

한국인의 턱끝융기(Mental eminence) 표면적을 이용한 성별판별 방법 제안

심윤택¹, 정예훤¹, 현진영¹

¹국립과학수사연구원 서울과학수사연구소 법의학과

Proposal of a Sex Estimation Method Using the Surface Area of the Mental Eminence in Koreans

Yun taek Shim¹, Ye Hwon Jeong¹, Jin young Hyun¹

¹*Division of Forensic Medicine, National Forensic Service Seoul Institute*

Abstract : In forensic anthropology, sex estimation commonly relies on Walker's morphological scoring system, which assesses five cranial traits: the mastoid process, glabella, supraorbital ridge, nuchal crest, and mental eminence. Among these, the mental eminence is a critical feature, but its complex, irregular three-dimensional structure—prone to population-specific variation—makes it difficult to analyze using traditional metric techniques. This study aimed to evaluate the effectiveness of a metric approach by measuring the surface area of the mental eminence on 3D reconstructed CT images of Korean mandibles. It also compared the results with a previously established non-metric method developed for non-Korean populations. A total of 645 CT scans of adult Korean mandibles (355 males, 290 females), all from individuals over age 20 without fractures or deformities, were analyzed. Of these, 100 were randomly selected for non-metric analysis, and the remaining 545 were used for metric evaluation. For the non-metric method, the final sex estimation results showed a sex-matching rate of 41%, with 49% classified as indeterminate and 10% misclassified. Specifically, the sex-matching rate was 43% for males and 39% for females. In contrast, the metric method demonstrated that the surface area of the mental eminence was significantly larger in males than in females. The sex-matching rate for the metric method was 71% (66.7% for males and 75.5% for females). Consequently, the application of the metric method based on the mental eminence surface area improved sex estimation accuracy by 30% compared to the non-metric method. The proposed metric method for sex estimation is more suitable for Korean skulls than for those of non-Korean populations and demonstrates greater accuracy and reliability compared to the non-metric method. The findings of this study suggest a novel approach to sex estimation using a metric method that had previously been underutilized due to the structural complexity of the

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.
저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

Received: April 1, 2025; **Revised:** April 25, 2025;

Accepted: May 7, 2025

Correspondence to: 심윤택 (국립과학수사연구원 서울과학수사연구소 법의학과)

E-mail: rino333@korea.kr

mental eminence. This measurement technique is expected to enhance the accuracy of sex estimation based on the mental eminence, particularly in the Korean population, where sexual dimorphism is less pronounced compared to foreign populations.

Keywords : CT images, Metric method, Mental eminence, Sex estimation, Skull

서론

성별판별은 생물학적 프로파일(biological profile) 구축에 필수적이고 기본적인 단계이며, 이는 연령, 혈통(ancestry), 신장(stature)과 같은 다른 변수를 추정하는 데 중요한 역할을 한다[1]. 골편이 온전한 경우, 골반과 머리뼈는 성별판별의 높은 정확도를 나타낸다[2]. 머리뼈는 여러 뼈대 구조물 중에서, 환경적 요인으로 인한 변화가 가장 적은 구조물로, 유전적 요인과 성적이형성으로 인한 형태적 변화 양상을 살펴볼 수 있다[2,3] 일반적으로 남성의 머리뼈가 여성보다 더 크고 근육부착이 더 강한 경향이 있지만, 다양한 인구집단에서 차이가 존재하며, 지리적으로 제한된 지역 및 역사적 기간 내에서도 성적이형의 패턴은 때로는 크게 다를 수 있다[3,4]. 머리뼈 역시 부분적 또는 전체적으로 파손된 상태로 발견되는 경우가 많아 성별판별의 정확도가 떨어지기 때문에[5], 각 인구집단별로 머리뼈의 성적이형성이 두드러지는 각 부위에 대한 성별판별 방법이 필요하다.

현재 법의인류학 연구자들이 공통적으로 사용하는 형태학적 머리뼈 성별판별 방법은 Buikstra와 Ubelaker의 책에서 Walker가 제안한 다섯 부위 표지점[목덜미능선(Nuchal crest), 꼭지돌기(Mastoid process), 눈확위모서리(Supraorbital ridge), 미간(Glabella), 턱끝용기(Mental eminence)]의 점수를 이용한 성별판별 방법이다[6]. 이 다섯 부위 표지점 중 아래턱뼈의 턱끝용기(Mental eminence)의 경우 성적이형성을 나타내고 구조적으로도 견고하여 온전한 상태로 발견되는 경우가 많으며, 백골화 과정에서 머리뼈와 분리되어 단일뼈로 발견되는 빈도가 높아 성별판별에 많이 사용되고 있다[7-9]. 턱끝용기의 비계측방식 성별판별 시 양쪽 엄지손가락으로 턱끝용기를 촉지하여 부드럽고 거의 튀어나와 있지 않으면 1점, 많이 튀어나와 있어 대부분의 아래턱뼈 전면 부분을 차지하면 5점을 부여한다[6]. 아래턱뼈는 불규칙한 곡선과 곡면이 포함된 입체적 구조가 존재하는 3차원 구조로 이루어져 있기 때문에, 시각적으로 명백히 다른 모양의 성적 차이를 정확하게 계측할 수 있는 측정법을 개발하여 계측방식으로 성별판별을 하기에 매우 어려운 실정이다[10]. 또한,

비계측방식 성별판별 방법은 고도의 숙련자가 필요하고, 계측방식에 비해 주관성이 크며, 실제 뼈를 이용하여 표지점을 육안으로 확인하거나 손이나 도구를 이용하여 측정하게 될 경우 추가적인 손상의 우려가 있다.

컴퓨터 단층촬영과 같은 새로운 영상기술이 도입되면서, 최근 고고학과 법의인류학 분야에서는 많은 사례에서 CT 영상을 이용한 연구문헌들이 발표되고 있으며, 기존 방법을 검증하고 생물학적 프로파일의 통계적 정확도를 향상시키기 위한 새로운 방법을 제시하고 있다[11,12]. 머리뼈 CT 영상을 3D 영상으로 재구성하면 측정하기 어려운 작은 구조물 또는 내부구조에 대한 측정을 가능하게 하여 더 높은 수준의 객관성을 제공하기 때문에[13], 최근 법의인류학, 법의학, 해부학, 고고학 등 많은 분야에서 CT 영상을 3차원 영상으로 재구성하여 비계측 및 계측방식의 연구에 사용되었다[12-14]. 그러나, 한국인 CT 자료를 대상으로 한 법의인류학 연구의 경우 초기단계[15]이며, 한국인 머리뼈 CT 영상의 턱끝용기를 대상으로 한 계측방식 성별판별에 대한 보고는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구는 한국인의 아래턱뼈 CT 영상을 3차원으로 재구성하여 턱끝용기의 측정범위를 설정하고, 부피를 계측하여 계측방식 성별판별 방정식을 도출하고, 이를 해외 인구집단 기준으로 개발된 비계측방식 성별판별과 비교하여 유효성을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 국립과학수사연구원에서 부검을 진행한 한국인 시신의 아래턱뼈 CT 영상 중 형태적 기형 이상 및 파손이 없는 20대 이상 성인 아래턱뼈 CT 영상 645건을 대상으로 진행하였다. 645건의 영상 중 무작위로 추출한 100건의 영상을 제외한 545건의 영상으로 계측방식 방정식을 도출하였다. 도출한 방정식의 유효성을 검증하기 위해 무작위로 추출했던 100건의 영상을 각각 비계측, 계측방식의 성별판별을 한 후 결과값을 비교하였다. 645건의 연구대상은 남성 355

건, 여성 290건이었으며, 평균 연령은 남성 49.1세, 여성 49세였다. 계측방식 방정식 도출에 활용한 545건의 아래턱뼈 영상은 남성 304건, 여성 241건이었으며 평균 연령은 남성 50.8세, 여성 50.5세였다. 비계측방식에 활용한 100건의 아래턱뼈 영상은 남성 51건, 여성 49건이었으며 평균 연령은 남성 38.9세, 여성 39.2세였다(Table 1).

연구에 사용된 시신의 성별 및 개인정보는 감정인에게 비공개되었으며, 본 연구는 국립수사연구원 생명윤리위원회에

서 승인(2021-05-HR)되었고, 사전동의(informed consent)는 면제대상으로 인정되어 요구되지 않았다.

645건의 CT 영상은 Jeong 등[14]의 방법에 따라 동일하게 촬영하였으며, PMCT 검사로 얻어진 DICOM 파일은 MIMICS 24.0 (Materialise's Interactive Medical Image Control System, Materialise NV, Leuven, Belgium) 프로그램을 이용하여 226~3071 HU (Hounsfield Units) 범위의 역치값으로 아래턱뼈를 포함한 머리뼈의 Image를 추출하고, CAD (Computer Aided Design)로 변환하였다. 3-matic 16.0 (Materialise's Interactive Medical Image Control System, Materialise NV, Leuven, Belgium)에서 Frankfort horizontal plane을 x축면, frontal plane을 y축면, sagittal plane을 z축면으로 만들어 머리뼈의 해부학적 정렬을 맞췄다(Fig. 1).

본 연구는 계측방식을 활용한 성별판별 방정식의 유효성을 검증하기 위해 비계측방식 성별판별, 계측방식 성별판별의 방법을 모두 활용했다. 먼저 비계측방식 성별판별을 위해 변환된 머리뼈 3D 영상 중 100건을 무작위로 골라 Buikstra와 Ubelaker의 책[10]에 Walker가 제안한 비계측방식으로

Table 1. Descriptive statistics of individual's age

Sex	Non-metric method		Metric method	
	N	Mean \pm SD (years)	N	Mean \pm SD (years)
Male	51	38.92 \pm 13.07	304	50.82 \pm 14.67
Female	49	39.16 \pm 13.21	241	50.48 \pm 17.41
All	100	39.04 \pm 13.14	545	50.80 \pm 15.28

N, number of cases; SD, standard deviation

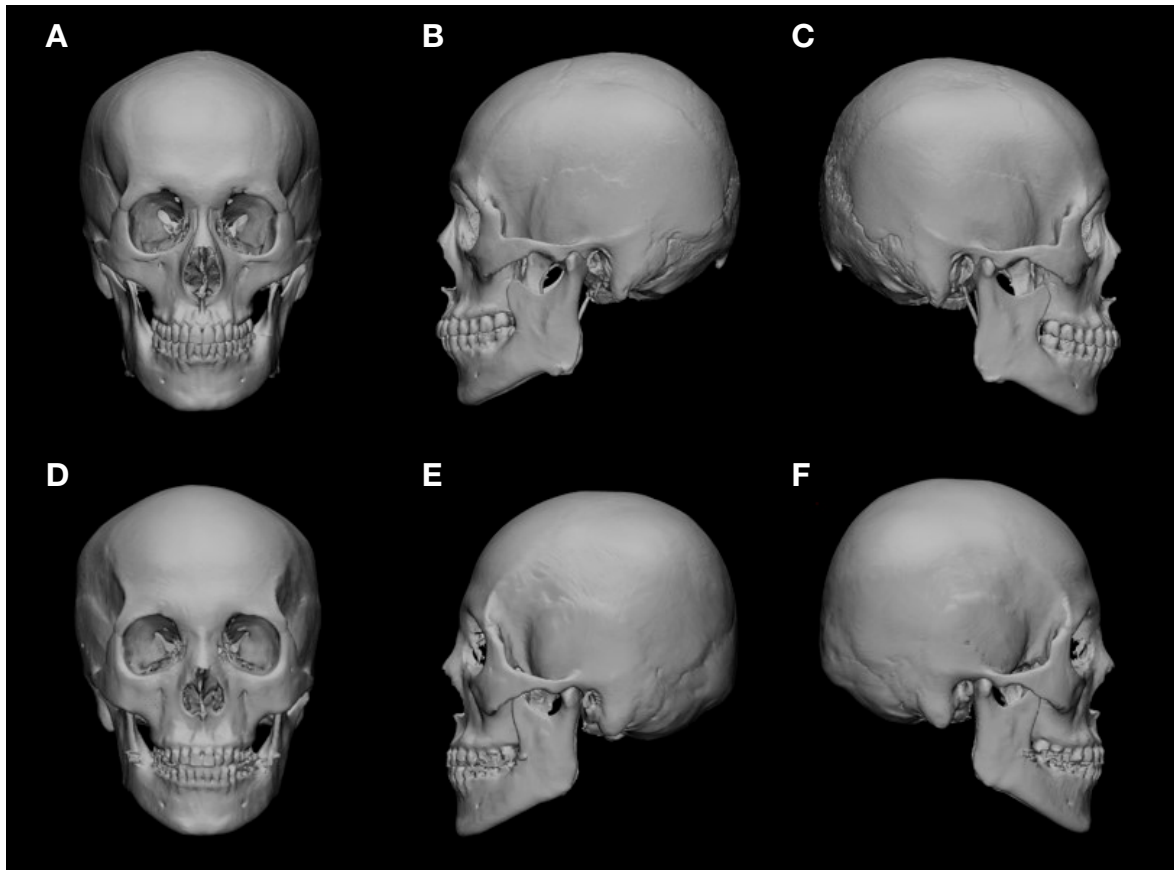


Fig. 1. Three-dimensional reconstruction model used for non-metric estimation. (A~C) Frontal, Left and right planes of a skull from a male individual. (D~F) Frontal, Left and right planes of a skull from a female individual.

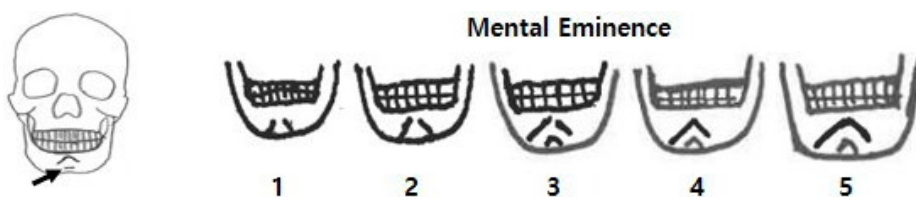


Fig. 2. Standard of the mental eminence for scoring traits of the skull (from Buikstra and Ubleker [13]).

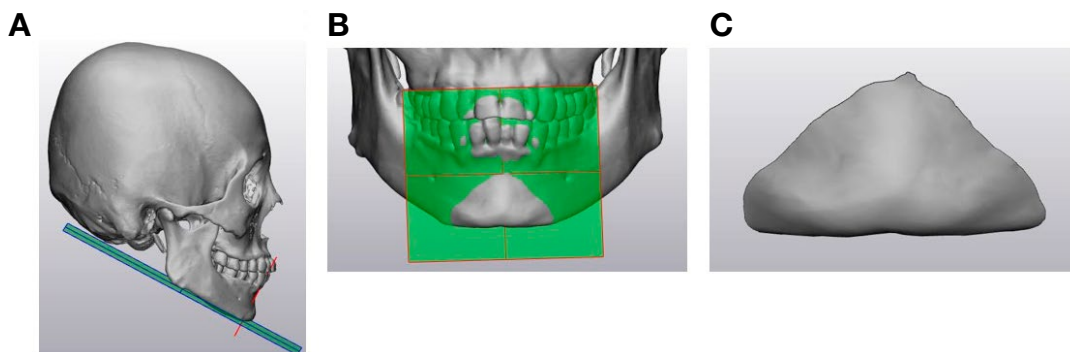


Fig. 3. The mental eminence surface measurement range (A~C).

Table 2. Paired t-test for measurement values by two measurers

	Mental eminence surface area (mm ²)		
	Male	Female	Total
Measurer 1 (N = 545)	993.92 ± 434.80	849.43 ± 225.57	930.03 ± 364.83
Measurer 2 (N = 545)	993.93 ± 434.80	849.43 ± 225.57	930.03 ± 364.84
P		>0.05	
Measurer 1 (N = 100)	932.58 ± 193.64	759.28 ± 152.11	847.66 ± 195.83
Measurer 2 (N = 100)	932.60 ± 193.73	759.17 ± 152.56	847.60 ± 196.07
P		>0.05	

N, number of cases

머리뼈 영상을 돌려 관찰하며 턱끝용기의 성별을 판별하였다. 성별판별은 3개월 간격으로 두 차례로 진행되었고 턱끝용기는 크기에 따라 1에서 5점으로 분류하였다. 3차원 영상을 이용하여 성별판별을 진행하였기 때문에, 영상을 좌·우로 돌려보며 육안으로 확인하여 턱끝용기가 부드러워 보이고 거의 튀어나와 있지 않으면 1점에 가까운 점수를 부여하고, 많이 튀어나와 있어 대부분의 아래턱뼈 전면 부분을 차지하면 5점에 가까운 점수를 부여하였다(Fig. 2). 1차 판별과 2차 판별이 모두 4~5점은 남성, 반대로 1~2점은 여성으로 판별하였고, 1차 판별과 2차 판별 중 3점이 있으면 성별모름(Unknown)으로 판별하였다. 또한, 1차 판별과 2차 판별의 성별이 불일치한 경우에도 성별모름으로 판별하였다.

계측방식의 경우, 비계측방식에 활용한 100건의 영상을 제외한 545건의 영상을 모두 3-matic 16.0 (Materialise’s Interactive Medical Image Control System, Materialise NV, Leuven, Belgium)을 이용해 턱끝용기의 측정범위를 설정하고, 설정범위의 표면적을 계측하였다. 턱끝용기의 표면적을 측정하기 위해, 좌·우측 아래턱뼈의 아랫면을 수평하게 일치시킨 뒤, Chin sulcus point (Chs)에서 아래쪽으로 수직으로 자른 면으로 기준으로 설정하여 계측하였다(Fig. 3). 계측값을 이용하여 성별판별 회귀방정식을 도출하였으며, 도출된 회귀방정식의 유효성을 검증하기 위해 비계측방식으로 성별판별을 시행했던 100건의 영상을 대상으로 두 명의 연구자 계측방식 성별판별을 시행하였다.

턱끝용기 표면적의 측정값은 컴퓨터프로그램인 SPSS (version 25, IBM, USA)을 사용하여 로지스틱 회귀분석을 시행하여 회귀방정식을 도출하였다. 대응표본 T 검증(Paired T-Test)으로 통계분석하여 각 계측자 간 계측값의 차이가 없음을 검증하였다(Table 2).

결 과

본 연구는 3D로 변환시킨 545건의 턱끝용기의 표면적을 계측한 후, 회귀방정식을 도출하였고(Table 3), 비계측방식으로 성별판별을 진행하였던 100건의 턱끝용기를 계측하여 도출된 회귀방정식의 유효성을 검증하였다.

비계측방식 1차 판별의 경우, 성별일치가 50건(50%), 성별모름이 32건(32%), 불일치가 18건(18%)이었으며, 성별로 나누어 보면, 여성은 49건 중 22건(45%)의 일치율을 보였고, 남성은 51건 중 28건(55%)의 일치율을 보였다. 2차 판별에서는 성별일치가 50건(50%), 성별모름이 36건(36%), 불일치가 14건(14%)이었으며, 성별로 나누어 보면, 여성은 49건 중 24건(49%)의 일치율을 보이고, 남성은 51건 중 26건(51%)의 일치율을 보였다. 1차와 2차를 통합한 최종 성별판별의 경우, 성별일치는 41건(41%), 성별모름은 49건(49%),

불일치는 10건(10%)이었으며, 남성은 51건 중 22건(43%), 여성은 49건 중 19건(39%)이 일치하였다(Table 4).

계측방식의 통계분석 결과, 실제성별과의 일치율이 71건(71%)이었다. 그중 남성의 일치율은 51건 중 34건(66.7%), 여성은 49건 중 37건(75.5%)이었다. 또한, 1차 비계측방식 성별판별에서 3점을 기록한 개체 32건 중 23건(71.9%)이 실제성별과 일치하였고, 2차 비계측방식 성별판별에서 3점을 기록한 개체 36건 중 26건(72.2%)이 실제성별과 일치하는 결과를 보였다. 1차와 2차 판별을 통합한 최종 성별판별건을 살펴보면 성별모름 49건 중 33건(67.3%)이 실제성별과 일치하였다(Table 5).

결과적으로, 계측방식의 성별일치율이 비계측방식의 성별판별보다 약 30건(30%)의 증가를 보였으며, 남성에서는 12건(12%), 여성에서는 18건(18%)의 일치율이 증가하는 결과를 나타냈다.

고 찰

일반적으로 남성 머리뼈는 표지점들이 크고, 도드라지는 특징을 가지고, 여성 머리뼈의 표지점들은 남성에 비해 부드러운 굴곡을 가지고, 작다는 특징이 있어서[16], 많은 연구자

Table 3. The regression equation of the eminence surface area

Discrimination equation	Sectioning point	Significance
M = EXP(-1.704 + 0.002 × Mental eminence surface) ODDS = M/(1 - M)	F < 0.5 ≤ M	0.000

M, Male; F, Female

Table 4. Distribution of characteristics according to the analysis cycle for each landmark using the non-metric method

Type	Mental eminence			
	Male		Female	
	E (n = 51)	RE (n = 51)	E (n = 49)	RE (n = 49)
1 point	0 (0%)	0 (0%)	6 (12.2%)	5 (10.2%)
2 points	8 (15.7%)	7 (13.7%)	16 (32.7%)	19 (38.8%)
3 points	15 (29.4%)	18 (35.3%)	17 (34.7%)	18 (36.7%)
4 points	22 (43.1%)	24 (47.1%)	10 (20.4%)	7 (14.3%)
5 points	6 (11.8%)	2 (3.9%)	0 (0%)	0 (0%)
χ^2	2.426		0.906	
df	4		3	
P	0.489		0.824	

Table 5. Sex estimation accuracy comparison between non-metric and metric methods

Sex	Non-metric method									Metric method	
	Primary estimation			Secondary estimation			Final estimation			Match	Mismatch
	Match	Mismatch	Unknown	Match	Mismatch	Unknown	Match	Mismatch	Unknown		
Male (N = 51)	28 (55%)	8 (15.6%)	15 (29.4%)	26 (51%)	7 (13.7%)	18 (35.3%)	22 (43.0%)	5 (10%)	24 (47.0%)	34 (66.7%)	17 (33.3%)
Female (N = 49)	22 (45%)	10 (20.4%)	17 (36.7%)	24 (49.0%)	7 (14.3%)	18 (36.7%)	19 (38.8%)	5 (10.2%)	25 (21%)	37 (75.5%)	12 (24.5%)
Sum (N = 100)	50 (50%)	18 (18%)	32 (32%)	50 (50%)	14 (14%)	36 (36%)	41 (41%)	10 (10%)	49 (49%)	71 (71%)	29 (29%)

들[17-19]은 이를 활용하여 각 표지점들의 특징을 비교해 각각 점수를 부여하는 방식으로 성별판별을 하였다. 턱끝용기는 머리뼈에서 성적이형성을 나타내는 대표적인 다섯 부위 중 하나이기는 하지만, 비계측방식 성별판별에서 턱끝용기의 성별일치율은 꼭지돌기(mastoid process)와 미간(glabella)에 비해 성별일치율이 높지 않은 경향을 보인다. Walker [6]은 미국과 영국의 현대 성인 머리뼈 304구를 대상으로 성별판별을 진행한 결과, 턱끝용기의 성별일치율은 76.6% (남성 75%, 여성 78.6%)로 꼭지돌기와 미간에 이어 세 번째로 낮은 성별일치율을 보고하였고, Jilala [20] 역시 탄자니아인의 머리뼈를 대상으로 비계측 성별판별을 진행하였을 때, 턱끝용기의 성별일치율은 81% (남성 80%, 여성 83%)로 꼭지돌기와 미간에 이어 세 번째라고 보고하였다. 또한, Ramsthaler 등[21]은 독일인의 머리뼈 CT 영상의 볼륨렌더링을 활용하여 턱끝용기의 형태학적 성별판별을 한 결과, 턱끝용기의 성별일치율은 55% (남성 62.9%, 여성 42.1%)로 나타났다고 보고하였다.

본 연구의 비계측방식 성별판별에서는 턱끝용기의 성별일치율이 1차 판별과 2차 판별에서 각각에서는 50%, 최종 성별판별에서는 41%로 다른 인구집단의 성별판별 일치율에 비해 낮게 나타났다. 인구집단에 따라 성장에 영향을 미치는 영양상태, 환경, 유전적 요인이 다르며, 이로 인해 성별판별에 활용되는 머리뼈 표지점의 크기, 형태, 위치(Position)가 다르게 나타나기 때문에 성별판별에 오차로 이어질 수 있다[22,23]. 일반적으로 서양권 사람들이 아시아권 사람들에 비해 머리뼈에서 남녀의 특징이 도드라지는 편이며, Kim 등 [24]은 한국인 머리뼈와 다른 인구집단의 머리뼈를 계측방식으로 비교하였을 경우, 한국인 남성은 유럽인 남성보다 머리가 작았고, 한국인 여성은 일본인, 인도인 여성보다 머리뼈가 크다고 하였으며, Hu 등[25]은 102개의 한국인 아래턱뼈의 턱끝을 이용하여 형태학적 분석을 하였을 때, 남성의 대

부분은 두툼한 나뉘형(bilobate) 형태나 네모(square) 형태가 대부분(91.7%)인 반면, 여성은 네모(square) 형태(53.6%)와 날카로운(pointed) 형태(46.4%)가 비슷하게 관찰되었다고 보고하였다.

한국인을 대상으로 비계측방식 성별판별을 할 경우, 3점으로 판별되는 개체가 성별판별에서 성별모름으로 판별되어 성별판별 오차의 많은 부분을 제공하는 변수이다. 본 연구에서도 1차 비계측판별에서 3점을 기록한 개체 32건(32%)이었고, 2차 비계측판별에서 3점을 기록한 개체 36건이었으며, 1차와 2차 판별을 통합한 최종성별판별에서는 49건(49%)이 성별모름으로 판별되었다. 이는 한국인의 머리뼈가 갖는 특성으로 인해 3점으로 판정된 비율이 높아 성별판별의 오차를 제공하는 변수로 작용하여 성별일치율이 다른 인구집단에 비해 매우 낮게 나타난 것으로 사료된다.

CT 데이터를 활용한 이전의 계측방식 연구 결과를 살펴보면, Garvin 등[26]은 Terry Collection (Smithsonian Institution National Museum of Natural History)의 119개의 아래턱뼈를 대상으로 턱끝용기의 표면적을 3차원 영상을 활용한 기하학적 계측방식으로 성별판별을 진행한 결과, 평균 74.8%의 일치율을 나타냈다고 보고하였으며, 흑인 남녀와 백인 남녀의 성별일치율을 비교해 봤을 때, 흑인 남성(81.8%), 백인 남성(76.7%), 백인 여성(73.1%), 흑인 여성(66.7%) 순으로 나타났다고 보고하였다. 또한 Tunis 등[27]은 다양한 인구집단이 섞인 이스라엘인들의 아래턱뼈의 CT 영상을 대상으로 각 부위의 길이, 폭, 너비, 볼륨 등을 측정하였을 때, 하악각 전방패임부 면적(antegonial notch area)에 이어 턱끝너비(chin width)가 두 번째로 성적이형성이 두드러졌다고 보고하였다. 또한, 턱끝높이(chin height), 턱끝너비(chin whidth), 하악결합부 높이(symthysis height)만을 포함하여 이항로지스틱 회귀분석을 시행하였을 경우, 79.1% (남성 80.3%, 여성 77.8%)의 높은 성별판별 정확도를 나타냈다

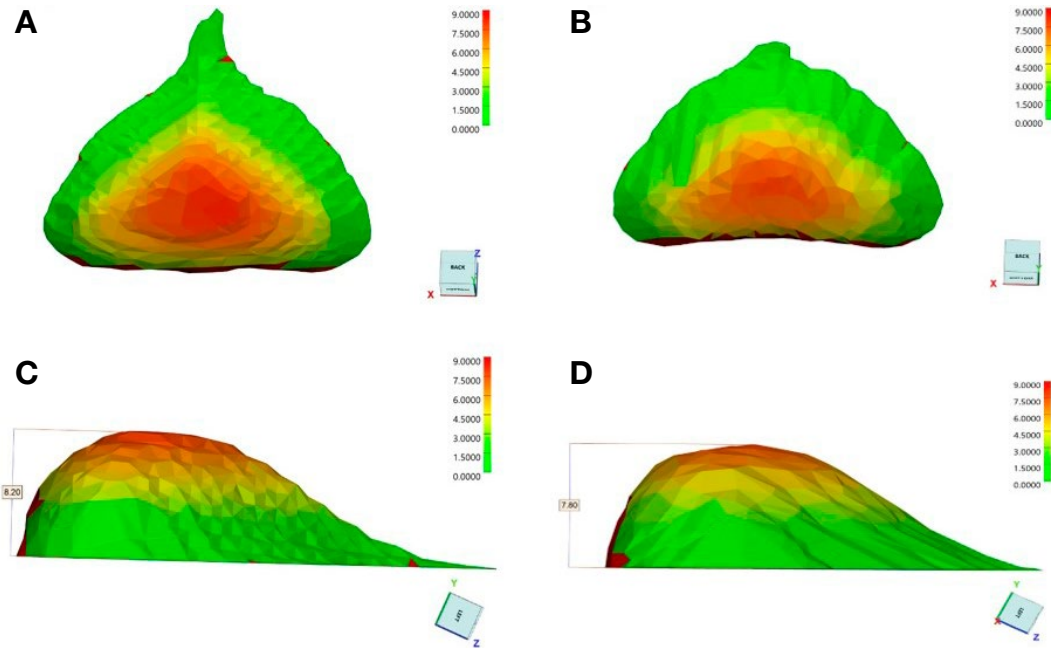


Fig. 4. Mental eminence Contour Differences Between Male and female. (A, C) Mental eminence Contours in Male. (B, D) Mental eminence Contours in Female.

고 보고하였으며, 이는 기존의 캘리퍼스 같은 2차원적 측정 도구로는 접근할 수 없었던 형태학적 특징을 측정할 수 있었기 때문이라고 하였다.

턱끝융기의 성별판별은 아래턱뼈에서 손으로 만져지는 부분인 턱끝융기의 튀어나온 정도와, 크기에 의해 성별판별이 이루어진다[6,10]. 이는 곧 제한된 측정범위 안에서 턱끝융기가 적게 튀어나오면(여성일 경우) 표면적이 작고, 크고 많이 튀어나와 있으면(남성일 경우) 표면적이 넓다는 것을 의미한다(Fig. 4). 이에 본 연구는 턱끝융기가 돌출된 돌기 및 울퉁불퉁한 표면이 존재하는 3차원 구조물임을 강조하여, 턱끝융기의 3D 영상을 이용하여 표면적을 계측하여 성별판별을 진행하였다.

본 연구의 계측방식 성별판별 연구 결과를 살펴보면, 71%의 성별일치율을 보였으며, 최종 비계측방식 성별판별에서 성별모름이었던 49건 중 33건(67.3%)이 성별일치로 판별되었고, 남성은 성별모름 24건 중 15건(63%)이 성별일치로 판별되었으며, 여성은 성별모름 25건 중 18건(72%)이 성별일치로 판별되었다. 그러나, 비계측방식에서 성별모름이었던 16건(16%)은 불일치(남성 7%, 여성 9%)로 판별되었고, 성별일치였던 11건(11%)이 성별불일치(남성 4%, 여성 7%)로 판별되었다.

계측방식 성별일치율이 비계측방식에 비해 71%로 높게 나올 수 있었던 이유는, 비록 한국인 남성이 다른 인구집단에

비해 상대적으로 머리가 작고, 한국인 여성은 다른 인구집단에 비해 상대적으로 머리가 크다는 인구집단의 특성 때문에 생긴 판정오류가 있었음에도 불구하고, 육안으로 구별하기 힘들어 오차변수로 작용했던 3점으로 인한 오류를 최소화시켜 성별모름 49건 중 33건(67.3%)이 성별일치로 바뀌었기 때문이라고 사료된다.

결과적으로, 본 연구에서는 머리뼈 3차원 영상의 턱끝융기 표면적을 이용하여 계측방식 성별판별을 진행한 결과 71%의 성별일치율을 이끌어냈다. 본 연구에서 상태가 온전하게 보존된 아래턱뼈만을 사용하였기 때문에, 온전하지 못한 아래턱뼈의 경우 턱끝융기의 측정범위를 제대로 설정할 수 없어 온전하지 못한 아래턱뼈의 성별판별에는 적합하지 않다는 연구의 한계점이 있지만, 본 연구 결과는 턱끝융기의 구조적 특성 때문에 계측이 어려워 사용되지 못했던 계측방식 성별판별의 새로운 방법을 제시했다고 생각되며, 이 측정방법은 해외 인구집단에 비해 남녀의 성적이형성이 적은 한국인에게 적용할 경우 턱끝융기에 대한 성별판별의 정확도를 향상시킬 것으로 사료된다. 차후 CT 영상을 이용하여 계측이 어려웠던 머리뼈의 성적 특성들을 보이는 부위에 대한 새로운 3차원적 계측방식을 제시하고 정량화하여 회귀방정식을 만들 필요가 있으며, 이는 머리뼈의 성별판별 감정의 정확도와 신뢰도를 높일 수 있고, 인간 유골을 식별하는 여러 분야에서 활용도가 높을 것이라 사료된다.

사 사

This work was supported by the National Forensic Service (NFS2023MED06), Ministry of Interior and Safety, Republic of Korea.

REFERENCES

1. Berg GE. Biological affinity and sex from the mandible utilizing multiple world populations. In: Berg GE, Ta'ala SC, editors. *Biological affinity in forensic identification of human skeletal remains: beyond black and white*. Boca Raton, FL: CRC Press; 2014. p. 43-81.
2. Saini V, Srivastava R, Rai RK, Shamal SN, Singh TB, Tripathi SK. An osteometric study of northern Indian populations for sexual dimorphism in craniofacial region. *J Forensic Sci*. 2011;56:700-5.
3. Ekizoglu O, Hocaoglu E, Inci E, Can IO, Solmaz D, Aksoy S, et al. Assessment of sex in a modern Turkish population using cranial anthropometric parameters. *Legal Med*. 2016; 21:45-52.
4. Cunha E, van Vark G. The construction of sex discriminant functions from a large collection of skulls of known sex. *Int J Anthropol*. 1991;6:53-66.
5. Peckmann TR, Orr K, Meek S, Manolis SK. Sex determination from the talus in a contemporary Greek population using discriminant function analysis. *J Forensic Leg Med*. 2015; 33:14-9.
6. Walker PL. Sexing skulls using discriminant function analysis of visually assessed traits. *Am J Phys Anthropol*. 2008;136: 39-50.
7. Giles E. Sex determination by discriminant function analysis of the mandible. *Am J Phys Anthropol*. 1964;22:129-35.
8. Waldron T. The relative survival of the human skeleton: implications for palaeopathology. In: Boddinton A, Garland AN, Jana-way RC, editors. *Death, decay and reconstruction: approaches to archaeology and forensic science*. Manchester University Press, Manchester. 1987;55-64.
9. Arnay-de-la-Rosa M, González-Reimers E, Fregel R, Velasco Vázquez J, Delgado-Darias T, González AM, et al. Canary Islands aborigine sex determination based on mandible parameters contrasted by amelogenin analysis. *J Archaeol Sci*. 2007;34:1515-22.
10. Buikstra JE, Ubelaker DH. Standards for data collection from human skeletal remains. research seminar series 44. Arkansas Archaeological Survey, Fayetteville, AR. 1994.
11. Garvin HM, Stock MK. The utility of advanced imaging in forensic anthropology. *Acad Forensic Pathol*. 2016;6:499-516.
12. Santarelli C, Argenti F, Uccheddu F, Alparone L, Carfagni M. Volumetric interpolation of tomographic sequences for accurate 3D reconstruction of anatomical parts. *Comput Methods Programs Biomed*. 2020;194:105525.
13. Simmons-Ehrhardt TL, Ehrhardt CJ, Monson KL. Evaluation of the suitability of cranial measurements obtained from surfacerendered CT scans of living people for estimating sex and ancestry. *J Forensic Radiol Imag*. 2019;19:100338.
14. Jeong YH, Koo HN, Kim YS, Lee B, Kim S, Shim YT. Using 3D images of Korean's mastoid process to estimate sex: a metric study. *Forensic Imaging*. 2022;31:200527.
15. Woo EJ, Jeong Y. Forensic Anthropological Studies using Korean CT Data: The Present and the Future. *Anat Biol Anthropol*. 2021;34:67-75.
16. Kim HJ, Kim KD, Choi JH, Hu KS, Oh HJ, Kang MK, et al. Differences in the Metric Dimensions of Craniofacial Structures with Aging in Korean Males and Females. *Korean J Phys Anthropol*. 1998;11:197-212.
17. Stevenson JC, MKahoney ER, Walker PL, Everson PM. Technical note: prediction of sex based on five skull traits using decision analysis (CHAID). *Am J Phys Anthropol*. 2009; 139:434-41.
18. Lewis CJ, Garvin HM. Reliability of the Walker Cranial Non-metric Method and Implications for Sex Estimation. *J Forensic Sci*. 2016;61:743-51.
19. Garvin HM, Sholts SB, Mosca LA. Sexual dimorphism in human cranial trait scores: effects of population, age, and body size. *Am J Phys Anthropol*. 2014;154:259-69.
20. Jilala W, Ng'walali P, Russa D, Bushozi P. Sexing contemporary Tanzanian skeletonized remains using skull morphology: a test of the walker sex assessment method. *Forensic Sci Int (Rep)*. 2021;3:100195.
21. Ramsthaler F, Kettner M, Gehl A, Verhoff MA. Digital forensic osteology: Morphological sexing of skeletal remains using volume-rendered cranial CT scans. *Forensic Sci Int*. 2010; 195:148-52.
22. Saini V, Srivastava R, Rai RK, Shamal SN, Singh TB, Tripathi SK. Sex estimation from the mastoid process among North Indians. *J Forensic Sci*. 2012;57:434-9.
23. Nidugala H, Avadhani R, Bhaskar B. Mastoid process - a tool for sex determination, an anatomical study in South Indian skulls. *Int J Biomed Res*. 2013;4:106.
24. Kim DI, Lee UY, Han SH. Sex Determination Using Three-dimensional Image of Skull in Korean: Metric Study by Discriminant Function Analysis. *Korean J Phys Anthropol*. 2015;28:103-8. Korean.
25. Hu K, Koh K, Park KK, Kang M, Chung I, Kim H. Non-metric Traits of Korean Mandibles. *Korean J Phys Anthropol*. 2000;13:161-72.

26. Garvin HM, Ruff CB. Sexual Dimorphism in Skeletal Brow-ridge and Chin Morphologies Determined Using a New Quantitative Method. *Am J Phys Anthropol.* 2012;147:661-70.
27. Tunis TS, Sarig R, Cohen H, Medlej B, Peled N, May H. Sex estimation using computed tomography of the mandible. *Int J Legal Med.* 2017;131:1691-700. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1554-1>.

간추림 : 현재 법의인류학 연구자들이 공통적으로 사용하는 형태학적 머리뼈 성별판별 방법은 Walker가 제안한 다섯 부위(꼭지돌기, 미간, 눈확위 모서리, 목덜미 능선, 턱끝융기)의 점수를 이용한 성별판별 방법이다. 턱끝융기(Mental eminence)는 성별 추정에 있어 핵심적인 해부학적 구조이지만, 인구집단에 따라 다양한 특성을 보이고, 돌출부와 불규칙한 표면을 포함한 복잡한 3차원 구조로 인해 기존의 계량적 분석 기법을 적용하기 어렵다. 본 연구는 한국인 하악골의 3차원 재구성 CT 영상을 이용하여 턱끝융기의 표면적을 측정함으로써 계량적 접근법의 효과를 평가하고, 비한국인 집단을 대상으로 개발된 기존의 비계량적 방법과 비교하고자 하였다. 본 연구의 연구대상은 총 645건의 한국인 성인 하악골 CT 영상(남성 355명, 여성 290명)을 분석하였으며, 모든 영상은 20세 이상이며 골절이나 형태적 이상이 없는 개체로부터 확보되었습니다. 이 중 100건은 무작위로 선택되어 비계량적 방법으로 분석되었고, 나머지 545건은 계량적 분석에 사용되었다. 비계측방식의 최종 성별판별의 경우, 성별일치는 41%, 성별모름은 49%, 불일치는 10%였으며, 남성은 43%, 여성은 39%가 일치하였다. 계측방식의 경우 남성의 턱끝융기 표면적이 여성보다 더 큰 것으로 나타났으며, 성별일치는 71% (남성 66.7%, 여성 75.5%)였다. 결과적으로, 턱끝융기 표면적을 이용한 계측방식 회귀방정식을 이용하여 성별판별을 할 경우 비계측방식에 비해 성별판별 정확도가 30% 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제안된 계측방식 성별판별은 비계측방식 성별판별보다 높은 정확성과 신뢰성을 보였기 때문에, 다른 인구집단보다 한국인 두개골에 보다 적합하다. 본 연구 결과는 턱끝융기의 구조적 특성 때문에 계측이 어려워 사용되지 못했던 계측방식 성별판별의 새로운 방법을 제시했다고 생각되며, 이 측정방법은 해외 인구집단에 비해 남녀의 성적이형성이 적은 한국인에게 적용할 경우 턱끝융기에 대한 성별판별의 정확도를 향상시킬 것으로 사료된다.

찾아보기 낱말 : CT 이미지, 계측방식, 턱끝융기, 성별판별, 머리뼈