

기하학적 형태계측학을 이용한 조선시대 사람뼈 집단의 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상 연구

정현우¹, 우은진², 박순영³

¹Department of Anthropology, University at Buffalo, SUNY, USA, ²연세대학교 치과대학 구강생물학교실 해부 및 발생생물학과, BK21플러스 통합구강생명과학사업단, ³서울대학교 사회과학대학 인류학과 생물인류학실험실

(2016년 8월 10일 접수, 2016년 9월 19일 수정접수, 2016년 12월 6일 게재승인)

간추림 : 이 연구에서는 기하학적 형태계측학을 이용하여 조선시대 사람뼈 집단의 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상을 분석하고자 하였다. 이를 위해 15세기에서 20세기 초반의 조선시대 고고학 유적에서 출토된 사람뼈 집단(성인 남성 38, 여성 38개체)이 이용되었다. 기하학적 형태계측학을 분석에 적용하기 위해 좌우 눈확에서 10개, 코에서 7개의 삼차원 좌표를 추출하였고 그 좌표들에서 형태 변이를 분석하였다. 통계적으로, 부분 최소 제곱 점수를 이용하여 다변량분산분석(MANOVA)을 실시하였다.

연구 결과, 눈확과 코의 좌우 비대칭은 정중면이 아니라 가쪽의 계측점들에 의해 발생하였다는 점을 확인할 수 있었다. 또한 눈확과 코 모두 오른쪽이 왼쪽보다 더 큰 비대칭의 형태를 띠었다. 하지만 눈확과 코의 좌우 비대칭 방향은 서로 다르게 나타났는데 눈확의 계측점들은 주로 오른쪽, 코의 계측점들은 주로 왼쪽으로 치우쳐 있었다. 이러한 눈확과 코의 좌우 비대칭의 양상과 정도는 서로 통계적으로 유의한 상관 관계를 보여 주었다($p < 0.01$). 기하학적 형태계측학을 이용한 이 연구의 결과는 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상을 분석함으로써 눈확과 코를 이용한 한국인 머리뼈 좌우 비대칭의 대한 연구를 보충하고 좌우 비대칭이 발생하는 원인을 파악하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

찾아보기 낱말 : 눈확, 코, 좌우 비대칭, 조선시대, 기하학적 형태계측학

서론

지금까지 눈확과 코뼈는 얼굴 전체의 형태적 특성을 파악하기 위한 연구에서 주로 분석되었으며 기후에 대한 적응과 음식물 섭취와 관련된 역학적 스트레스 정도를 반영하는 기관으로 해석되어 왔다[1-5]. 또 눈확과 코의 계측치는 얼굴의 편평도 지수를 산출하는 데 이용되는 부위

들로 이 지수를 이용하여 여러 지역의 집단들 간의 형태를 비교하기도 하였다[4,6-8]. 예로 한국인을 포함한 아시아와 시베리아 계통의 민족들은 다른 지역의 집단들에 비해 상대적으로 납작한 얼굴을 갖고 이러한 특징은 기후에 대한 적응이나 음식물 섭취에 의한 결과로 해석되었다[4,7,9,10]. 여기에서 코의 형태는 주로 기후에 대한 적응으로 설명되어왔다. 즉 춥고 건조한 지방에 사는 사람의 뼈코안(bony nasal cavity)은 앞에서 봤을 때 상대적으로 길고 좁은데 이러한 형태는 공기의 난류(turbulence) 작용을 증가시켜서 춥고 건조한 지역의 공기가 코 안에서 습해지는 데 도움을 주는 역할을 한다고 설명되었다[9,11]. 한편 현대 한국인 집단에 대한 연구에서 현대 한국인의 눈확은 대부분 중간형(mesoconch)이었으며[2] 코도 눈확과 마

*이 논문은 2015년도 융·복합 연구과제 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

교신저자 : 박순영(서울대학교 사회과학대학 인류학과)

전자우편 : suny@snu.ac.kr

찬가지로 중간형(mesorrhine)이 많은 것으로 나타났다[3]. 현대 한국인에게서 흔히 보이는 중간형의 눈확과 코는 현대 일본인, 중국인들과 비슷하기 때문에 동아시아 집단이 공유하는 형태적 특성을 잘 보여준다[2]. 또 현대 한국인의 코 형태는 고대 한반도 사람뼈 집단과도 비슷하기 때문에 시대적인 연속성도 확인된다[4].

눈확과 코의 형태적 특징 중 하나인 좌우 비대칭 역시 집단의 유전적 혹은 환경적 특징을 반영하는 지표로서 [12,13] 한국인 집단의 생물학적, 문화적 배경을 연구하는데 참고할만한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, Quinto-Sanchez 등[12]은 기하학적 형태계측학을 이용하여 현대 남미의 브라질, 칠레, 콜롬비아, 멕시코, 페루 사람들의 얼굴에서 나타나는 좌우 비대칭 양상을 분석하였다. 그 결과, 각 집단의 역사(이주사, 노예제 등)와 관련된 유전적 배경(genetic ancestry)에 따라서 얼굴의 좌우 비대칭 양상이 다르게 나타난다는 것을 확인하였다. 유전적으로 미국 원주민 집단(Amerindians)에 가까운 사람들은 정중면과 가쪽의 계측점들이 주로 오른쪽, 유럽인(European)과 아프리카인(African)에 가까운 사람들은 주로 왼쪽으로 치우친 경향이 있었다. 또 유전적으로 유럽인이나 아프리카인과 가까운 집단 내에서도 좌우 비대칭의 양상이 다르게 나타났다. 코의 좌우 비대칭 양상을 보면 아프리카인과 가까운 집단이 유럽인과 가까운 집단보다 더 심한 비대칭 양상을 보였다.

Bigoni 등[13]은 기하학적 형태계측학을 이용하여 유럽의 중세와 현대 집단을 비교했다. 그 결과, 시대에 따라서 얼굴머리뼈의 좌우 비대칭 정도가 다르게 나타난다는 사실을 확인하였다. 이 연구에서 분석된 현대 사람뼈 집단은 사회경제적으로 극빈층에 속하는 집단인 반면 중세 사람뼈 집단은 지위가 비교적 높은 상류층에 속하는 집단이다. 그럼에도 불구하고 얼굴머리뼈의 좌우 비대칭 정도는 지위가 낮은 현대인들보다 중세 집단이 더 심했다. 이러한 결과는 시대에 따라서 음식물을 가공 및 조리하는 방법이 달라 현대로 오면서 더 부드러운 질감의 음식물을 이전 시대에 비해 보다 많이 섭취했기 때문일 수 있다고 해석되었다. 따라서 조선시대 사람뼈 집단에서 나타나는 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상과 정도는 한국인의 유전적 배경과 조선시대 사람뼈 집단의 환경적 배경을 파악하는 데 참고할 만한 정보가 될 수 있다.

또한 눈확과 코의 좌우 비대칭은 심미적 측면에서도 중요한 의미가 있다. 진화심리학자들의 실험 연구에 따르면 눈확과 코의 좌우 비대칭은 개체의 매력(attractiveness) 정도와 관련이 있었기 때문이다[14,15]. 이와 관련된 연구로, Swaddle과 Cuthill[15]은 기존에 촬영된 사진들을 컴퓨터

프로그램을 이용하여 조작한 뒤 얼굴의 좌우 대칭을 완벽하게 만들거나 혹은 더 비대칭적으로 만든 후 실험 참가자들에게 사진들을 평가하여 매력 점수를 매기도록 하였다. 그 결과, 완벽한 좌우 대칭의 사진은 오히려 매력 정도가 낮았던 반면 약간의 좌우 비대칭을 가진 사진을 더 매력 정도가 높게 파악하는 경향이 확인되었다[15]. 즉 집단에서 보이는 눈확과 코의 좌우 비대칭 평균에 더 가까운 개체일수록 매력 정도가 더 높았다. 이러한 연구 결과는 심미적 차원에서 이루어지는 눈확과 코의 임상적 시술이 특정 집단에서 나타나는 좌우 비대칭 양상을 파악하고 그 평균에 가까운 범위 내에서 이루어질 필요가 있음을 시사한다. 앞서 살펴보았듯이 집단의 유전적 배경에 따라서 집단에서 나타나는 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상에 차이가 있을 수 있기 때문이다[12]. 따라서 한국인 집단에서 나타나는 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상을 파악하고 두 부위의 좌우 비대칭 양상이 서로 어떤 관련이 있는지에 대한 분석이 필요하다.

하지만 지금까지 한국인을 대상으로 눈확과 코의 좌우 비대칭의 양상과 두 부위에서 나타나는 좌우 비대칭의 관계를 분석한 사례는 거의 없었다[16]. 다만 현대 한국인의 눈확과 코의 계측치를 보고한 연구에서 눈확과 코의 형태가 좌우 비대칭이라고만 보고되었을 뿐이다[2,16]. 보고에 따르면, 눈확의 너비는 오른쪽이 왼쪽보다 통계적으로 유의하게 넓고 오른쪽 눈확이 왼쪽에 비해 납작한 형태이다[2,16]. 코 역시 코가시(nasal spine)에서 코모서리의 가장 가쪽 점(alare)까지의 계측치가 오른쪽이 왼쪽보다 더 길었지만 통계적으로 유의하지는 않았다[16]. 하지만 한국인 머리뼈에 대한 기존 연구들은 전통적 형태계측학을 이용하였기 때문에 머리뼈의 좌우 비대칭 양상을 면밀히 분석하고 그 이유를 추론하는 데 분명한 한계를 보인다[16]. 예를 들어, 가쪽 계측점들의 위치가 각각 상하 혹은 좌우로 치우쳐 있지만 정중점에서 가쪽 점들까지의 선형 거리(linear distance)는 같을 수 있다[17]. 이러한 경우에 동일한 선형 거리들을 바탕으로 하여 좌우 비대칭인 형태를 대칭으로 잘못 해석할 가능성이 있다.

이러한 한계를 극복하고자 이 연구에서는 기하학적 형태계측학을 이용하였으며 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상을 분석함으로써 정중면과 가쪽에 위치한 계측점들 중에서 어떤 계측점에 의해 좌우 비대칭이 발생하는지를 파악하고자 하였다. 특히 기하학적 형태계측학을 이용하여 눈확과 코의 좌우 비대칭을 좌표평면에 시각화함으로써 비대칭의 양상을 보다 용이하게 파악하고자 하였다. 이 연구의 결과는 눈확과 코를 이용한 한국인 머리뼈 좌우 비대칭의 대한 기존의 연구를 보충하고 좌우 비대칭이 발생하는 원인을

파악하는 데 얼마간의 정보를 제공할 것으로 기대한다.

재료 및 방법

1. 연구 재료

이 연구에서는 15세기에서 20세기 초반의 조선시대 고고학 유적에서 출토된 사람뼈 집단이 이용되었으며 이들은 서울대학교 인류학과에 소장되어 있는 서울시 은평유적 출토 사람뼈 집단, 충북대학교 중원문화연구소에 소장되어 있는 경기도 고양, 파주, 안성시 일대 고고학 유적들에서 출토된 사람뼈 집단으로 이루어졌다[18-21] (Fig. 1). 연구 재료는 모두 성인이며 남성 38개체와 여성 38개체로 구성된다. 연구에 이용된 집단의 성별, 연령별 분포는 Table 1과 같다.

2. 연구 방법

이 연구의 방법으로 채택한 기하학적 형태계측학은 계측점들의 좌표들을 좌표공간에서 쉽게 시각화하여 연구자



Fig. 1. Location of skeletal groups in this study. A: Goyang; B: Eunpyeong; C: Paju; D: Anseong.

Table 1. Sex and age distribution of the sample in this study

Age categories	Sex		Total
	Male	Female	
21-35 yrs	12	18	30
36-50 yrs	17	17	34
Older than 51 yrs	9	3	12
Total	38	38	76

들이 직관적으로 형태 변이를 파악할 수 있는 장점이 있다[22-24]. 또한 여러 계측점들로 이루어진 형태를 분석하므로 계측점들 사이의 모든 상관 관계를 통계적으로 검정할 수 있다는 이점도 있다[22-24]. 예를 들어, 전체 형태에 대한 어떤 요인의 효과를 검정하고 그 잔차(residual)를 구할 때 전통적 형태계측학에서는 계측치는 물론 계측치들의 상관 관계에서도 잔차를 따로 구해주어야 한다. 전체 머리뼈 형태는 여러 계측치들의 집합이고 그 계측치들의 상관 관계가 있기 때문이다. 하지만 기하학적 형태계측학을 이용하면 여러 계측점들로 이루어진 형태에서의 잔차를 한번의 통계 검정으로 계산할 수 있기 때문에 계측치들 사이의 모든 상관 관계를 연구자가 따로 분석하지 않아도 계측점들의 상관 관계가 형태 분석에서 함께 고려될 수 있다.

기하학적 형태계측학을 연구에 적용하기 위해 MicroScribe G2X (Immersion Corporation, USA)를 이용하여 좌우 눈확에서 10개, 코에서 7개의 삼차원 좌표를 추출하였다. 사용된 점들은 von Cramon-Taubadel (2011) [25]의 연구를 참고하였다(Fig. 2). 눈확의 높이를 측정하는 두 점은 광대뼈와 위턱뼈가 만나는 두 지점 중에서 위쪽 점(zygoorbitale)과 눈확의 가장 위쪽 점(supraconchion)으로 정의하였다. 눈확의 너비를 측정하는 두 점은 이마뼈, 위턱뼈, 눈물뼈가 만나는 점(dacryon)과 눈확의 가장 가쪽 점(ectoconchion)으로 정의하였다. 또한 이마뼈와 광대뼈가 만나는 두 지점 중 앞쪽에 있는 점(frontomolareorbitale)을 눈확 형태 측정에 추가로 사용하였다. 코에서는 코뼈, 이마뼈, 위턱뼈가 만나는 점(infranasion)과 코뿌리점(nasion)으로 코의 위쪽 형태를 측정하였다. 코의 아래쪽 형태는 뼈 콧구멍의 가장 가쪽 점(alare)과 가장 아래쪽 점(nariale)으로 측정하였다.

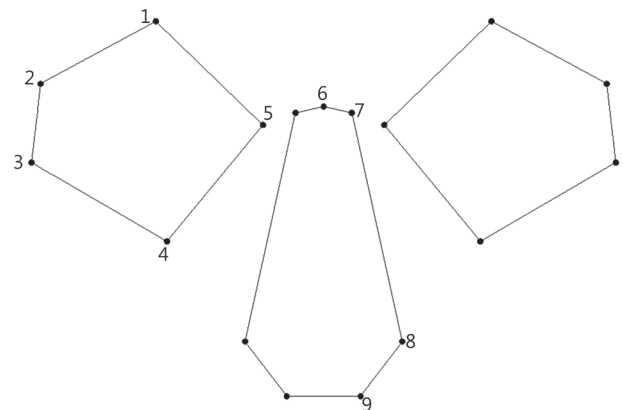


Fig. 2. Landmarks used in this study. 1: supraconchion; 2: frontomolareorbitale; 3: ectoconchion; 4: zygoorbitale; 5: dacryon; 6: nasion; 7: infranasion; 8: alare; 9: nariale.

통계적 분석을 위해 눈화와 코를 프로크루스테스 겹침(Procrustes superimposition) 기법으로 중첩한 뒤 도출된 프로크루스테스 좌표(Procrustes coordinate)들에서 부분 최소 제곱법(partial least square)을 실시하였다. 프로크루스테스 겹침은 개체의 위치(location), 크기(size), 회전(rotation) 정보를 모두 일치시킨 뒤 형태(shape) 정보만을 남기는 기법이다[24]. 먼저 개체들의 무게 중심(centroid)을 모두 동일하게 만들어 위치 정보를 일치시킨다. 다음으로 무게 중심 크기(centroid size)를 모두 1로 만들어 크기 정보를 일치시킨다. 마지막으로 동일한(homologous) 계측점들을 최소 제곱법으로 회전시켜 계측점들 사이의 거리를 계산한다. 회전이 완료된 뒤 도출되는 각 계측점들 사이의 거리의 합이 개체들 사이의 프로크루스테스 거리이다. 각 프로크루스테스 겹침을 각 점들 사이의 거리가 더 이상 줄어들지 않을 때까지 반복하는 것이 일반화된 프로크루스테스 분석(generalized Procrustes analysis)이며 이 과정이 완료된 후 각 개체들의 거리(Procrustes distance)는 그들의 형태 차이를 반영한다[24]. 기하학적 형태계측학을 이용한 좌우 비대칭 분석은 일반화된 프로크루스테스 분석이 완료된 뒤에 도출되는 좌우 비대칭 형태와 그 형태와 비교할 수 있는 완벽한 대칭 형태를 이용한다. 이 때 완벽한 대칭 형태는 좌우 비대칭 형태를 평균하여 좌우로 펼친 형태이다. 머리뼈는 데칼코마니처럼 중심선을 기준으로 좌우가 대칭인 형태(object symmetry)이기 때문이다. 부분 최소 제곱법은 주성분 분석(principal component analysis)처럼 변수들의 변이를 가장 잘 설명하는 새로운 축을 찾는 분석법이다[24]. 즉 부분 최소 제곱법을 이용하면 차원을 축소하여 자료를 가장 잘 설명하는 직교축들(orthogonal axes)을 도출할 수 있다. 하지만 부분 최소 제곱법은 두 행렬을 이용하고 주성분 분석은 하나의 행렬에서 직교축들을 찾는다는 점에서 차이가 있다. 또한 주성분분석으로는 축의 탐색만 가능하지만 부분 최소 제곱법을 이용하면 비모수적 방법으로 두 행렬의 상관관계와 직교축들의 통계적 유의성도 함께 검정할 수 있다. 이 연구에서는 눈화와 코의 비대칭 요소(asymmetry component)들에서 따로 행렬을 도출하였고 그 행렬들에서 부분 최소 제곱법을 실시하여 눈화와 코의 좌우 비대칭에 통계적으로 유의한 상관관계가 있는지를 분석하였다. 이 비대칭 요소들은 방향성 비대칭(directional asymmetry)을 반영했는데 방향성 비대칭은 집단 수준에서 나타나는 평균적 좌우 비대칭을 말한다[26]. 추가적으로, 성과 연령이 눈화 및 코의 좌우 비대칭 양상에 영향을 미치는지를 검정하기 위해 성과 연령을 독립변수, 부분 최소 제곱 점수(partial least square scores)를 종속변수로 설정하여 다변량분산분석(MANOVA)을

실시하였다. 이 연구에서 이용된 개체들의 수가 적기 때문에 상관 관계 분석과 다변량분산분석에서 1,000회 반복 재표본추출(resampling)을 실시하여 통계적 유의성을 비모수 검정하였고[27] 통계 검정 결과에서 p값이 0.05 이하일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다. 모든 통계적 검정은 Morpho J 1.05e[28]과 SPSS 18을 이용하였다.

결 과

성과 연령이 눈화와 코의 좌우 비대칭 양상에 미치는 영향을 비모수 검정한 결과, 성과 연령의 효과는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.32$). 새롭게 도출된 직교 축들 중에서 부분 최소 제곱 1은 총 분산의 약 절반인 48.97%를 설명했으며 이 직교 축의 설명력은 통계적으로 유의하였다($p<0.01$). 이 연구 결과에서의 좌우 비대칭은 수학적으로 계산된 좌우가 완벽한 대칭 형태일 때(Fig. 3에서 회색 선)에 비해서 눈화와 코 계측점들의 치우침(Fig. 3에서 검은색 선)이 어떻게 나타났는지를 의미한다. 부분 최소 제곱1로 설명된 눈화의 좌우 비대칭 양상을 살펴보면 오른쪽 눈화가 왼쪽보다 좌우 너비가 더 넓다(Fig. 3). 이러한 눈화의 너비 차이는 안쪽 점(dacryon)이 아닌 가쪽 점들(ectoconchion; frontomalareorbitale)의 이동에 의해 발생했다. 오른쪽 눈화의 가쪽 점(ectoconchion; frontomalareorbitale)들은 완벽한 좌우 대칭 형태(Fig. 3에서 회색 선)에 비해서 가쪽(lateral)과 위쪽(superior)으로 치우쳐 있었다. 반면 왼쪽 눈화의 가쪽 점(ectoconchion; frontomalareorbitale)들은 안쪽(medial)과 아래쪽(inferior)으로 치우쳐 있었다. 좌우 눈화의 안쪽 점(dacryon)은 각각 위쪽과

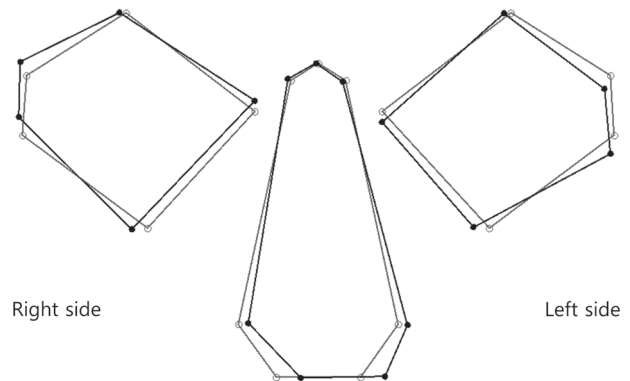


Fig. 3. Shape variations in orbit and nasal region according to partial least square (PLS) 1 scores. Black lines represent shape variations as PLS1 scores increases. Gray lines show perfect symmetry of shape in the specimens.

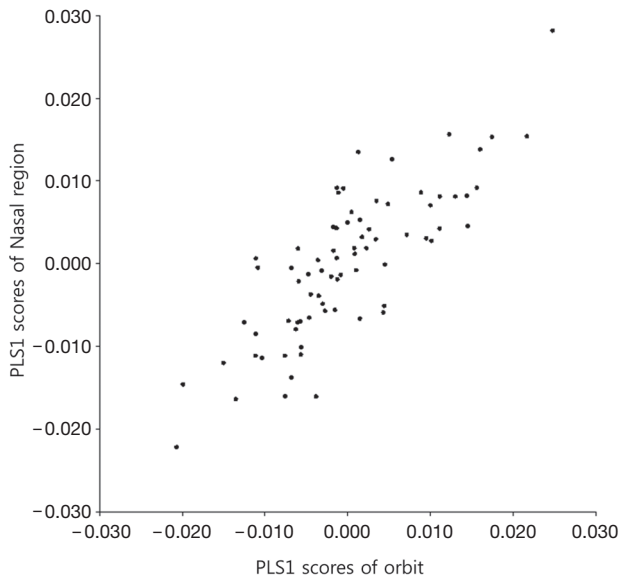


Fig. 4. Scatter plot of partial least square (PLS) 1 scores of orbit and nasal region.

아래쪽으로 치우쳐 있었고 눈확의 좌우 너비에 큰 영향을 주지 못했다. 오른쪽 눈확의 위아래 점들(supraconchion; zygoorbitale)은 가쪽, 왼쪽 눈확의 위아래 점들(supraconchion; zygoorbitale)은 안쪽으로 치우쳐 있었다. 또한 완벽한 좌우 대칭 형태와 비교할 때 눈확의 위아래 점들(supraconchion; zygoorbitale)은 위아래쪽 방향으로 치우치지 않았다.

코의 좌우 비대칭 양상을 보면 위쪽 점(nasion; infranasion)들은 완벽한 좌우 대칭 형태에 비해서 오른쪽으로 치우쳐 있었으나 아래쪽 점들에 비해 치우친 정도가 심하지 않았다. 코의 아래쪽 점(alare; nariale)들은 위쪽 점들(nasion; infranasion)에 비해 왼쪽으로 훨씬 많이 치우쳐 있었다. 코가시(nasal spine)에서 뼈콧구멍의 가장 가쪽 점(alare)까지의 길이는 오른쪽이 더 길어 보였다. 이러한 코의 좌우 비대칭은 뼈콧구멍의 가장 아래쪽 점(nariale)들이 뼈콧구멍의 가장 가쪽 점(alare)들보다 더 왼쪽에 위치하였기 때문에 발생한 것으로 파악된다(Fig. 3). 눈확과 코의 부분 최소 제곱1의 점수들이 갖는 상관계수는 0.82이었으며 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$). 두 부위에서 나타난 좌우의 비대칭 양상은 높은 직선적 상관관계를 보여 주었다(Fig. 4).

고 찰

이 연구에서 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상은 정증면이

아니라 가쪽의 계측점들에 의해 발생한다는 것을 확인하였다. 이 결과는 다른 집단을 대상으로 하는 기하학적 형태계측학의 분석 결과와도 유사하다[13]. 이 연구에서는 눈확 가쪽 점들(ectoconchion; frontomalareorbitale)의 치우침이 오른쪽 눈확을 더 납작하게 하고 왼쪽 눈확을 더 둥근 형태로 만든 주요한 요인이었다(Fig. 3). 또한 눈확의 가쪽 점들(ectoconchion; frontomalareorbitale)은 위아래 방향으로 치우쳐 있었는데 이 양상도 기존 연구에서는 파악되지 못했던 정보이다. 그런데 눈확과 코 모두 오른쪽이 왼쪽보다 더 큰 형태로 치우친 경향은 있었지만 눈확의 계측점들은 주로 오른쪽, 코의 계측점들은 주로 왼쪽으로 치우쳐 있어서 눈확과 코의 좌우 비대칭 방향은 서로 달랐다. 또 눈확과 코의 좌우 비대칭의 양상과 정도는 서로 통계적으로 유의한 상관 관계를 보였다($p < 0.01$). 상관 계수 역시 0.82로서 직선적 관계를 나타냈으며(Fig. 4) 이는 즉 눈확의 계측점들이 오른쪽으로 치우쳐 있을수록 코의 계측점들은 왼쪽으로 치우치는 현상을 설명한다.

기하학적 형태계측학으로 분석된 중세 유럽의 사람뼈 집단에서도 조선시대 사람뼈 집단에서 나타난 좌우 비대칭 양상과 유사하게 눈확과 코 모두 오른쪽이 왼쪽보다 더 큰 형태로 치우친 경향이 있었다[13]. 하지만 중세 유럽집단은 조선시대 집단과는 달리 오른쪽 눈확 높이가 더 높은 경향을 보였다. 현대 유럽의 사람뼈 집단에서는 조선시대와 중세 유럽의 사람뼈 집단들과 눈확의 좌우 비대칭 양상은 유사하게 나타났지만 코의 좌우 비대칭 양상에 약간의 차이가 있었다. 이 집단들에서 코의 위쪽 점들은 치우친 방향이 유사했는데 아래쪽 점들은 치우친 방향이 반대로 나타났다. 중세 유럽과 조선시대 사람뼈 집단에서 유사하게 나타난 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상은 두 집단이 경험한 역학적 스트레스 혹은 두 집단의 좌우 비대칭과 관련된 유전적 배경이 유사한 것과 관련되어 있을 수 있다[12,13].

기존의 현대 한국인 사람뼈 집단에 대한 연구에서 눈확의 너비는 오른쪽이 왼쪽보다 통계적으로 유의하게 넓고 오른쪽 눈확이 왼쪽에 비해 납작한 형태였다[2,16]. 조선시대 사람뼈 집단에서도 오른쪽 눈확의 너비가 좌우로 더 긴 형태였고 이러한 형태 차이는 높이가 아닌 너비 차이로 인한 것이었다. 또한 현대와 조선시대 사람뼈 집단의 코의 좌우 비대칭 양상도 유사하게 나타났다. 현대 한국인 사람뼈 집단에서는 코가시(nasal spine)에서 코모서리의 가장 가쪽 점(alare)까지의 계측치가 통계적으로 유의하지는 않지만 오른쪽이 왼쪽보다 더 길었고[16] 조선시대 사람뼈 집단에서도 오른쪽이 왼쪽보다 더 큰 형태로 계측점들이 치우친 경향이 있었다. 이러한 눈확과 코의 좌우 비대칭

양상의 유사성은 한국인 집단의 유전적 배경과 관련이 있을 수 있다[12]. 하지만 현대 한국인 사람뼈 집단에서 기하학적 형태 계측학을 이용하여 이루어진 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상에 대한 연구가 없기 때문에 정확한 비교를 위해서는 향후 추가적인 연구가 필요해 보인다.

얼굴머리뼈에서는 반복적 씹기 활동에 의한 역학적 스트레스[10]와 유전적 요인[29,30]이 눈확과 코의 좌우 비대칭에 영향을 줄 수 있다. 먼저 얼굴과 머리뼈는 씹기 활동에 의한 역학적 스트레스의 영향을 받는다[10,31-37]. 얼굴머리뼈 부위에 꾸준히 가해지는 역학적 스트레스는 얼굴머리뼈의 형태를 더 강건하게 하며 이 변화는 반복적 씹기 활동을 하면서 쓰이는 근육들에 대한 얼굴머리뼈의 기능적 적응이라고 볼 수 있다[31]. 예를 들어, 상대적으로 더 거친 음식을 섭취한 집단에서는 얼굴머리뼈의 방향성 비대칭 정도가 덜 거친 음식을 섭취한 집단보다 컸다[13]. 사람은 주로 한쪽 방향으로 씹기 활동을 하는데 씹기 방향의 무의식적 선택이 얼굴머리뼈의 좌우 비대칭에 영향을 주기 때문이다. 기존 연구들에서는 얼굴머리뼈의 방향성 비대칭이 집단 다수의 씹기 방향과 관련이 있다고 보고되었다[35-37]. 이러한 점들을 고려하면 가쪽 점(ectococonchion)에 의해 발생한 눈확 너비의 좌우 차이도 역학적 스트레스와 관련이 있을 수 있다. 눈확의 가장 가쪽 점들은 광대뼈 위에 있고 이 부위는 깨물근(masseter muscle)의 활동에 의한 역학적 스트레스를 직접 받기 때문이다[32,33].

위에서 살펴본 역학적 스트레스 외에 유전적 요인도 눈확과 코의 좌우 비대칭에 영향을 미쳤을 수 있다[29,30]. 이가 나기 이전의 태아와 유아에서도 얼굴머리뼈의 좌우 비대칭이 존재했으며[29] 코사이뼈(nasal septum)의 만곡(deviation)과 주변 뼈의 좌우 비대칭에 상관관계가 존재했기 때문이다[30]. 또한 여러 지역의 사람뼈 집단들에서 머리뼈 오른쪽의 계측치가 왼쪽보다 더 컸던 것도 유전적 영향을 반영하는 결과일 수 있다[2,12,16,38,39]. 머리뼈는 크게 머리뼈바닥(basicranium), 머리덮개뼈(vault), 얼굴머리뼈(facial skeleton)로 구분된다. 그 중에서 머리뼈바닥과 머리덮개뼈는 뇌를 보호하고 뇌로 통하는 여러 신경 및 혈관을 잇는 통로 역할을 한다. 기존 연구들에서 머리뼈바닥과 머리덮개뼈는 전통적 형태계측학과 3차원에서 재현한 이미지에서 모두 좌우 비대칭의 형태를 보였는데 이는 뇌의 좌우 비대칭을 반영하는 결과로 해석되었다[16,40,41]. 얼굴머리뼈는 뇌의 좌우 비대칭을 직접적으로 반영하지는 않지만 성장과정에서 앞머리뼈우묵(anterior cranial fossa), 이마뼈(frontal bone), 나비뼈(sphenoid bone), 중간머리뼈우묵(middle cranial fossa) 등 머리뼈바닥과 머리덮개뼈를 이루는 여러 부위들과 상호작용한다[5,42]. 특히 앞머리뼈

우묵에서 나타나는 좌우 비대칭은 이마뼈와 눈확의 형태에 영향을 미칠 수 있다. 눈확의 윗면이 이마뼈이고 이마뼈가 앞머리뼈우묵의 일부이기 때문이다. 이마엽(frontal lobe)은 오른쪽이 왼쪽보다 더 큰 경향이 있기 때문에[40,41] 눈확의 일부인 이마뼈는 이러한 경향을 반영할 수 있다. 이전 연구에서는 음식의 거친 정도와 상관없이 이마뼈의 좌우 비대칭이 비슷한 수준으로 존재했었다[13]. 역학적 스트레스의 강도와 큰 상관없이 존재하는 이마뼈의 좌우 비대칭은 이마엽의 좌우 비대칭을 반영하는 것으로 추정할 수 있다. 따라서 씹기 활동에 의한 역학적 스트레스와 별개로 이마엽의 좌우 비대칭에 의한 이마뼈와 눈확의 좌우 비대칭이 관련되어 있을 가능성도 고려해야 한다.

다음으로, 코의 좌우 비대칭 양상은 코사이뼈(nasal septum)가 만곡되어(deviated) 있으면 코뼈 아랫부분의 좌우 비대칭이 더 큰 것으로 나타났다[30]. 코사이뼈 만곡과 코뼈 아랫부분의 좌우 비대칭 간의 상관관계는 코사이뼈가 주변 뼈들이 성장하는 데 중심적 혹은 보조적 역할을 하기 때문일 수 있다[30]. 이번 연구에서도 코뼈 아랫부분의 좌우 비대칭이 윗부분보다 더 컸다(Fig. 3). 하지만 코뼈 아랫부분은 위턱과 바로 맞닿기 때문에 역학적 스트레스가 코뼈 아랫부분의 좌우 비대칭에 미쳤을 영향도 배제할 수 없다[13].

이 연구의 결과를 통해 조선시대 사람뼈 집단의 눈확과 코의 좌우 비대칭은 정중면이 아닌 가쪽의 계측점들에 의해 발생함을 알 수 있었다. 눈확과 코는 오른쪽이 왼쪽보다 더 큰 형태로 계측점들이 한 방향으로 치우친 경향이 확인되었으며 눈확과 코 두 부위의 좌우 비대칭 양상 간에 높은 상관관계가 나타났다. 이 연구에서 확인된 눈확과 코의 좌우 비대칭 양상은 조선시대 사람뼈 집단과 현대 한국인 사람뼈 집단에서 서로 유사하게 나타났는데 이는 유전적 배경을 서로 공유하는 집단이기 때문에 나타난 결과일 수 있다. 두 부위에서 좌우 비대칭이 발생하는 이유로는 눈확과 코에 가해지는 역학적 스트레스와 유전적 요인을 살펴보았다. 두 부위는 역학적 스트레스와 유전적 영향을 받을 수 있지만 각 부위가 가깝게 접하는 부분의 특징에 따라 특정 요인의 영향을 더 크게 받을 수 있다고 추정하였다. 향후 한국인 눈확과 코의 좌우 비대칭이 나타나는 원인을 더 정확하게 파악하기 위해서는 한반도 내 다양한 시대의 한국인 집단들을 이용한 연구가 이루어져야 할 것이다[13].

감사의 글

이 연구를 위해, 경기도에서 출토된 조선시대 사람뼈 집

단을 이용할 수 있게 허락해주신 충북대학교 중원문화연구소장님과 이하 관계자 분들께 지면을 빌어 감사의 말씀을 전합니다.

REFERENCES

1. Takenake M. Morphological traits of crania in modern Kyongsangnam-do Koreans. *Acta Anat Nippon*. 1994; 69: 645-60.
2. Koh KS, Hwang YI, Shon HJ, Han SH, Paik DJ, Kim HJ, et al. Re-evaluation of the orbital dimensions in modern Korean adult skulls. *Korean J Phys Anthropol*. 1995; 8: 195-204. Korean.
3. Han SH, Hwang YI, LEE KH, Koh KS, Choi BY, Lee KS, et al. Craniometric study in modern Korean adult. *Korean J Phys Anthropol*. 1995; 8:205-13. Korean.
4. Koh KS, Shon HJ, Rhee EK, Park SJ, Kim HJ, Han SH, et al. Anthropological study on the facial flatness of Korean from the historic to the modern period. *Korean J Phys Anthropol*. 1999; 12:211-21. Korean.
5. Lieberman DE. *The evolution of the human head*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press; 2012.
6. von Cramon-Taubadel N. Evolutionary insights into global patterns of human cranial diversity: population history, climatic and dietary effects. *J Anthropol Sci*. 2014; 92:43-77.
7. Woo TL, Morant GM. A biometric study of the "flatness" of the facial skeleton in man. *Biometrika*. 1934; 26:196-250.
8. Krogman WM, Iscan MY. *The human skeleton in forensic medicine*. Illinois: Charles Tomas Publisher; 1986.
9. Steegmann AR. A study of relationships between facial cold response and some variables of facial morphology. *Am J Phys Anthropol*. 1965; 23:355-62.
10. Paschetta C, de Azevedo S, Castillo L, Martínez-Abadías N, Hernández M, Lieberman DE, et al. The influence of masticatory loading on craniofacial morphology: a test case across technological transitions in the Ohio valley. *Am J Phys Anthropol*. 2010; 141: 297-314.
11. Novack ML, Harvati K, Spoor F. Climate-related variation of the human nasal cavity. *Am J Phys Anthropol*. 2011; 145: 599-614.
12. Quinto-Sanchez M, Adhikari K, Acuna-Alonzo V, Cintas C, de Cerqueira CCS, Ramallo V, et al. Facial Asymmetry and Genetic Ancestry in Latin American Admixed Populations. *Am J Phys Anthropol*. 2015; 157:58-70.
13. Bigoni L, Krajčiček V, Sládek V, Velemínský P, Velemínská J. Skull shape asymmetry and the socioeconomic structure of an early Medieval central European society. *Am J Phys Anthropol*. 2013; 150:349-64.
14. Gangestad SW, Thornhill R, Yeo RA. Facial Attractiveness, Developmental Stability, and Fluctuating Asymmetry. *Ethol Sociobiol*. 1994; 15:73-85.
15. Swaddle JP, Cuthill IC. Asymmetry and human facial attractiveness: symmetry may not always be beautiful. *Proc R Soc Lond B*. 1995; 261:111-6.
16. Kim YS, Chung MS, Park DK, Song WC, Koh KS. Asymmetric study on the Korean skull using bilateral measurements. *Korean J Phys Anthropol*. 2000; 13:271-9. Korean.
17. von Cramon-Taubadel N, Frazier BC, Lahr MM. The Problem of Assessing Landmark Error in Geometric Morphometrics: Theory, Methods, and Modifications. *Am J Phys Anthropol*. 2007; 134:24-35.
18. Central Institute of Cultural Heritage. A report on the excavation of Jingwan-dong, Eunpyeong-gu, Seoul; 2009. Korean.
19. Gyeonggi Cultural Properties Institute. A report on the excavation of Manjeong-ri, Anseong; 2009. Korean.
20. Institute of Korean Prehistory. A report on the excavation of Unjeong site, Paju; 2012. Korean.
21. Institute of Korean Prehistory. A report on the excavation of Sinwon-dong · Wonheung-dong site, Goyang; 2011. Korean.
22. Richtsmeier JT, DeLeon VB, Lele SR. The promise of geometric morphometrics. *Yearb Phys Anthropol*. 2002; 45:63-91.
23. Slice DE. Geometric morphometrics. *Annu Rev Anthropol*. 2007; 36:261-81.
24. Zelditch ML, Swiderske DL, Sheets HD. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*, 2nd ed. Oxford: Elsevier Academic Press; 2012.
25. von Cramon-Taubadel N. The relative efficacy of functional and developmental cranial modules for reconstructing global human population history. *Am J Phys Anthropol*. 2011; 146:83-98.
26. Van Valen L. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*. 1962; 16:125-42.
27. Good P. *Permutation tests: a practical guide to resampling methods for testing hypotheses*. New York: Springer; 2000.
28. Klingenberg CP. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Mol Ecol Resour*. 2011; 11:353-7.
29. Rossi M, Ribeiro E, Smith R. Craniofacial asymmetry in development: an anatomical study. *Angle Orthod*. 2003; 73:381-5.
30. Hartman C, Holton N, Miller S, Yokley T, Marshall S, Srinivasan S, et al. Nasal septal deviation and facial skeletal asymmetries. *Anat Rec*. 2016; 299:295-306.

31. Ruff CB, Holt B, Trinkaus E. Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's Law" and bone functional adaptation. *Am J Phys Anthropol.* 2006; 129:484-98.
32. Ingervall B, Helkimo E. Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Arch Oral Biol.* 1978; 23:203-6.
33. Raadsheer MC, Kiliaridis S, Van Eijden TMGJ, Van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Arch Oral Biol.* 1996; 41:323-32.
34. Moreira RS, Sgrott EA, Stuker H, Alonso LG, Smith RL. Palatal asymmetry during development: an anatomical study. *Clin Anat.* 2008; 21:398-404.
35. Gomes SGF, Custodio W, Faot F, Cury AADB, Garcia RCMR. Chewing side, bite force symmetry, and occlusal contact area of subjects with different facial vertical patterns. *Braz Oral Res.* 2011; 25:446-52.
36. Nissan J, Gross MD, Shifman A, Tzadok L, Assif D. Chewing side preference as a type of hemispheric laterality. *J Oral Rehabil.* 2004; 31:412-6.
37. Martinez-Gomis J, Lujan-Climent M, Palau S, Bizar J, Salsench J, Peraire M. Relationship between chewing side preference and handedness and lateral asymmetry of peripheral factors. *Arch Oral Biol.* 2009; 54:101-7.
38. Woo TL. On the asymmetry of the human skull. *Biometrika.* 1931; 22:324-52.
39. Shah SM, Joshi MR. An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex. *Angle Orthod.* 1978; 48:141-8.
40. Good CD, Johnsrude I, Ashburner J, Henson RNA, Friston KJ, Frackowiak RSJ. Cerebral asymmetry and the effects of sex and handedness on brain structure: a voxel-based morphometric analysis of 465 normal adult human brains. *Neuro Image.* 2001; 14:685-700.
41. Balzeau A, Gilissen E, Grimaud-Hervé D. Shared pattern of endocranial shape asymmetries among great apes, anatomically modern humans, and fossil Hominins. *PlosOne* 2012; 7:e29581.
42. Enlow DH, Hans MG. *Essentials of facial growth.* Philadelphia: Saunders Company; 1996.

A Study of Bilateral Asymmetry Pattern in the Eye Orbit and Nose of the Joseon Dynasty Skeletal Group Using Geometric Morphometrics

Hyunwoo Jung¹, Eun Jin Woo², Sunyoung Pak³

¹*Department of Anthropology, University at Buffalo, SUNY, USA*

²*Division in Anatomy & Developmental Biology, Department of Oral Biology, BK21 PLUS Project, Yonsei University College of Dentistry*

³*Bioanthropology Lab, Department of Anthropology, College of Social Sciences, Seoul National University*

Abstract : In this study, the pattern of bilateral asymmetry in the eye orbit and nose of the Joseon Dynasty skeletal group was analyzed using geometric morphometrics. For this, 38 adult males and 38 adult females from the Joseon Dynasty skeletal group belonging to the 15th to early 20th centuries were examined. For geometric morphometric analysis, Procrustes superimposition was performed on 10 landmarks in both eye orbits and 7 nasal landmarks. The data were analyzed by multivariate analysis of variance with partial least square scores.

In results, the lateral landmarks had more impact on the bilateral asymmetry in the eye orbit and nose than the center landmarks. The eye orbit and nose on the right side of the face seemed bigger than those of the left side, while the direction of asymmetry in the eye orbit and nose was different. The correlation between asymmetry patterns in the eye orbit and nose were statistically significant ($p < 0.01$). The results of this study will be useful for examining causes of bilateral asymmetry in the eye orbits and noses of the Korean population.

Keywords : Eye orbit, nose, Bilateral asymmetry, Joseon Dynasty, Geometric morphometrics