Maximum length of medial articular surface, LAB: Maximum breadth of lateral articular surface, LAL: Maximum length of lateral articular surface, PCB: Maximum breadth between medial and lateral condyles of proximal part, DCB: Maximum breadth between medial malleolus and fibular notch, ML: Maximum tibia length

Table 2. Regression equations to estimate the length of the tibia in males (unit: mm)

Variable	R	R^2	Regression equations	Significant
CNF	0.585	0.343	$17.693 * CNF + 181.643 \pm 23.201$.000
PAB	0.654	0.428	$3.815 * PAB + 65.345 \pm 32.963$.000
MAB	0.313	0.098	$2.83 * MAB + 257.385 \pm 27.621$.002
MAL	0.510	0.260	$2.881 * MAL + 208.787 \pm 23.629$.000
LAB	0.555	0.309	$5.232 * LAB + 173.184 \pm 26.481$.000
LAL	0.456	0.208	$3.616 * LAL + 198.046 \pm 29.614$.000
PCB	0.538	0.290	$2.607 * PCB + 153.570 \pm 30.674$.000
DCB	0.336	0.113	$2.165 * DCB + 238.671 \pm 30.853$.001

- R=Correlation coefficient, R^2 =R-square

- CNF: Circumference of the body that the point found nutrient foramen, PAB: Maximum breadth between lateral and medial condyles on the superior aspect, MAB: Maximum breadth of medial articular surface, MAL: Maximum length of medial articular surface, LAB: Maximum breadth of lateral articular surface, LAL: Maximum length of lateral articular surface, PCB: Maximum breadth between medial and lateral condyles of proximal part, DCB: Maximum breadth between medial malleolus and fibular notch

Table 3. Regression equations to estimate the length of the tibia in females (unit: mm)

Variable	R	R ²	Regression equations	Significant
CNF	0.756	0.571	20.816*CNF+151.884±23.010	.000
PAB	0.647	0.419	2.740*PAB+142.635±31.881	.000
MAB	0.506	0.256	4.372*MAB+198.676±31.918	.000
MAL	0.660	0.435	4.069*MAL+149.954±29.451	.000
LAB	0.474	0.224	3.457*LAB+223.234±27.985	.001
LAL	0.682	0.465	4.018*LAL+178.234±23.720	.000
PCB	0.665	0.442	2.827*PCB+136.387±31.471	.000
DCB	0.471	0.222	2.759*DCB+200.287±34.101	.001

- R=Correlation coefficient, R²=R-square

- CNF: Circumference of the body that the point found nutrient foramen, PAB: Maximum breadth between lateral and medial condyles on the superior aspect, MAB: Maximum breadth of medial articular surface, MAL: Maximum length of medial articular surface, LAB: Maximum breadth of lateral articular surface, LAL: Maximum length of lateral articular surface, PCB: Maximum breadth between medial and lateral condyles of proximal part, DCB: Maximum breadth between medial malleolus and fibular notch

Table 4. Regression equations to estimate the length of the tibia in combined sex (unit: mm)

Variable	R	R ²	Regression equations	Significant
CNF	0.728	0.530	19.618*CNF+163.096±14.018	.000
PAB	0.746	0.557	3.191*PAB+111.900±16.923	.000
MAB	0.543	0.295	4.617*MAB+197.762±18.306	.000
MAL	0.686	0.470	3.626*MAL+171.617±14.850	.000
LAB	0.668	0.446	5.002*LAB+180.001±14.889	.000
LAL	0.678	0.459	4.169*LAL+174.483±15.089	.000
PCB	0.703	0.495	2.793*PCB+139.340±16.873	.000
DCB	0.553	0.306	3.141*DCB+187.531±18.995	.000

- R=Correlation coefficient, R²=R-square

- CNF: Circumference of the body that the point found nutrient foramen, PAB: Maximum breadth between lateral and medial condyles on the superior aspect, MAB: Maximum breadth of medial articular surface, MAL: Maximum length of medial articular surface, LAB: Maximum breadth of lateral articular surface, LAL: Maximum length of lateral articular surface, PCB: Maximum breadth between medial and lateral condyles of proximal part, DCB: Maximum breadth between medial malleolus and fibular notch

Table 5. Regression equation using stepwise analysis to estimate tibia length (unit: mm)

Sex	R ²	Regression equations	Significant
Male	0.499	3.841*PAB+8.196*CNF-2.518*MAB+66.623±32.343	.000
Female	0.685	2.184*LAL+13.669*CNF+131.985±22.820	.000
Combined sex	0.617	2.667*PAB+9.888*CNF-1.826*MAB+116.259±17.230	.000

- R²=R-square

- PAB: Maximum breadth between lateral and medial condyle on the superior aspect, CNF: Circumference of the body that the point found nutrient foramen, MAB: Maximum breadth of medial articular surface, LAL: Maximum length of lateral articular surface

고 찰

많은 연구자들이 다양한 인구집단을 대상으로 긴 뼈를 이용하여 최대길이 또는 키를 추정하는 연구

를 하였으나, 인구집단에 따른 신체구성의 비율적인 차이가 존재하므로 해당 인구집단의 고유한 방정식이 필요하다(Choi 1993).

연구결과를 보면 한국인의 정강뼈는 미국인, 터키인과 불가리아인보다 짧으며, 특히 한국인 남자의

Table 6. Comparison the mean lengths of tibia with other studies (unit: mm)

Study	Population	Maximum length	
		Male	Female
Steele and Mckern (1969)	American	370.1±16.1	339.4±11.3
Jacobs (1992)	Prehistoric European	384.8±24.4	341.6±21.0
Choi (1993)	Korean	352.0±21.0	
Radoinova et al. (2002)	Bulgarian	364.8±24.8	344.5±21.8
Duyar and Pelin (2003)	Turk	390.4±28.14	
This study (2009)	Korean	347.4±21.3	324.1±18.4

정강뼈는 터키인 남자보다 약 43.0 mm 짧은 것으로 보아 인구집단마다 체질인류학적인 차이가 있을 것을 알 수 있었다(Table 6). 이번 연구에서 정강뼈의 계측 항목은 법의인류학 분야에서 현장에 적용하기 위한 지침서(Cox 등 2008)를 참고로 하였으며 정강뼈에서 안쪽과 가쪽 각각의 위관절면 길이와 너비 등의 부분계측을 한 Holland (1992), Chibba와 Bidmos (2006)와는 차이가 있다.

Chibba와 Bidmos (2006)는 정강뼈에서 부분항목 6가지를 계측하여 키 추정 방정식을 산출한 결과 가장 높은 R²을 나타낸 항목은 남자에서 PAB (R²=0.500)이었고 여자는 정강뼈 안쪽복사와 종아리패임이 있는 지점의 최대너비 (DCB, R²=0.570)이었다. 이번 연구에서도 가장 높은 R²을 보인 항목은 남자에서 PAB (R²=0.428)이며, 여자는 영양구멍이 위치한 곳의 몸통의 둘레 (CNF, R²=0.571)로 두 연구 모두 여자가 남자보다 정강뼈의 최대길이를 추정하는 데 더 높은 상관관계를 보였다(Tables 2, 3, 4). 이번 연구에서는 혼합성별을 포함한 남녀 각각의 단계분석방법으로 정강뼈 최대길이를 추정하는 방정식 (R²=0.499~0.685)을 만들었으나 Chibba와 Bidmos (2006)는 혼합성별에 대해서 언급하지 않아 비교할 수 없었다.

법의인류학적 관점에서 한국인에 대한 키 추정 연구는 팔과 다리의 긴뼈를 이용하여 키를 추정하는 연구가 있었다(Choi 1993). 이 연구는 여자표본에 대해서는 자료가 없어 여자 정강뼈 최대길이는 이번 연구와 비교할 수 없었다. 또한 Lee 등(2005)이 넙다리뼈를 대상으로 부분계측을 통하여 최대길이를 추정하는 연구를 하였다. 이 연구는 넙다리뼈

의 최대길이와 부분항목을 포함한 전체 11항목을 계측하였으며 남, 녀와 혼합성별에 대해서 최대길이를 추정하는 방정식을 만들었다. 그 결과 부분항목 중 용기사이오목의 가장 높은점에서 큰돌기의 가장 높은점까지의 거리 (IFGP) 항목은 넙다리뼈 최대길이를 추정하기 위한 R²이 남, 녀와 혼합성별에서 각각 0.913, 0.917, 0.936으로 정강뼈보다 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 이 결과로 조각난 넙다리뼈가 최대길이의 추정과 나아가 키를 추정하는 데 더욱 유용한 뼈임을 알 수 있었다.

시대의 흐름에 따라 팔과 다리 등이 신체에서 차지하는 비율 즉 구성비의 변화가 존재한다(Meadow와 Jantz 1999). 이러한 사실에 비추어 볼 때 뼈를 이용하여 최대길이 또는 키를 추정하는 연구들은 일회성에 그칠 것이 아니라 지속적인 연구가 되어야 할 것으로 생각된다. 또한 좀 더 발전적인 연구를 위하여 지금까지 연구된 최대길이 또는 키를 추정하는 연구들뿐만 아니라 각각의 나이대에 따른 키를 추정하는 방정식을 따로따로 만드는 작업도 필요하리라 생각한다.

이 연구의 결과로 한국사람 정강뼈의 체질인류학적인 계측치를 알 수 있었고, 정강뼈의 최대길이를 추정하는 방정식을 얻었으며 이를 통해 정강뼈가 조각난 상태로 발견될 때 키를 추정하여 신원확인 작업에 도움이 될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

Angel AD, Cisneros HB : Technical note: modification of regression equations used to estimate stature in Mesoameri-

- can skeletal remains. *Am J Phys Anthropol* 125: 264-265, 2004.
- Chibba K, Bidmos MA : Using tibia fragments from South Africans of European descent to estimate maximum tibia length and stature. *Forensic Sci Int* 169: 145-151, 2006.
- Choi BY : Correlation between the postmortem stature and the dried limb-bone length of Korean adult males. Thesis of Graduate school, Yonsei University 1993. (in Korean)
- Cox M, Flavel A, Hanson I, Laver J, Wessling R : Mortuary procedures, The scientific investigation of mass graves: towards protocols and standard operating procedures. America. Cambridge, pp 453-454, 2008.
- Duyar I, Pelin C : Body height estimation based on tibia length in different stature groups. *Am J Phys Anthropol* 122: 23-27, 2003.
- Holland TD : Estimation of adult stature from fragmentary tibias. *J Forensic Sci* 37: 1223-1229, 1992.
- Lee JH, Kim DI, Kwak DS, Lee UY, Kim IS, Park DK, Han KH, Han SH : Estimation of maximum femoral length from fragmentary femur. *Korean J Phys Anthropol* 17: 247-254, 2005. (in Korean)
- Meadows LEE, Jantz RL : Secular change in long bone length and proportion in the United States, 1800-1970. *Am J Phys Anthropol* 110: 57-67, 1999.
- Munoz JI, Iglesias ML, Suarez-Penaranda JM, Mayo M, Miguens X, Rodriguez-Calvo MS, Concheiro L : Stature estimation from radiographically determined long bone length in a Spanish population sample. *J Forensic Sci* 46: 363-366, 2001.
- Pelin C, Duyar I : Estimating stature from tibia length: a comparison of methods. *J Forensic Sci* 48: 708-712, 2003.
- Radoinova D, Tenekedjiev K, Yordanov Y : Stature estimation from long bone lengths in Bulgarians. *Homo* 52: 221-232, 2002.
- Steele DG, McKern TW : A method for assessment of maximum long bone length and living stature from fragmentary long bones. *Am J Phys Anthropol* 31: 215-228, 1969.
- Wright LE, Vasquez MA : Estimation of the length of incomplete long bone: forensic standards from Guatemala. *Am J Phys Anthropol* 120: 233-251, 2003.
- Yacobs K : Estimating femur and tibia length from fragmentary bones: an evaluation of Steele's (1970) method using a Prehistoric European sample. *Am J Phys Anthropol* 89: 333-345, 1992.

Abstract

Estimation of Maximum Tibia Length from Fragmentary Condition in Korean Populations

Je-Hun Lee, Seung-Ho Han, U-Young Lee, Yi-Suk Kim¹, In-Hyuk Chung²

*Department of Anatomy · Catholic Institute for Applied Anatomy, College of Medicine,
The Catholic University of Korea, Seoul, Korea*

¹*Department of Anatomy, E-Wha Women University School of Medicine, Seoul, Korea*

²*Department of Anatomy, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea*

Long limb bones have been used in the derivation of regression equations for stature assessment. Various papers to estimate stature from long limb bones were existed. However fragmentary long bones are found for analyses in forensic cases, it has impossible to derive regression equations for the estimation of stature from the fragments of these bones. In this reason, this study was tried to estimate maximum long bone length specially tibia as measured nine variables.

The sample consisted of 170 tibias (55 males and 30 females). The ages for these specimens ranged between 18 and 91 years. Vernier caliper (Mitutoyo, Tokyo, Japan) and osteometric table (GPM, Swiss) were used to measure variable. Statistical analysis was made using SPSS 15.0 for windows to estimate maximum tibia length.

The variables, seemed to higher than 0.5 R-square, were circumference the body that the point found nutrient foramen (CNF) in female and maximum breadth between lateral and medial condyle on the superior aspect (PAB), CNF in combined sex. Also, regression equations were made through the stepwise analysis. The R-squares were 0.499 of male, 0.685 of female and 0.617 of combined sex.

In the absence of intact long bones, the equations derived from the present study can provide a reliable estimate of maximum tibia length and can estimate stature after all.

Key words : Korean, Tibia, Maximum length, Stature