

한국에서 사용되는 법의인류학적 키 추정 방법에 대한 제언

정양승¹, 우은진²

¹미들 테네시 주립대학교 기초응용과학대학 생물학과, ²세종대학교 인문과학대학 역사학과

(2018년 10월 12일 접수, 2018년 12월 2일 수정접수, 2018년 12월 4일 게재승인)

간추림 : 사람의 키는 당사자가 갖고 있는 고유한 생물학적 특질이기 때문에 어떤 사람의 신원을 특정하고자 할 때 유용한 단서로 활용할 수 있다. 이러한 이유로 범죄 사건이나 재난 상황이 발생한 경우 신원 불상 피해자의 신원을 확인하기 위해 표준화된 절차에 따라 키를 추정한다. 하지만 키를 추정하는 절차나 방법이 올바르지 않다면 추정된 키의 정확도는 낮을 수밖에 없다. 본 연구에서는 국내에서 발견된 백골 변사자에 대한 법의인류학적 감정 내용 가운데 키 추정을 위해 사용되는 방법의 적정성을 검토하고 키 추정치의 정확도를 높일 수 있는 방법들을 살펴보고자 한다. 이를 위해 국립과학수사연구원에 의뢰된 560건의 백골 변사자에 대한 부검 결과를 검토하였고, 구체적인 논의를 위해 故 유병언씨(이하 ‘유씨’로 칭함)의 키 추정 사례를 이용하였다. 유씨의 키는 Trotter (1970)의 공식 가운데 표준 오차가 더 적은 종아리뼈 공식이 있음에도 불구하고 넙다리뼈 공식을 이용해 추정됐다. 추정 결과를 보고하는데 있어서 ‘표준오차(standard error)’를 ‘오차구간’으로 간주함으로써 추정치의 범위를 지나치게 좁게 제시했다. 또, 나이 들에 따른 키 감소분을 고려하지 않았기 때문에 부검감정서 상의 유씨의 키는 사망 당시의 키가 아닌 생전 당시의 최고 키라고 해석하는 게 타당하다. 마지막으로, 한국인 여성의 키를 추정하기 위해 백인 여성 공식을 사용하게 되면 실제보다 키를 작게 추정할 가능성이 높다. 키 추정의 정확도를 높이기 위해 해부학적 방법을 고려할 필요가 있다. 만약 해부학적 방법의 적용이 곤란한 경우라면 한국인 자료를 이용해 개발된 공식을 적용하는 게 바람직하다. 1980년대 이후 한국인 자료를 이용해 키를 추정할 수 있는 방법들이 다수 개발됐다. 한국인을 대상으로 한 공식을 적용해 변사자의 키를 보다 정확히 추정한다면 향후 한국에서 발견된 변사자의 신원 확인 가능성 또한 높아질 것으로 기대된다.

찾아보기 낱말 : 법의인류학, 키 추정, 한국인, 국립과학수사연구원, 유병언

서 론

변사자의 신원을 신속하고 정확하게 파악하기 위해서는 그 사람의 생전 당시의 모습을 비롯한 생물학적 특징을 파악하는 게 중요하다. 변사자로부터 복원한 생전의 정보가 정확하고 구체적일수록 탐색해야 하는 실종자의 범위는 줄어든다. 그 결과 신원 확인에 필요한 시간과 수사력의 낭비를 줄일 수 있을 뿐 아니라 신원 확인의 가능성 역

시 높일 수 있다[1]. 변사자가 심하게 훼손돼 외형을 통해 당사자의 생전의 특징을 곧바로 파악하기 힘든 경우엔 법의인류학자 등 전문적인 교육과 훈련을 받은 인력이 필요하다. 법의인류학자는 완전히 백골화되었거나 부검이 힘들 정도로 심하게 부패된 시신을 분석해 그 사람의 인종, 성별, 연령, 키, 몸무게 등 생전의 생물학적 특징을 재구성하고, 외상(trauma)이나 병력(pathology)과 같이 신원 확인에 도움을 줄 수 있는 정보를 제공할 수 있다[2]. 국립과학수사연구원(이하 국과수로 칭함)은 1955년 설립 이래 대한민국에서 발생한 수많은 범죄 및 사건 사고의 원인과 경위를 밝히기 위해 법과학적 감정을 실시하고 있다[3]. 증거물 수집 과정의 적법성, 증거물 관리의 연속성(chain of

저자(들)는 ‘의학논문 출판윤리 가이드라인’을 준수합니다.
저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.
교신저자 : 정양승(미들 테네시 주립대학교 기초응용과학대학 생물학과)
전자우편 : yangseung.jeong@mtsu.edu

custody) 등이 준수된 경우 대체로 국과수의 감정 결과는 재판 과정에서 객관성을 인정받는다[4]. 또 대한민국엔 국과수와 동일한 기능을 수행하는 별도의 감정 기관이 존재하지 않기 때문에[3] 국과수의 감정 결과는 보통 최종 결론으로서 인정받는다. 국과수 산하 중앙법의학센터는 부검 등을 통한 법의학적 감정은 물론 백골화된 변사자에 대한 법의인류학적 분석을 담당한다[3]. 최근 국과수의 법의인류학적 감정 건수는 점차 늘어나는 추세다. 국과수에 의뢰된 백골 변사자 사건의 수가 2002~2007년 사이엔 연 평균 50건 정도였지만[5] 2009~2013년 사이엔 연 평균 약 110건으로 두 배 이상 증가했다는 사실이 이를 뒷받침해 준다[6]. 따라서 백골 변사자에 대한 법의인류학적 분석의 객관성과 정확도가 담보되어야 할 필요성이 크다.

본 연구의 목적은 국과수의 부검감정서에 포함된 법의인류학적 감정 내용 가운데 백골 변사자의 키 추정 방법의 적정성을 검토하는데 있다. 구체적인 논의를 위해 실제 국과수에서 감정을 진행했던 故 유병언씨(이하 ‘유씨’로 칭함)의 사례를 이용하고자 한다. 유씨의 부검감정서[7]에 따르면 유씨의 키는 Trotter의 1970년 연구[8]에 수록된 공식을 이용해 추정됐다. 저자들이 제기하는 첫 번째 질문은 ‘유씨의 키를 추정하고 결과를 보고하는 과정에서 Trotter [8]의 권고 사항이 고려되었나’ 하는 것이다. 즉, Trotter는 1970년 연구[8] 및 그 이전의 연구[9,10]에서 키 추정 결과의 정확도를 극대화할 수 있도록 몇 가지 권고 사항을 제시했는데 이 권고 사항들이 감정 과정에 모두 반영됐는지 살펴보고자 한다. 이와 더불어 한국인의 키를 보다 정확히 추정할 수 있는 방법에 대해서도 논의하고자 한다. 이 두 번째 질문은 최근 한국인의 자료를 이용한 키 추정 방법들이 다수 개발되는 상황과 관련해 검토가 필요한 부분이다. 이러한 논의는 향후 국과수에 의뢰되는 변사자의 키를 보다 정확히 추정하는데 기여할 뿐 아니라, 이를 통해 변사자의 신원 확인 가능성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

국내에서 사용되는 백골 변사자의 키 추정 방법을 파악하기 위해 2009년부터 2013년 사이에 국과수에 의뢰된 560건의 백골 변사자 부검 결과를 검토했다. 이 중 키 추정 결과가 포함된 112건을 성별 및 키 추정에 이용된 공식과 뼈대 종류를 기준으로 분류했다. 그 결과 남성은 Trotter [8]의 아시아인 남성 공식을, 여성은 Trotter [8]의 백

인 여성 공식을 적용하며, 남녀 모두 넙다리뼈를 가장 빈번히 사용한다는 사실을 확인했다. 키 추정을 위해 사용된 유일한 공식인 Trotter [8]의 공식이 올바르게 사용됐는지 살펴보기 위해 Trotter의 1970년 저서[8]는 물론 Trotter와 Gleser의 1952년[9] 및 1958년[10] 저서를 깊이 있게 탐독했다. 그리고 유씨의 부검감정서[7]와 법치의학 감정서[11]를 검토해 유씨의 키 추정 과정 및 결과 보고 내용을 백골 변사자 키 추정의 대표 사례로서 활용했다. 이와 함께 한국인 샘플을 이용해 키 추정 공식을 개발한 연구 11편을 개관함으로써 Trotter [8]의 방법만을 사용하는 현실에 대한 대안을 제시하였다.

결 과

Trotter는 1970년 연구[8]에서 백인 남여성, 흑인 남여성, 아시아인 남성, 멕시코 남성의 키를 추정하는 공식을 제시했는데 이 공식에는 위팔뼈, 노뼈, 자뼈, 넙다리뼈, 정강뼈, 종아리뼈의 길이 및 넙다리뼈와 정강뼈의 길이의 합이 이용됐다¹. 원래 이 공식들은 Trotter와 Gleser가 1952년과 1958년에 개발한 공식 가운데 일부를 발췌한 것이다. Trotter와 Gleser는 1952년 연구에서 2차 세계대전 전사자의 자료를 이용해 백인과 흑인 남성의 키 추정 공식을 개발하고, 테리 컬렉션(Robert T. Terry Anatomical Skeletal Collection) 자료를 이용해 백인과 흑인 여성의 키 추정 공식을 개발했다[9]. 이어서 1958년엔 한국전 전사자의 자료를 이용해 백인과 흑인 남성은 물론 아시아인과 멕시코인, 푸에르토리코인 남성의 키 추정 공식을 새로 개발했다[10]. 주의할 점은 백인과 흑인 남성을 위한 공식은 1952년과 1958년 연구 모두에 포함된 반면, 나머지 인구 집단의 경우엔 둘 중 하나의 연구에만 포함돼 있던 사실이다. 또한 Trotter와 Gleser [10]가 아시아인, 멕시코인, 푸에르토리코인 여성을 위한 공식을 제시하지 않았다는 점도 유의할 필요가 있다. 이후 Trotter [8]는 자신이 개발한 공식 가운데 백인과 흑인 남여성의 경우엔 1952년의 공식을, 아시아인과 멕시코 남성의 경우엔 1958년의 공식을 사용하길 권장한다고 밝혔다.

2009년부터 2013년 사이에 국과수에 의뢰된 560건의 백골 변사자 케이스 가운데 키 추정을 시도했던 경우는 모두 112건이었으며, 이때 사용된 방법은 모두 Trotter [8]의 공식이었다. 사용된 뼈는 대부분 넙다리뼈(78.6%)와 위팔뼈(15.2%)였으나 노뼈와 정강뼈, 종아리뼈가 사용된 경우

¹멕시코 남성의 경우 넙다리뼈와 정강뼈의 길이의 합을 이용한 공식은 제시돼 있지 않다.

도 각각 3건, 2건, 2건있었다. 2014년 국과수에 의뢰된 유씨의 키 역시 Trotter [8]의 넓다리뼈 공식을 이용해 추정됐다. 사망 당시 73세였던 유씨의 시신은 2014년 6월 12일 전남 순천에서 발견됐다. 시신에 대한 1차 부검은 동년 6월 13일 순천 성가롤로 병원에서 이뤄졌고, 동년 7월 22일엔 국과수 서울과학수사연구소에서 2차 부검이 진행됐다. 유씨의 키 추정 결과는 1차 부검감정서엔 기재되지 않았고, 2014년 7월 24일 작성된 법치의학 감정서[11]에 처음 보고됐다. 키 추정과 관련해 당시 법치의학 감정서엔 “왼쪽 넓다리뼈의 최대길이는 40.3 cm 임”, “신장은 159.22 cm로 추정하며 오차구간은 ± 3.8 cm임”, “신장추정은 Trotter (1970)의 방법으로 수행하였음” 등 세 문장이 포함되어 있다[11]. 다시 말해 감정인은 (i) 유씨의 키를 추정하기 위해 Trotter의 1970년 연구[8]를 참고했는데 (ii) 그 연구에 실린 여러 공식 중 아시아인을 대상으로 개발된 넓다리뼈 공식에 유씨의 왼쪽 넓다리뼈 최대길이를 대입했으며, (iii) 그 결과 유씨의 키가 $159.22 \text{ cm} \pm 3.8 \text{ cm}$, 즉 $155.42 \text{ cm} \sim 163.02 \text{ cm}$ 사이일 것으로 추정했다. 이 결과는 2014년 7월 25일에 작성된 유씨의 부검감정서[7]는 물론 “유병언 추정 변사자 관련 감정 경과”라는 제목의 국과수 언론 발표 자료에도 포함됐다.

고 찰

1. 유씨의 키를 추정하고 결과를 보고하는 과정에서

Trotter [8]의 권고 사항이 고려되었는가?

1) 키 추정에 이용된 뼈대 부위

사람의 뼈 가운데 긴 뼈는 일반적으로 키와 큰 상관관계를 갖기 때문에 키를 추정하는 재료로 빈번히 사용된다[12]. 만약 긴 뼈가 여러 점 남아 있다면 그 중 키와 상관관계가 가장 높은 뼈를 이용하는 게 바람직하다[13]. 상관관계를 판단하기 위한 척도로는 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient, r)나 추정표준오차(standard error of the estimate, SEE) 등을 활용할 수 있다. 즉, 사용 가능한 공식이 여러 개 존재하는 경우라면 피어슨 상관계수가 높거나 추정표준오차가 작은 공식을 사용함으로써 키 추정치의 오차를 최소화할 수 있다[8-10,13].

유씨의 키를 추정하기 위해 사용된 뼈는 넓다리뼈였다. 그런데 Trotter [8]의 공식 가운데 표준오차가 가장 작은 공식은 넓다리뼈($SE=3.8$)가 아닌 종아리뼈($SE=3.24$)를 이용한 공식이다[8]. 따라서 넓다리뼈와 종아리뼈가 모두 남아 있었다면 특별한 이유가 없는 한 종아리뼈를 이용해

유씨의 키를 추정하는 게 바람직하다. 첨언하자면, 정강뼈를 사용한 공식 역시 넓다리뼈 공식보다 표준오차가 작다. 하지만 Trotter의 공식에 사용된 정강뼈는 그 계측 방법이 불명확해 차라리 정강뼈가 포함된 공식은 사용하지 않는 게 안전하다는 의견이 존재한다[14]. 이에 본 연구에선 정강뼈 공식과 관련한 더 이상의 논의는 진행하지 않도록 한다.

유씨의 넓다리뼈 중 키 추정에 사용된 뼈는 왼쪽뿐이다. 하지만 Trotter [8]의 연구에 실린 아시아인 공식은 애초에 좌우 뼈대의 평균치를 대입해 키를 구하도록 고안된 공식이었다[9,10]. 다시 말해 Trotter [8]는 좌우 뼈대가 모두 존재하는 경우라면 이 둘을 각각 계측한 후 그 평균값을 공식에 대입하도록 했다. 비록 Trotter [8]의 연구엔 포함되지 않았지만 Trotter와 Gleser는 1958년 연구에서 좌우 뼈대 각각에 대한 공식을 개발했다[10]. 그리고 이 공식들은 Trotter [8] 연구에 실린 좌우 평균치 공식을 개발하는데 밑바탕이 됐다(개발 과정과 관련한 수학적 오류에 대해선 Jeong과 Jantz [15]를 참고). 따라서 만약 왼쪽 뼈대만을 이용해 키를 추정하고자 한다면 Trotter [8]의 공식 대신 Trotter와 Gleser [10]의 Table 3에 제시된 왼쪽 뼈 공식을 사용하는 게 논리적으로 타당하다. 유씨의 왼쪽 넓다리뼈 계측치(40.3 cm)를 Trotter와 Gleser [10]의 왼쪽 넓다리뼈 공식에 대입하면 부검감정서상의 추정치(159.22 cm)보다 0.256 cm 작은 값이 산출되며, 표준오차 역시 3.8 cm가 아닌 3.67 cm가 된다.

2) 오차구간의 의미

유씨의 키 추정치 159.22 cm에 대한 오차구간은 ± 3.8 cm로 보고됐다. 여기서 ‘오차구간’은 Trotter [8]의 연구에 사용된 표준오차(standard error)를 번역한 것인데 이 표현은 오해를 불러일으킬 소지가 크다. ‘오차구간’이란 표현을 사용함으로써 마치 유씨의 실제 키가 반드시 $159.22 \text{ cm} \pm 3.8 \text{ cm}$, 즉 $155.42 \text{ cm} \sim 163.02 \text{ cm}$ 사이에 포함될 거란 인상을 줄 수 있기 때문이다. 사실 표준오차는 어떤 공식을 개발하는 과정에서 사용된 샘플들과 회귀곡선 간의 관계를 보여주는 척도일 뿐이다[16,17]. 다시 말해, 표준오차가 크다는 건 회귀곡선을 중심으로 샘플들이 멀리 흩어져 있다는 것이고, 표준오차가 작다는 건 샘플들이 회귀곡선 가까이 분포하고 있음을 의미한다. 어떤 공식을 이용해 산출된 추정치의 추정 오차를 계산하기 위해 표준오차를 재료로서 이용할 순 있다. 하지만 그렇다고 해도 표준오차와 추정오차가 동일한 건 아니다[15,17]. 이와 관련해 Trotter와 Gleser [10] 역시 95%의 신뢰도를 갖는 키의 추정 오차를 구하기 위해선 표준오차에 2를 곱해야 한다고 설명하

고 있다. 다시 말해, ‘키 추정치 \pm (표준오차 $\times 2$)’의 범위 안에 실제 그 사람의 키가 포함됐을 가능성이 95% 정도라는 것이다. 이에 따르면 95%의 신뢰도를 갖는 유씨의 키 추정 범위는 159.22 ± 7.6 cm, 혹은 151.62 cm~ 166.82 cm로 조정될 필요가 있다. 하지만 이러한 Trotter [8]의 권고 사항은 대부분의 한국 연구자들 사이에서 지켜지지 않고 있다[15]. 더 중요한 사실은 Trotter와 Gleser [10]의 권고에 따라 구해진 값 역시 정확한 추정오차가 아닌 대략적인 값이란 점이다. 이와 관련해 Giles와 Klepinger [16]는 보다 정확한 추정오차를 계산하기 위해 아래와 같은 방법을 제시했다.

$$t \cdot S_{YX} \sqrt{1 + \frac{1}{N} + \frac{(X_0 - \bar{X})^2}{(N-1)S^2_X}}$$

(S_{YX} =샘플의 표준오차; X_0 =변사자의 뼈 계측치; \bar{X} =샘플의 뼈 계측치 평균; S^2_X =샘플의 뼈 계측치 분산; N =샘플 사이즈; t =t 분포표 상 자유도 ‘ $N-2$ ’의 t값)

위의 방법을 유씨의 경우에 적용해 95%의 신뢰도를 갖는 유씨의 키를 계산해보자면 다음과 같다. 우선 아시아인 왼쪽 넓다리뼈 공식과 관련된 아래의 정보는 Trotter와 Gleser [10]에 제시돼 있다.

$$S_{YX} = 3.67$$

$$\bar{X} = 44.640$$

$$S^2_X = (2.476)^2$$

$$N = 60$$

자유도가 58인 경우 95% 신뢰도의 추정 오차를 구하기 위한 t_{95} 값은 약 2.00이고 유씨의 왼쪽 넓다리뼈 길이(X_0)는 40.3 cm이므로 유씨의 키 추정치 159.22 cm에 대한 추정오차는,

$$\begin{aligned} & (2.00) \cdot (3.67) \sqrt{1 + \frac{1}{60} + \frac{(40.3 - 44.640)^2}{(60-1)(2.476)^2}} \\ & = (7.34) \sqrt{1.017 + \frac{18.836}{361.704}} = 7.589 \text{ cm} \end{aligned}$$

이다. 다시 말해 유씨의 키가 159.22 ± 7.589 cm, 즉 151.631 cm~ 166.809 cm 사이일 가능성이 95%라고 판단할 수 있다.

3) 나이 들에 따른 키 감소

성인의 키는 일정 시점이 지나면 감소한다. 이러한 현상은 주로 척추 사이의 추간판(intervertebral disc), 혹은 척추 자체가 중력에 의해 압착되면서 그 두께가 얇아지고 이에 따라 자세가 변하기 때문에 발생한다[18]. 따라서 뼈를

이용해 키를 추정할 때는 그 사람의 생전 당시의 최고 키를 추정할건지, 사망 당시의 키를 추정할건지 그 목적을 분명히 구분할 필요가 있다[19]. 일반적으로 법의인류학자는 변사자의 생전의 최고 키보다 신원 확인에 실질적으로 도움을 줄 수 있는 사망 당시의 키에 관심을 둔다. 하지만 나이가 많은 사람들 중엔 키가 줄어들기 전에 잦던 키를 본인의 키로 기억하고 보고하는 경우가 많기 때문에 변사자의 사망 당시의 키뿐 아니라 생전의 최고키를 함께 추정해야 한다는 견해도 있다[19].

Trotter와 Gleser [20]는 테리 컬렉션에 기증된 19세부터 91세까지의 시신 855구의 자료를 이용해 사람의 키가 30세부터 매년 0.06 cm씩 줄어들며 성별이나 인종에 따른 차이는 미미하던 결론을 내렸다. 이 결과를 바탕으로 Trotter [8]는 만약 30세 이상의 성인의 사망 당시 키를 추정할 때 공식을 통해 계산된 추정치에서 ‘ $0.06 \times (\text{사망 당시 연령} - 30)$ ’ 센티미터를 빼야한다고 권고했다. 하지만 유씨의 키를 추정하는 과정에서 이러한 권고 사항은 고려되지 않았다. 따라서 그 결과값인 159.22 cm는 유씨의 사망 무렵의 키라기 보다 유씨의 생전 당시의 최고 키로 보는 게 타당하다. 만약 Trotter [8]의 권고 사항을 유씨의 사례에 적용한다면, 2014년 당시 73세였던 유씨의 사망 무렵의 키는 $159.22 - 0.06 \times (73 - 30) = 156.64$ cm로 추정할 수 있다. 여기에 앞서 설명된 추정오차(± 7.589 cm)를 고려한다면 유씨의 사망 당시 키가 149.051 ~ 164.229 cm 사이였을 가능성이 95%라고 할 수 있다.

성인의 키 감소 현상과 관련해 Trotter와 Gleser [20]와 다른 결론을 내린 후속 연구들도 많다. 우선 Herzog 등 [21]은 키가 감소하는 속도가 나이가 들면서 더욱 빨라지며 그 패턴 또한 남성과 여성 간에 차이가 있다고 주장했다. 예를 들어 75세~87세 사이의 여성의 키는 자신의 최고 키보다 평균적으로 6.47 cm 작지만 같은 연령대의 남성의 키는 최고 키에 비해 3.12 cm 작은 정도다. 1988년 Galloway는 50세부터 92세까지 백인 남성성 자료를 이용해 사람의 키는 45세 이후부터 줄어들기 시작하며 그 속도는 1년에 약 1.6 mm라는 결과를 발표했다[22]. Borkan 등 [23]과 Cline 등 [24]은 각각 백인 남성과 백인 여성의 자료를 이용해 사람의 키는 45세 이후부터 감소하기 시작하며 나이가 들에 따라 그 속도가 더 빨라진다고 보고했다. 이후 Giles [25]는 Borkan 등 [23]의 자료와 Cline 등 [24]의 자료를 하나의 표로 정리해 백인 남·여성의 키 감소 패턴과 속도를 쉽게 파악할 수 있도록 했다. 최근 Niskanen 등 [19]은 테리 컬렉션의 남녀 백인과 흑인 자료를 이용한 연구에서 키 감소 현상은 40세 이상부터 나타나며 남녀간의 차이는 미미하다고 보고하기도 했다. 이처럼 나이들에 따

른 키 감소 현상과 관련된 연구는 주로 백인과 흑인을 위주로 이뤄져왔기 때문에 이들의 연구 결과를 곧바로 유씨의 경우에 직접 적용할 수 있을지는 미지수다. 따라서 이 부분에 있어선 향후 한국인 자료를 이용한 검증이 필요하다.

2. 한국인의 키를 보다 정확히 추정할 수 있는 방법은 무엇인가?

1) 해부학적 방법 (Anatomical method)

뼈대를 통해 사람 키를 추정하는 방법은 크게 해부학적 방법(anatomical method)과 수학적 방법(mathematical method)으로 나눌 수 있다. 해부학적 방법은 사람의 키를 구성하는 모든 뼈대 - 머리뼈, 등뼈, 엉치뼈, 넓다리뼈, 정강뼈, 목말뼈, 발꿈치뼈 - 의 높이/길이를 계측한 후 여기에 연조직의 높이를 감안해 키를 추정하는 방법이다. 이에 반해 수학적 방법은 보통 한두점의 뼈의 길이를 계측하고 이 값을 이미 개발된 회귀공식에 대입해 키를 추정하는 방법이다[26]. 일반적으로 해부학적 방법으로 계산된 추정치는 수학적 방법보다 정확하다고 알려져 있다[27-30]. 해부학적 방법을 통해 ‘추정’하는 부분은 사실상 연조직의 높이인데, 이는 뼈대가 차지하는 부분에 비해 훨씬 작은 비율을 차지하기 때문이다. 하지만 해부학적 방법은 뼈대를 이루는 뼈들이 거의 모두 남아 있는 경우에만 사용할 수 있다는 한계가 있다[26]. 해부학적 방법은 1894년 Dwight에 의해 처음 고안됐다[29]. 그는 뼈대 사이를 찰흙으로 메워 뼈대의 생전 모습을 복원한 후 키를 추정할 수 있다고 했는데, 이 방법은 비슷한 시기에 Pearson [31]이 개발한 수학적 방법에 비해 과정이 너무 복잡해 널리 사용되지 못했다. 1956년 Fully [32]는 각 뼈대의 높이 및 길이를 모두 더한 값인 ‘뼈대 높이(skeletal height)’를 먼저 계산하고 여기에 연조직의 높이를 보완할 수 있는 보완 계수를 더함으로써 최종적으로 생전의 키를 구하는 방법을 제시했다. 이때 사용된 보완 계수는 뼈대 높이가 153.5 cm 미만인지, 153.6~165.4 cm 사이인지, 165.5 cm 이상인지에 따라 각각 10 cm, 10.5 cm, 11.5 cm를 사용하도록 했다. 이후 Raxter 등[33]은 Fully [32]의 방법을 응용해서 뼈대 높이를 독립변수로 한 두 개의 회귀 공식을 다음과 같이 제시했다.

$$\begin{aligned} \text{Living stature} &= 1.009 \times \text{Skeletal height} - 0.0426 \\ &\quad \times \text{age} + 12.1 \quad (r=0.956, \text{SEE}=2.22) \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Living stature} &= 0.996 \times \text{Skeletal height} \\ &\quad + 11.7 \quad (r=0.952, \text{SEE}=2.31) \quad (2) \end{aligned}$$

이 중 첫 번째 공식은 시신의 나이를 알거나 추정할 수 있는 경우에, 두 번째 공식은 그렇지 못한 경우에 사용할 수 있도록 개발된 것이었다. 하지만 곧바로 Raxter 등 [34]은 시신의 나이를 구체적으로 추정할 수 없는 경우라도 대강의 나이를 추정할 수 있다면 첫 번째 공식을 사용하는 게 낫다는 결론을 내렸다. Raxter 등[33]의 방법, 특히 첫 번째 공식은 다른 방법들에 비해 정확도가 높을 뿐 아니라 인종 및 성별과 상관없이 사용할 수 있다는 장점 때문에 최근 널리 사용되고 있다[26,35-39].

유씨의 경우 2차 부검 당시 3번 목등뼈를 제외하고 키를 이루는 모든 뼈가 남아 있는 상태였다. 유실된 3번 목등뼈의 높이는 2번과 4번 목등뼈를 이용해 추정할 수 있기 때문에[40] 유씨의 키는 이론상 해부학적 방법을 이용해 추정할 수 있는 상태였다. 하지만 유씨의 경우처럼 뼈대를 둘러싼 연조직 대부분이 남아 있는 시신에 해부학적 방법을 적용하려면 컴퓨터 단층촬영(CT) 혹은 자기공명 영상촬영(MRI) 등 비파괴 검사 방법을 이용하거나[41] 물리적으로 모든 연조직을 제거한 후 뼈대의 높이/길이를 계측해야 한다. 하지만 자기공명 영상 촬영을 통한 뼈대 계측 방법은 그 정확도에 대한 논쟁이 진행중이다[42]. 또 물리적으로 시신의 연조직을 제거하는 작업은 상당한 시간을 요할 뿐 아니라 2014년 당시 유가족 및 유관 단체 등의 동의 없이 국과수가 신속하게 진행할 수 있었을지도 불확실하다. 따라서 유씨의 키를 추정하기 위해 해부학적 방법을 적용한다는 건 이론적으로 이상적이지만 현실적으로 실행하기가 어려운 방법이었을 것으로 판단된다.

2) 수학적 방법 (mathematical method)

해부학적 방법을 사용하기 곤란한 경우엔 수학적 방법을 통해 키를 추정할 수 있다. 수학적 방법은 일반적으로 해부학적 방법보다 정확도가 낮다는 단점이 있다[26]. 하지만 대개의 경우 한두점의 뼈만 계측해서 그 값을 회귀공식에 대입하면 추정치를 얻을 수 있기 때문에 감정 시간이 적게 든다는 장점이 있다. 또 전반적인 뼈대의 보존 상태가 좋지 않더라도 계측하고자 하는 뼈 한두점만 온전하다면 키를 추정할 수 있기 때문에 해부학적 방법에 비해 활용도가 높다[26]. 이런 장점 때문에 수학적 방법은 해부학적 방법에 비해 훨씬 빈번하게 사용된다. 한국의 경우도 마찬가지인데 현재까지 한국인 뼈대의 키를 추정할 때는 Jeong과 Jantz [35]를 제외하곤 모두 수학적 방법이 사용됐다.

수학적 방법을 사용함에 있어 가장 중요한 문제는 ‘어떤 회귀공식을 선택해야 하는가’이다. 이에 대한 일반적인 대답은 ‘공식을 적용하고자 하는 대상과 지리적, 시대적 배

경이 동일한 인구집단을 이용해 만들어진 공식을 적용해야 한다’는 것이다[13,43]. 키를 추정하고자 하는 대상과 그 공식을 개발하는데 사용된 샘플 간에 신체 비율이 유사해야 하기 때문이다. 따라서 만약 유씨의 키를 추정하고자 한다면 한국인 샘플을 이용해 개발된 공식을 우선적으로 적용하는 게 바람직하다.

1980년대 이전에는 한국인 샘플을 이용해 키를 추정할 수 있는 공식이 개발돼 있지 않았다. 따라서 Trotter와 Gleser [10]가 제시한 아시아인 공식을 한국인에 적용해 키를 추정하는 게 최선의 방법이라 여겨졌다. 하지만 김근우 등[44]이 한국인 자료를 이용해 키와 넙다리뼈의 길이 사이의 관계를 처음으로 공식화한 이래 최근까지 한국인을 대상으로 한 키 추정 연구가 10편 넘게 출판됐다(Table 1). 이 가운데 유씨의 넙다리뼈 길이를 이용해 유씨의 키를 추정할 수 있는 공식이 수록된 연구는 6편이다. 이들 연구에 따르면 유씨의 키 추정치는 154.62 cm~159.26 cm로 다양했다(Table 1). 여기서 최저 추정치 154.62 cm는 Jeong과 Jantz [35]의 공식을 통해 산출됐는데 이 결과는 유씨의 연령에 따른 키 감소분(약 2.26 cm)을 고려한 값이다. 여기에 Jeong과 Jantz [35]가 제시한 95% 신뢰도의 추정 오차(± 4.92 cm)를 감안한다면 유씨의 사망 당시 키는 149.7 cm~159.54 cm 사이였을 것으로 추정할 수 있다. 반면 Lee 등[45]과 Lee 등[46]의 공식에 따를 때 유씨의 키는 각각 158.96 cm와 159.26 cm로 비교적 높게 추정됐다. 이 두 공식에 의한 추정치가 높은 이유로는 이 연구에서

사용된 키가 살아 있는 사람의 키가 아닌 시신의 키라는 점을 꼽을 수 있다. 다시 말해 이 공식을 통해 계산된 키는 유씨의 생전 당시 키라기 보단 유씨가 사망한 후의 키라고 할 수 있다. 생전의 키와 시신의 키를 구분해서 설명하는 이유는 같은 사람이라 해도 생전의 키와 시신의 키가 동일하지 않기 때문이다. 사람이 죽으면 척추가 곧게 펴지고 자세가 변하면서 시신의 키는 커진다[12,47]. 따라서 실제 유씨의 키는 시신의 키에 기반한 Lee 등[45]과 Lee 등[46]의 추정치보다 작을 가능성이 높다. 다만 키의 변화 정도에 대해선 연구자마다 의견이 다르므로 주의가 요구된다. 예를 들어, Manouvrier [48]와 Trotter와 Gleser [9]는 시신의 키와 생전의 키 간에 각각 2 cm, 2.5 cm의 차이가 발생한다고 보고했고 Pearson [31]은 그 변화 정도가 남성(1.2 cm)과 여성(2 cm)에 있어 서로 다르다고 보고했다. 최근에 Cardoso 등[49]은 누운 상태에서 측정한 시신의 키는 생전의 키보다 평균적으로 4.3 cm 크다고 보고하기도 했다. 이 중 가장 일반적으로 사용되는 Trotter와 Gleser [9]의 보완 계수(2.5 cm)를 Lee 등[45] 및 Lee 등[46]에 의한 추정치에 적용한다면 그 값이 각각 156.46 cm와 156.76 cm가 되어 다른 공식에 의한 추정치와 비슷해짐을 확인할 수 있다.

3) 한국인 여성의 키 추정

앞서 설명된 바와 같이 Trotter [8]나 Trotter와 Gleser [10]의 연구엔 아시아인 여성의 키를 추정할 수 있는 공

Table 1. Previous research related to stature estimation using Korean samples. Notice that six studies presented equations by which Yoo's stature can be estimated.

Reference	Measurement	Dimension(s) used	Equations for Yoo's stature estimation and point estimates
Kim et al. (1986)	Orthoscanography	Femora of males and females	Femur [cm] = $-7.76 + 0.31 \times \text{stature [cm]}$ Estimate = 155.03 cm
Im et al. (1993)	Orthoscanography	Femora and tibiae*	Stature [cm] = $95.62 + 0.148 \times \text{femur [mm]}$ Estimate = 155.26 cm
Choi et al. (1997)	Wet bones	Humeri, radii, ulnae, femora, tibiae, and fibulae of males	Stature [cm] = $2.93 \times \text{femur [cm]} + 36.88$ Estimate = 154.96 cm
Hwang et al. (2009)	Anthropometric	Knee heights of males and females	N/A
Lee et al. (2014)	Wet bones	Femora, tibiae, and fibulae of males, females, and unknown sex	Stature [mm] = $2.883 \times \text{femur [mm]} + 427.728$ Estimate = 158.96 cm
Lee et al. (2015)	Wet bones	Humeri, radii, and ulnae of males, females, and unknown sex	N/A
Jee and Yun (2015)	Anthropometric	Hands of males and females	N/A
Jeong and Jantz (2016)	Dry bones	Humeri, radii, ulnae, femora, tibiae, fibulae, and lumbar vertebrae of males and females	Stature [cm] = $2.167 \times \text{femur [cm]} + 69.544 - 0.0426 \times (\text{age at death} - 20)$ Estimate = 154.62 cm
Lee et al. (2017)	MDCT	Femora of males and females	Stature [cm] = $2.610 \times \text{left femur [cm]} + 54.081$ Estimate = 159.26 cm
Jee et al. (2017)	3D scanner	Feet of males and females	N/A
Kim et al. (2018)	Anthropometric	Hands and feet of males and females	N/A

*Sex was not specified.

식이 포함돼 있지 않다. 이에 한국인 여성 변사자의 키를 추정할 때 대부분 Trotter [8]의 백인 여성 공식이 사용된다. 물론 남성과 여성은 신체 비율에 차이가 있기 때문에 한국인 여성의 뼈에 아시아인 남성 공식을 적용하긴 힘들다[15,35]. 하지만 Trotter [8]의 백인 여성 공식을 한국 여성의 사례에 적용한다고 해도 정확한 결과를 낼 가능성은 낮다. 두 인구 집단의 신체 비율이 같지 않기 때문이다. 정강뼈 지수(crural index)는 넙다리뼈에 대한 정강뼈의 상대적 비율(용기사이용기[intercondylar eminence]를 제외한 정강뼈 최대길이×100 / 생리학적 넙다리뼈 길이[physiological length of femur])을 나타내는 지표다[38,50,51]. 정강뼈 지수는 키에 대한 하체의 상대적 비율과 밀접한 연관을 갖기 때문에 서로 다른 집단의 신체 비율을 비교할 때 자주 사용된다[35,51,52]. Jeong과 Jantz [35]는 조선시대 이후 한국 여성의 정강뼈 지수가 81.3이

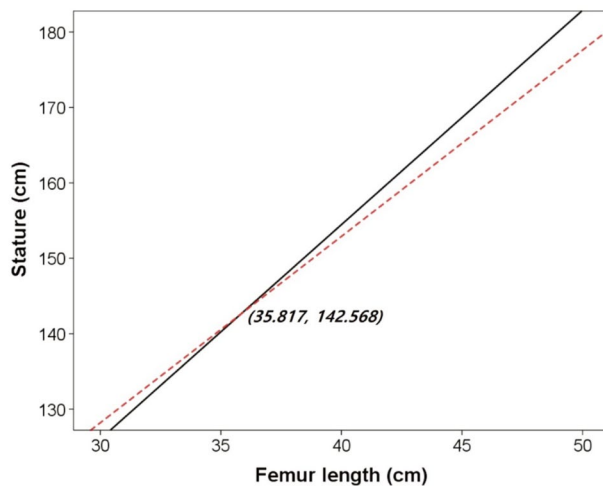


Fig. 1. Relationship between the left femur equation of Lee et al [46] [solid line] and White female femur equation of Trotter [8] [dashed line]. Notice that the slope of the former is steeper than the latter. Two lines intersect at the point (35.817, 142.568).

라고 발표했는데 이는 Trotter와 Gleser [9]의 연구에 사용된 백인 여성의 정강뼈 지수(79.8)보다 높은 수치다. 다시 말해 한국 여성은 Trotter [8]의 샘플에 비해 상대적으로 긴 하체를 갖고 있다고 해석할 수 있다.

최근 Lee 등[46]은 현대 한국 여성의 신체 비율을 Trotter [8]의 백인 여성 샘플과 간접적으로 비교할 수 있는 자료를 제시했다. 이 연구에 따르면 한국 여성의 넙다리뼈의 평균 길이(왼쪽 평균 40.935 cm, 오른쪽 평균 40.853 cm)와 평균 키(대략 157.1 cm) 모두 Trotter [8]가 사용한 테리 컬렉션의 여성 샘플(시신의 평균키=160.068 cm; 넙다리뼈 평균 길이=42.959 cm)에 비해 작았다[9,46]. Fig. 1은 Lee 등[46]이 제시한 왼쪽 넙다리뼈 공식과 Trotter [10]의 넙다리뼈 공식의 관계를 X-Y 좌표상에 보여주고 있다. Lee 등[46]에 비해 Trotter [8]의 공식은 기울기가 작으며 두 직선은 좌표(35.817, 142.568)에서 접점을 이룬다(Fig. 1). 따라서 넙다리뼈의 길이가 35.817 cm보다 큰 경우라면 Trotter [8] 공식은 Lee 등[46]에 비해 키를 작게 추정하게 되며, 만약 넙다리뼈의 길이가 그보다 짧다면 반대의 결과를 얻게 된다.

Lee 등[46]에 따르면 현대 한국 여성의 왼쪽 넙다리뼈의 평균 길이는 40.935 cm (표준편차=2.3268 cm)인데 이는 접점의 X 좌표인 35.817 cm보다 ‘2×표준편차’ 이상 큰 수치다. 즉, 한국 여성의 넙다리뼈는 대부분 35.817 cm보다 크기 때문에 Trotter [8]의 공식은 Lee 등[46]의 공식보다 키를 작게 추정한다는 결론을 내릴 수 있다. 또 유의할 점은 두 공식에 의해 계산된 추정치의 차이는 넙다리뼈의 길이가 길수록 커지게 된다는 사실이다. Table 2는 넙다리뼈 길이에 따라 - 즉, 한국 여성의 왼쪽 넙다리뼈 평균치를 중심으로 이보다 ‘1×표준편차’ 및 ‘2×표준편차’가 크거나 작은 경우 - 두 방법들에 의한 추정치가 어느 정도 차이가 나는지 보여주고 있다. 이에 따르면, 왼쪽 넙다리뼈의 길이가 한국 여성의 평균(40.935 cm)인 경우 Trotter [46]의 추정치는 Lee 등[46]보다 1.903 cm 작은 정도지만 평균

Table 2. Stature estimates left femur equation and white female femur equation, followed by the differences between the estimates. Five different lengths of the hypothetical left femora were used.

	Left femur length				
	Mean - 2SD (= 36.281 cm)	Mean - 1SD (= 38.608 cm)	Mean* (= 40.935 cm)	Mean + 1SD† (= 43.262 cm)	Mean + 2SD (= 45.589 cm)
Lee et al. (2017)	143.887 cm	150.501 cm	157.112 cm	163.726 cm	170.340 cm
Trotter (1970)	143.714 cm	149.462 cm	155.209 cm	160.957 cm	166.705 cm
Difference‡	0.173 cm	1.039 cm	1.903 cm	2.769 cm	3.635 cm

*Mean of the maximum left femoral lengths of Korean females in Lee et al. [46]

†Standard deviation of the maximum left femoral lengths of Korean females (= 2.3268 cm) in Lee et al. [46]

‡Calculated by ‘estimates by Lee et al. [46] – estimates by Trotter [8]’

보다 '1×표준편차'만큼 큰 넓다리뼈(43.262 cm)나, '2×표준편차' 큰 넓다리뼈(45.589 cm)를 이용하는 경우엔 그 차이가 각각 2.769 cm, 3.635 cm로 벌어지게 된다(Table 2). 이는 Lee 등[46]이 제시한 현대 한국인 여성의 평균 키(157.1 cm)를 감안했을 때 각각 1.21%, 1.76%, 2.31%에 해당하는 수치다. 결론적으로 Trotter[8]의 백인 여성 공식을 현대 한국 여성에 적용하는 경우 실제로 키를 작게 추정할 수 있으며, 오차의 정도는 사용된 뼈의 길이에 따라 달라질 수 있다.

사람의 키는 당사자가 갖고 있는 고유한 생물학적 특징이기 때문에 어떤 사람의 신원을 특정하고자 할 때 유용한 단서로 활용할 수 있다. 이러한 이유로 범죄 사건이나 재난 상황이 발생한 경우 신원 불상 피해자의 신원을 확인하기 위해 표준화된 절차에 따라 키를 추정한다. 하지만 키를 추정하는 절차나 방법이 올바르게 맞다면 추정된 키의 정확도는 낮을 수밖에 없다. 이런 맥락에서 본 연구에서는 국내에서 발견된 백골 변사자에 대한 법의인류학적 감정 내용 가운데 키 추정을 위해 사용되는 방법의 적정성을 검토하고 키 추정치의 정확도를 높일 수 있는 방법들을 살펴봤다. 보다 정확한 키 추정을 위해선 해부학적 방법을 사용하는 게 바람직하다. 하지만 해부학적 방법을 사용하기 힘든 경우라면 한국인 자료를 통해 개발되고 검증된 수학적 방법을 사용하는 게 타당하다[35]. 한국인의 뼈대에 드러나는 체질적 특징은 다른 인구 집단과 동일하지 않기 때문이다. 이런 점에서 최근 10여 년 간 한국인 자료를 이용해 키를 추정하는 여러 공식들이 개발되었다는 사실은 매우 고무적인 일이다(Table 1). 이 가운데 추정 오차를 최소화할 수 있는 공식을 선택하고, 변사자의 연령에 따른 키 감소 현상이나 사후의 키 증가 현상 등을 감안한다면 지금보다 정확한 키 추정치를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 나아가 이렇게 추정된 키를 바탕으로 변사자의 신원 확인 가능성 역시 더 높아지리라 기대된다.

REFERENCES

1. Megyesi MS, Nawrocki SP, Haskell NH. Using accumulated degree-days to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *J Forensic Sci.* 2005; 50:618-26.
2. Ubelaker DH. A history of forensic anthropology. *Am J Phys Anthropol.* 2018; 165:915-23.
3. National Forensic Service [Internet]; c2018 [cited 2018 Nov 30]. Available from: <http://www.nfs.go.kr/site/nfs/main.do>.
4. Kim JH. Some arguments of the decision of admissibility over the scientific. *Ilkam law review.* 2017; 37:275-308. Korean.
5. Kim DI, Lee SS, Kim YS. Statistical analysis of bone elements excavated from the forensic context. *Korean J Phys Anthropol.* 2010; 23:1-8. Korean.
6. Jeong GR. Understanding the current state of human identification in Korea based on the records of forensic anthropology and forensic odontology analyses. Graduate school of the Catholic university; 2017. Master of Science dissertation. Korean.
7. Yang KM, Lee S, Lee HY. Autopsy report (2014-H-10839). National Forensic Service. 2014. Korean.
8. Trotter M. Estimation of stature from intact long limb bones. In: Stewart TD, editor. *Personal identification in mass disasters.* National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC; 1970. p. 71-83.
9. Trotter M, Gleser G. Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol.* 1952; 10:463-514.
10. Trotter M, Gleser G. A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am J Phys Anthropol.* 1958; 16:79-123.
11. Lee SS. Forensic odontology report (2014-H-10839). National Forensic Service. 2014. Korean.
12. Maijanen H. Stature estimation from skeletal elements: general problems and small solutions. University of Oulu, Finland; 2011. Doctoral dissertation.
13. Scientific Working Group for Forensic Anthropology (SWGANTH). Stature estimation (revision 1) [Internet]. SWGANTH; c2012 [cited 2018 Nov 30]. Available from: <http://www.swganth.org>.
14. Jantz RL, Hunt DR, Meadows L. The measure and mis-measure of the tibia - implications for stature estimation. *J Forensic Sci.* 1995; 40:758-61.
15. Jeong Y, Jantz LM. Caveats in using Trotter and Gleser's (1958) Asian equations for stature estimation. *Korean J Phys Anthropol.* 2016; 29:81-91.
16. Giles E, Klepinger LL. Confidence intervals for estimates based on linear regression in forensic anthropology. *J Forensic Sci.* 1988; 33:1218-22.
17. Wilson RJ, Hermann NP, Jantz LM. Evaluation of stature estimation from the database for forensic anthropology. *J Forensic Sci.* 2010; 55:684-9.
18. Friedlaender JS, Costa Jr PT, Bosse R, Ellis E, Rhoads JG, Stoudt HW. Longitudinal physique changes among healthy White veterans at Boston. *Hum Biol.* 1977; 49:541-58.
19. Niskanen M, Maijanen H, McCarthy D, Junno JA. Application of the anatomical method to estimate the maximum

- adult stature and the age-at-death stature. *Am J Phys Anthropol.* 2013; 152:96-106.
20. Trotter M, Gleser G. The effect of ageing on stature. *J Phys Anthropol.* 1951; 9:311-24.
 21. Hertzog KP, Garn SM, Hempy III HO. Partitioning the effects of secular trend and ageing on adult stature. *Am J Phys Anthropol.* 1969; 31:111-5.
 22. Galloway A. Estimating actual height in the older individual. *J Forensic Sci.* 1988; 33:126-36.
 23. Borkan GA, Hults DE, Glynn RJ. Role of longitudinal change and secular trend in age differences in male body dimensions. *Hum Biol.* 1983; 55:629-41.
 24. Cline MG, Meredith KE, Boyer JT, Burrows B. Decline of height with age in adults in a general population sample: estimating maximum height and distinguishing birth cohort effects from actual loss of stature with aging. *Hum Biol.* 1989; 61: 415-25.
 25. Giles E. Corrections for age in estimating older adults' stature from long bones. *J Forensic Sci.* 1991; 36:898-901.
 26. Ruff C, Holt BM, Niskanen M, Sladek V, Berner M, Garofalo E, et al. Stature and body mass estimation from skeletal remains in the European Holocene. *Am J Phys Anthropol.* 2012; 148:601-17.
 27. Pablos A, Gomez-Olivencia A, Garcia-Perez A, Martinez I, Lorenzo C, Arsuaga JL. From toe to head: use of robust regression methods in stature estimation based on foot remains. *Forensic Sci Int.* 2013; 226:299-e1.
 28. Sciulli PW, Schneider KN, Mahaney MC. Stature estimation in prehistoric Native-Americans of Ohio. *Am J Phys Anthropol.* 1990; 83:275-80.
 29. Stewart TD, Kerley ER. *Essentials of forensic anthropology: especially as developed in the United States.* Springfield, Illinois: Charles C. Thomas; 1979.
 30. Lundy JK. The mathematical versus anatomical methods of stature estimation from long bones. *Am J Forensic Med Pathol.* 1985; 6:73-6.
 31. Pearson K. Mathematical contributions to the theory of evolution. V. on the reconstruction of the stature of prehistoric races. *Philos Trans R Soc Lond A.* 1899; 192:169-244.
 32. Fully G. Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Annales de Médecine Légale, Criminologie, Police Scientifique et Toxicologie.* 1956; 36:266-73. French.
 33. Raxter MH, Auerbach BM, Ruff C. Revision of the fully technique for estimating statures. *Am J Phys Anthropol.* 2006; 130:374-84.
 34. Raxter MH, Ruff C, Auerbach BM. Technical note: revised fully stature estimation technique. *Am J Phys Anthropol.* 2007; 133:817-8.
 35. Jeong Y, Jantz LM. Developing Korean-specific equations of stature estimation. *Forensic Sci Int.* 2016; 260:105.e1-105.e11.
 36. Pomeroy E, Stock JT. Estimation of stature and body mass from the skeleton among coastal and mid-altitude Andean populations. *Am J Phys Anthropol.* 2012; 147:264-79.
 37. Raxter MH, Ruff C, Azab A, Erfan M, Soliman M, El-Sawaf A. Stature estimation in ancient Egyptians: a new technique based on anatomical reconstruction of stature. *Am J Phys Anthropol.* 2008; 136:147-55.
 38. Auerbach BM, Ruff C. Stature estimation formulae for indigenous North American populations. *Am J Phys Anthropol.* 2010; 141:190-207.
 39. Dayal MR, Steyn M, Kuykendall KL. Stature estimation from bones of South African Whites. *South African J Sci.* 2008; 104:124-8.
 40. Auerbach BM. Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the revised fully technique for estimating stature. *Am J Phys Anthropol.* 2011; 145:67-80.
 41. Bidmos MA, Manger PR. New soft tissue correction factors for stature estimation: results from magnetic resonance imaging. *Forensic Sci Int.* 2012; 214:212.e1-212.e7.
 42. Ruff C, Raxter MH, Auerbach BM. New soft tissue correction factors for stature estimation: results from magnetic resonance imaging. *Forensic Sci Int.* 214:212.e1-212.e7.
 43. Trotter M, Gleser G. Trends in stature of American Whites and Negroes born between 1840 and 1924. *Am J Phys Anthropol.* 1951; 9:427-40.
 44. Kim KW, Kim SL, Ko HS, Oh WJ, Kim DH, Kim DY, et al. A study for the correlation between the body height and the maximum femoral length in the normal adult Korean. *The Journal of the Korean orthopaedic association.* 1986; 21:197-201. Korean.
 45. Lee JH, Kim YS, Lee UY, Park DK, Jeong YK, Lee NS, et al. Stature estimation from partial measurements and maximum length of lower limb bones in Koreans. *Australian J Forensic Sci.* 2014; 46:330-8.
 46. Lee S, Gong HH, Hyun JY, Koo HN, Lee HY, Chung NE, et al. Estimation of stature from femur length measured using computed tomography after the analysis of three-dimensional characteristics of femur bone in Korean cadavers. *Int J Legal Med.* 2017; 131:1355-62.
 47. Terry RJ. On measuring and photographing the cadaver. *Am J Phys Anthropol.* 1940; 26:433-47.
 48. Manouvrier L. Détermination de la taille d'après les grands os des membres. *Revue mensuelle de l'École d'anthropologie de Paris.* 1892; 2:227-33. French.
 49. Cardoso HF, Marinho L, Albanese J. The relationship between cadaver, living and forensic stature: a review of current knowledge and a test using a sample of adult Portu-

- guese males. *Forensic Sci Int*. 2016; 258:55-63.
50. Ruff C. Morphological adaptation to climate in modern and fossil hominids. *Am J Phys Anthropol*. 1994; 37 Suppl 19:S65-107.
51. Ruff C. Body size prediction from juvenile skeletal remains. *Am J Phys Anthropol*. 2007; 133:698-716.
52. Holliday TW. Brachial and crural indices of European Late Upper Paleolithic and Mesolithic humans. *J Hum Evol*. 1999; 36:549-66.

Analytical Review of the Forensic Anthropological Techniques for Stature Estimation in Korea

Yangseung Jeong¹, Eun Jin Woo²

¹*Department of Biology, College of Basic and Applied Sciences, Middle Tennessee State University*

²*Department of History, College of Liberal Art, Sejong University*

Abstract : Stature is one of the unique biological properties of a person, which can be used for identification of the individual. In this regard, statures are estimated for the unknown victims from crimes and disasters. However, the accuracy of estimates may be compromised by inappropriate methodologies and/or practices of stature estimation. Discussed in this study are the methodological issues related to the current practices of forensic anthropological stature estimation in Korea, followed by suggestions to enhance the accuracy of the stature estimates. Summaries of forensic anthropological examinations for 560 skeletal remains, which were conducted at the National Forensic Service (NFS), were reviewed. Mr. Yoo Byung-eun's case is utilized as an example of the NFS's practices. To estimate Mr. Yoo's stature, Trotter's (1970) femur equation was applied even though the fibula equation of a lower standard error was available. In his case report, the standard error associated with the equation (± 3.8 cm) was interpreted as an 'error range', which gave a hasty impression that the prediction interval is that narrow. Also, stature shrinkage by aging was not considered, so the estimated stature in Mr. Yoo's case report should be regarded as his maximum living stature, rather than his stature-at-death. Lastly, applying Trotter's (1970) White female equations to Korean female remains is likely to underestimate their statures. The anatomical method will enhance the accuracy of stature estimates. However, in cases that the anatomical method is not feasible, the mathematical method based on Korean samples should be considered. Since 1980's, effort has been made to generate stature estimation equations using Korean samples. Applying the equations based on Korean samples to Korean skeletal remains will enhance the accuracy of the stature estimates, which will eventually increase the likelihood of successful identification of the unknowns.

Keywords : Forensic anthropology, Stature estimation, Korea, National Forensic Service, Yoo Byong-eun

