



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

인류학석사학위논문

조선시대 머리뼈 변동성비대칭에 대한 연구

- 서울·경기 지역 출토 사람뼈 집단을 대상으로

2015년 2월

서울대학교 대학원

인류학과

정현우

조선시대 머리뼈 변동성비대칭에 대한 연구

- 서울·경기 지역 출토 사람뼈 집단을 대상으로

지도교수 박 순 영

이 논문을 인류학석사 학위논문으로 제출함.

2014년 10월

서울대학교 대학원

인류학과

정 현 우

정현우의 인류학석사 학위논문을 인준함.

2014년 12월

위원장 강 정 원



부위원장 신 동 훈



위원 박 순 영



목차

1. 서론	1
2. 이론적 배경	8
1) 남녀의 생물학적 완충 능력 차이	8
① 남녀의 생물학적 완충 능력 차이의 근거	8
② 남녀의 생물학적 완충 능력 차이의 발생 원인	10
2) FA의 일반적인 특성	12
① 좌우 비대칭의 종류와 그 특징	12
② FA의 발생 원인과 FA 연구 현황	13
3. 연구 재료	15
4. 연구 방법	17
1) 기하학적 형태계측학(geometric morphometrics)	17
2) 좌표 정보 수집	21

3) 좌우 형태의 비대칭 계산 방법-----	22
4) 통계적 분석-----	24
5. 연구 결과-----	25
6. 고찰-----	30
7. 연구의 한계-----	35
8. 연구의 결론 및 의의-----	35
참고문헌-----	38
Abstract-----	51
감사의 글-----	54

국문초록

이 연구에서는 조선시대 사람뼈 집단의 머리뼈에서 나타나는 변동성비대칭을 성별에 따라 분석하였다. 변동성비대칭은 유전적, 환경적 스트레스로 인해 발생하고 좌우 방향이 무작위하게 나타나는 생물학적 스트레스 지표이다. 개체는 성장하면서 여러 스트레스에 노출된다. 이러한 스트레스에 저항하기 위해서는 자원(영양분)이 필요한데 한정된 자원을 여러 부분에 사용하기 때문에 발달상의 불안정성이 발생할 수 있다. 예를 들어, 개체가 스트레스를 겪을 때는 뼈성장에 필요한 영양분이 그 스트레스에 저항하는데 쓰일 수 있다. 이로 인해 뼈조직의 흡수와 재조직화 과정에 지연이 있을 수 있고 그 결과로 뼈대의 좌우비대칭이 발생할 수 있다. 신체를 안정적으로 발달시키는 과정에서 유전자의 디자인대로 뼈대의 좌우 대칭을 유지하는 것이 개체의 생명 유지에 직결되지는 않기 때문이다. 그리고 여성의 생물학적 완충 능력이 남성보다 더 크므로 유사한 유전적 배경을 가진 집단 안에서는 여성의 변동성비대칭 수준이 남성보다 더 작을 것이라 예상할 수 있다. 하지만 성별에 따른 변동성비대칭 수준 차이는 집단 전체의 스트레스 수준과 사회문화적 요인에 의해 달라질 수 있다. 따라서 집단 전체의 스트레스 수준과 조선시대의 남녀차별적 양육관행을 고려하여 성별에 따른 변동성비대칭의 수준 차이를 분석하였다.

이 연구에서는 서울대학교 인류학과 생물인류학실험실과 충북대학교 중원 문화연구소에서 보관중인 서울·경기 지역의 15세기에서 20세기 초반까지의 조선시대 사람뼈 77개체(남성 39개체, 여성 38개체)를 분석하였다. 기하학적 형태계측학의 방법론으로 머리뼈의 형태를 분석하였으며 총 19개의 계측점을 바탕으로 머리뼈의 형태를 추출하였다. 집단의 머리뼈 형태에서 나타나는 변동성비대칭의 유의미성은 Morpho J 1.05e로 프로크루스테스 이원분산분석을 실시하여 분석하였다. 여성과 남성의 변동성비대칭 평균값들은 KESS로 t-검정을 실시하여 비교하였다.

연구 결과를 보면 머리뼈 전체의 변동성비대칭은 남성에서만 유의미하게 나타났다(남: $p < .0001$; 여: $p = .3244$). 머리뒤통개뼈의 변동성비대칭은 남성과 여성 모두에서 유의미하게 존재했다($p < .0001$). 반면에 머리뼈바닥의 변동성비대칭은 남성과 여성 모두에서 유의미하게 존재하지 않았다(남: $p = .9409$, 여: $p = .5724$). 남녀의 변동성비대칭 평균값의 차이는 모든 부위에서 통계적으로 유의미하지 않았지만 남성의 변동성비대칭 평균값이 큰 경향은 있었다.

이 연구 결과들은 성별에 따른 생물학적 완충 능력 차이를 반영한다고 해석될 수 있다. 하지만 성별에 따른 변동성비대칭 평균의 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다. 이번 연구는 그 원인으로 이 집단 전체가 발달과정에서 경험한 높은 스트레스 수준과 남녀차별적 양육관행의 실시

가능성을 지적하였다. 남성이 여성보다 환경의 질에 더 민감하게 반응하여 집단 전체의 스트레스 수준이 높을 때는 남녀의 변동성비대칭 수준 차이가 더 커지기 때문이다. 하지만 출생 후에 이루어진 남녀차별적 양육관행에 의해 그 차이가 줄어들었다고 추론하였다. 결국 남성의 변동성비대칭 평균이 여성보다 높은 경향이 있었지만 이 집단 전체가 경험한 스트레스 수준과 남녀차별적 양육관행 때문에 그 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다고 분석하였다.

주요어: 머리뼈, 변동성비대칭, 조선시대, 성별에 따른 차이, 기하학적 형태계측학

학 번: 2013-20090

1. 서론

본 연구에서는 기하학적 형태계측학의 방법론을 이용하여 서울 · 경기 지역에서 출토된 조선시대 사람뼈 77개체의 머리뼈 형태에서 나타나는 변동성비대칭(fluctuating asymmetry, 이하 FA)을 분석한다. 그리고 집단 전체의 스트레스 수준과 사회문화적 요인을 바탕으로 이 집단에서 성별에 따른 FA 수준 차이가 나타나는 원인을 추론할 것이다.

FA는 개체가 발달하는 과정에서 여러 유전적, 환경적 스트레스에 노출됨으로써 발생한다. 예를 들어, 영양결핍, 산모의 열악한 건강, 염색체 이상으로 인한 질병, 기생충 감염 등이 개체가 발달상(developmental)에 경험할 수 있는 스트레스들이다. 개체는 여러 자원들(영양소, 에너지 등)로 이러한 스트레스들에 저항하여 안정적인 발달을 유지한다. 자연상의 개체가 이용할 수 있는 자원들은 한정되어 있으므로 개체의 생존이나 발달에 있어서 스트레스 저항력은 중요한 요인이다. 스트레스에 대한 저항력이 높은 개체는 한정된 자원으로 여러 스트레스들에 효과적으로 저항하여 더 안정적으로 발달할 수 있다. 또한 개체의 스트레스 저항력이 높으면 개체가 스트레스에 저항하는데 쓰는 자원이 적게 들고 나머지 자원은 신체가 유전자의 디자인에 따라 '이상적으로' 발달하는 데 사용될 수 있다. 생명 유지에 직결되는 부분 외에 다른 곳에도 투자할 자원이 남기 때문이다. 여기서 '이상적인' 발달이란

신체의 좌우 대칭 유지와 같은 표현형(phenotype)을 유지하는 능력과 관련이 있다. 따라서 스트레스 저항력은 개체의 유전자의 질과 관련되고 개체가 여러 스트레스에 저항하여 신체를 유전자의 디자인대로 발달시킬 수 있는 능력이다.

뼈의 경우를 살펴보면 뼈는 성장하면서 뼈세포의 성장, 이동, 분화 및 뼈조직(bone structure)의 흡수와 재조직화(remodeling) 과정을 거친다. 이 과정은 반복해서 발생하므로 뼈는 발달과정의 스트레스를 계속 경험한다. 그런데 발달과정에 겪는 스트레스 때문에 뼈가 성장할 때 필요한 여러 영양소(예를 들어, 아미노산)들이 뼈의 성장에 적절하게 사용되지 못할 수 있다. 최소한의 영양소만이 생명유지에 필수적인 뼈성장을 위해서 뼈세포 및 조직에 공급되고 나머지 영양소는 개체가 겪는 스트레스에 저항하는 데 쓰일 수 있기 때문이다. 이로 인해 자원이 한정되어 있을 때는 뼈성장에 필요한 자원들 중 일부가 다른 곳에 사용되고 뼈의 성장 과정에 여러 방해(noise)가 발생한다. 결국 개체는 발달 과정에서의 불안정성(developmental instability)을 경험한다. 예를 들어, 뼈가 성장할 때 뼈조직의 흡수와 재조직화 과정에 지연이 있을 수 있다. 이러한 방해는 뼈대 좌우의 성장이 동시에 혹은 유전자의 디자인대로 발생할 수 없게 한다. 그 결과로 뼈대에서 좌우 비대칭이 나타날 수 있다. 뼈대가 성장하면서 좌우 대칭을 유지하는 것이 개체의 생명유지와 직결되지는 않기 때문이다. 이렇게 여러 스트레스로 인해

신체에서 좌우의 방향이 무작위하게 나타난 비대칭이 FA이다. 즉 FA는 개체가 경험한 스트레스 수준이나 개체의 스트레스 저항력을 반영하는 생물학적 스트레스 지표이다(Van Valen, 1962). 따라서 이론적으로는 특정 집단을 구성하는 개체들의 유전적 배경과 개체들이 발달 과정에 경험한 스트레스 수준이 유사하다고 가정한다면 스트레스 저항력이 높은 개체가 신체의 좌우 대칭을 표현형으로 유지할 가능성이 더 크다.

이와 같은 FA의 특성을 고려하면 유사한 유전적 배경을 가진 집단 안에서는 남성의 FA 수준이 여성보다 높을 것으로 예상할 수 있다(Dibennardo and Bailit, 1978). 일반적으로 스트레스에 저항하여 안정적으로 발달하는 능력은 여성이 남성보다 크다고 알려져 있기 때문이다. 기존의 태아와 유아의 유병률 및 사망률 등에 대한 연구들에서는 여성이 남성에 비해서 높은 면역력을 갖고 주변 환경에서 오는 스트레스에 효과적으로 저항하여 더 안정적으로 발달한다고 분석했다(Stinson, 1985; Møller et al., 2009). 따라서 여성의 스트레스 저항력이 남성보다 더 크기 때문에 FA 수준은 여성에서 더 낮게 나타날 것이다. 하지만 기존 연구들에서 성별에 따른 FA 수준 차이가 예측대로 일관성 있게 나타나지는 않았다(Dibennardo and Bailit, 1978; Harris and Nueeia, 1980; Noss et al., 1983; Trivers et al., 1999; Guatelli-steinberg et al., 2006; Peiris et al., 2013). 성별에 따른 FA 수준 차이가 나타나는 양상은 사회문화적 요인이나 집단

전체의 스트레스 수준에 따라 달라질 수 있기 때문이다. 먼저, 사회문화적 요인 중에서도 남녀차별적 양육관행은 출생 후 여성이 발달하는 과정에 큰 스트레스를 준다. 예를 들어, 1974-1977년의 방글라데시에서 태아는 남아의 사망률이 높았지만 출생 후에는 남녀차별적 양육관행 때문에 여아의 사망률이 급격하게 증가하였다(D'Souza and Chen, 1980). 이러한 점에서 남녀차별적 양육관행은 출생 전에 존재했던 남성과 여성의 FA 수준 차이를 줄일 수 있다. 또한 이 현상이 심한 경우에는 여성의 FA 수준이 남성보다 높아질 수도 있다.

반면에 집단 전체의 스트레스 수준이 높아지면 남성과 여성의 FA 수준 차이가 더 커지기도 한다(Özener, 2010a). 높은 스트레스 수준에 남성이 더 민감하게 반응하기 때문이다. 따라서 남녀차별적 양육관행을 실시할 수 없는 출생 전에는 그 집단이 경험한 스트레스 수준이 높을수록 남성의 FA 수준이 여성보다 더 커질 것이다. 이러한 점에서 조선시대 사람뼈 집단에서 남성과 여성의 FA 수준 차이가 어떻게 나타날지는 예상하기 어렵다. 만약 출생 전에 남녀의 FA 수준 차이가 상당히 컸다면 출생 후에 남녀차별적 양육관행이 실시되었더라도 성별에 따른 FA 수준 차이가 역전되지 않을 수 있다. 반대로 출생 전에 남녀의 FA 수준 차이가 작았다면 출생 후에 여성의 FA 수준이 남성보다 높아질 수 있다. 따라서 이번 연구는 집단 전체의 스트레스 수준을 파악하고 집단이 가진 사회문화적 요인을 고려하여 이 집단에서 성별에 따른

FA 수준 차이가 나타난 원인을 분석할 것이다.

한편 기존 연구들은 신체의 다양한 부위에서 FA를 연구해 왔다. 예를 들어, FA에 대한 연구들에서는 집단이나 개체가 발달 과정에서 경험한 스트레스 수준을 알아보기 위해 치아(Dibennardo and Bailit, 1978; Harris and Nueeia, 1980; Noss et al., 1983; Guatelli-steinberg et al., 2006; Peiris et al., 2013), 얼굴(Gangestad et al., 1994; Swaddle and Cuthill, 1995; Scheib et al., 1999; Koehler et al., 2004; Özener, 2010a), 머리뼈 전체(DeLeon, 2007; Gawlikowska et al., 2007; Bigoni et al., 2013; Weisensee, 2013), 발목이나 손목 등(Trivers et al., 1999; Wells et al., 2006)의 부위를 이용해왔다. 그런데 DeLeon(2007)의 연구에 따르면 FA는 같은 부위 안에서도 특정 부분에서 더 크게 나타난다. DeLeon(2007)은 머리뼈의 FA를 분석했는데 머리뼈의 부분마다 스트레스에 반응하여 FA가 발생하는 정도에 차이가 있었다. 따라서 특정한 부위를 연구할 때 그 부위 전체를 통합적으로 고려해야 한다. 만약 머리뼈를 연구할 때 특정한 계측점들 사이의 선형길이만을 선별하면 그 부분이 FA에 민감한 정도에 따라 연구 결과가 달라질 수 있다. 즉 신체 부위들을 연구할 때 최대 너비와 같은 선형거리보다 전체 형태를 대상으로 좌우비대칭을 계산하는 것이 FA를 더 정확하게 도출할 수 있다. 하지만 치아나 팔목과 같은 신체 부위들에는 최대 너비처럼 선형거리를 측정할 수 있는 계측점 외에 전체 형태를 도출할 수 있는 정보가 부족하다. 예를 들어,

치아에서는 앞뒤와 좌우의 최대 너비를 측정할 수 있지만 치아의 전체 형태를 도출할 수 있는 계측점을 찾기는 어렵다.

이러한 점에서 머리뼈는 FA를 연구하는데 적합한 부위 중의 하나이다. 머리뼈에는 다양한 계측점들이 있어서 그 계측점들을 이용해 머리뼈 전체의 형태를 한 번에 도출해낼 수 있기 때문이다. 기존의 연구들에서는 머리뼈를 FA 연구에 이용하였고 머리뼈의 FA와 스트레스에 양의 상관관계가 있다고 보고해왔다(DeLeon, 2007; Gawlikowska et al., 2007; Bigoni et al., 2013; Weisensee, 2013). 그러나 이 연구들에는 뼈대 부위에 가해지는 역학적(mechanical) 스트레스를 고려하지 못한 한계가 있다. 역학적 스트레스는 뼈대를 변형시키므로 뼈대의 FA가 반영하는 발달 과정상의 스트레스를 상쇄하거나 과장할 수 있다. 역학적 스트레스로 인한 형태 변형은 많이 사용하는 부위가 더 발달하는 방식으로 나타나는 기제이기 때문이다(Ruff et al., 2006). 이러한 발달은 뼈가 역학적 스트레스에 기능적으로 적응하는 것이므로 FA와는 다른 종류의 반응이다. 특히 씹기 근육(masticatory muscle)은 얼굴뼈와 아래턱뼈의 형태 변형을 가져올 수 있다(Ingervall and Helkimo, 1978; Raadsheer et al., 1996; Tuxen et al., 1999). 예를 들어, 씹기 근육이 발달하면 얼굴이 넓어지고 짧아지는 경향이 있다. 음식을 씹는 방향의 선호도 때문에 얼굴뼈의 좌우비대칭이 발생할 수도 있다(Bigoni et al., 2013). 따라서 역학적 스트레스는 기존의 연구들이 밝힌

머리뼈 FA와 유전적, 환경적 스트레스의 관계를 모호하게 할 수 있다.

이러한 점에서 이번 연구는 역학적 스트레스의 영향을 얼굴뼈보다 상대적으로 덜 받는 머리뼈바닥(basicranium)과 머리뿔개뼈(vault)에서 FA를 분석한다. 그런데 머리뼈바닥과 머리뿔개뼈에도 몇몇 부분에는 씹기 활동에 사용되는 근육들이 붙어있다. 따라서 머리뼈바닥과 머리뿔개뼈에서 씹기 활동에 사용되는 관자근(temporal muscle), 깨물근(masseter muscle), 가쪽날개근(lateral pterygoid muscle), 안쪽날개근(medial pterygoid muscle)에 있는 계측점들은 측정에서 제외하였다. 예외적으로 Eurion은 측정에 포함하였는데 이 점을 제외할 경우에 머리뿔개뼈에서의 좌우계측점이 Asterion만 남아서 그 부위의 좌우 비대칭을 측정하는데 한계가 있기 때문이다.

요약하자면 이번 연구는 조선시대 사람뼈 집단에서 성별에 따른 FA 수준 차이가 나타나는 양상과 그 원인을 분석한다. 이 분석을 위해 집단 전체가 경험한 스트레스 수준과 집단이 가진 사회문화적 요인을 동시에 고려할 것이다. 그리고 FA를 분석하기 위해서 머리뼈를 이용하되 기존 연구들이 간과했던 역학적 스트레스를 최대한 통제하여 연구를 진행할 것이다.

2. 이론적 배경

1) 남녀의 생물학적 완충 능력 차이

④ 남녀의 생물학적 완충 능력 차이의 근거

태아와 유아의 유병률 및 사망률, 환경에 따른 신장 성적 이형성의 변화, 기생충 감염률 등에 대한 연구들에서는 남녀의 생물학적 완충 능력 차이를 주장해왔다(Stinson, 1985; Klein, 2000; 2004). 먼저 전세계의 여러 시대와 지역에서 조사된 태아와 유아의 유병률 및 사망률을 살펴보겠다. 1974-1977년에 조사된 방글라데시의 태아 사망률(D'Souza and Chen, 1980), 1880-1960년에 조사된 뉴욕의 유아 사망률(Abramowicz and Barnett, 1970), 1954년 혹은 1955년에 조사된 캐나다 미국, 칠레, 일본, 오스트리아, 핀란드, 이탈리아, 노르웨이, 스웨덴, 스위스, 스코틀랜드, 유고슬라비아의 유아사망률(Hammoud, 1965), 1958-1985년에 조사된 이스라엘의 유아 전염병 유병률(Green, 1992), 조사 대상이 밝혀지지 않은 1964-1983년의 조산 및 7일 이내 유아 사망률(Jakobovits et al., 1987) 등에서 모두 남아의 비율이 높았다.

그리고 남성이 여성에 비해 환경의 질에 더 민감하므로 열악한 환경보다

상대적으로 향상된 환경에서 신장 성적 이형성이 더 커진다. 열악한 환경이 더 나은 환경으로 변화할 때 남성의 신장 증가 속도가 여성보다 더 크므로 남녀의 신장 차이도 그만큼 더 벌어진다. 여아가 열악한 환경에서 발생하는 여러 환경적 스트레스에 남아보다 효과적으로 저항하여 남아에 비해 더 안정적으로 발달하기 때문이다. 유전적으로 유사하다고 볼 수 있는 남한과 북한의 사람들을 대상으로 한 연구에서는 남한의 1980년 출생자들이 1955-1959년의 출생자들보다 확연하게 큰 신장 성적 이형성을 보여줬다. 남한의 여러 경제적, 사회적 환경이 나아지면서 영양공급 등이 더 원활하게 이루어졌고 이러한 영향으로 1980년대 출생한 인구 집단의 신장 성적 이형성이 더 커진 것이다. 하지만 북한 사람들(탈북자)은 이러한 경향을 보이지 않았다(박순영, 2011).

마지막으로 기생충 감염률에 관한 연구들은 남성의 높은 기생충 감염률이 여성에 비해 낮은 면역력 때문이라고 분석한다. 이러한 특성은 인간뿐만 아니라 조류, 파충류, 설치류 등에서 모두 발견되는 경향이다(Klein, 2004). 예를 들어, 인간을 대상으로 한 연구들에서는 *Schistosoma mansoni*, *Toxocara spp*, *Wuchereria bancrofti*, *Onchocerca volvulus*, *Necator americanus*, *P. vivax*, *P. falciparum*, *L. donovani*, *Leishmania braziliensis*, *Entamoeba histolytica* 등의 기생충들에 대한 감염률을 조사했는데 모두 남성의 감염률이 높았다(Klein, 2004).

그런데 대부분의 인간 사회에서 남성은 여성에 비해 활동 영역이 넓고 신체의 크기가 커서 기생충의 공격 대상이 될 확률이 높다(Klein, 2000). 그리고 인간이 살아있는 동안 실시하는 모든 활동을 제한하는 등의 실험은 불가능하므로 이러한 요인들을 완전히 통제할 수는 없다. 따라서 남성의 높은 기생충 감염률이 오직 생물학적 완충 능력이 작기 때문이라고 완전한 결론을 내리기는 어렵다. 또한 신장 성적 이형성에 관한 연구들 중 일부는 인류 사회에 존재하는 남녀차별적 양육관행의 가능성 때문에 일관성이 떨어지는 결과를 보고해왔다(박순영, 2011). 결국 남성과 여성의 생물학적 완충 능력 차이를 지지하는 가장 확실한 증거는 태아와 유아의 사망률 및 유병률이다(Stinson, 1985). 출생 전에는 태아를 대상으로 남녀차별적 양육관행을 실시할 수 없고 이와 관련한 연구들에서는 남아가 생물학적으로 환경의 질에 더 민감하다는 증거들을 일관성 있게 보고하기 때문이다.

② 남녀의 생물학적 완충 능력 차이의 발생 원인

기존 연구들에서는 남녀의 생물학적 완충 능력 차이가 X염색체(Barbara, 2007)의 기능과 성호르몬의 작용(Klein, 2000; 2004)때문에 발생한다고 주장한다. 먼저 X염색체에 관한 논의는 남성이 X염색체를 하나만 가지고 있기 때문에 여성에 비해서 환경 변화 등의 스트레스에 더 취약하다는

주장이다(Barbara, 2007). X염색체는 약 1100개의 유전자를 가지고 있는데 Y염색체는 100개 미만의 유전자를 가지고 있다. X염색체의 유전자는 대부분이 면역 반응, 혈액 응고, 신진대사, 태아의 발달과 관련되어 있다. 이에 반해 Y염색체에서 기능적으로 중요한 유전자라고 볼 수 있는 것은 SRY(sex region Y)로서 고환 발달에만 관여한다. 따라서 여성은 여성이 가진 한 X염색체가 돌연변이를 일으키거나 불활성화되더라도 다른 X염색체가 기능을 할 수 있다. 결국 여성이 남성보다 X염색체를 하나 더 가지고 있어서 신체의 면역력 및 저항력과 관련하여 여성의 생물학적 완충 능력이 높다는 주장이다.

다음으로 스테로이드 계열 성호르몬인 테스토스테론(testosterone)은 항체(antibody)의 생산을 줄이고 남성의 면역력을 약하게 한다. Klein(2004)은 테스토스테론이 기생충에 대한 취약성을 크게 하는데, 거세를 하면 상대적으로 기생충에 대한 저항력이 높아졌다고 보고했다. 다른 연구에서는 테스토스테론을 투여한 암컷 쥐의 기생충에 대한 취약성이 더 커졌다(Benten et al., 1992).

그런데 갑상선종(goiter)처럼 여성호르몬에 의해 유병률이 높아지는 질병도 존재한다(Greene, 1973). 여성의 높은 갑상선종 유병률은 사춘기가 되면 두드러지는데 에스트로겐은 체내의 티록신결합글로블린(thyroxine binding globulin)을 증가시키고 자유 갑상선 호르몬(free thyroid hormone)을

감소시킨다. 그 결과 여성의 갑상선종 유병률이 높아진다. 또한 임신 기간에 증가하는 여성호르몬이 여성의 기생충 감염률을 높이기도 한다(Roberts et al., 1996). 즉 오직 남성호르몬만이 인간의 생물학적 완충 능력을 낮추지는 않는다. 결국 남성과 여성의 생물학적 완충 능력 차이가 발생하는 원인으로는 X염색체의 기능이 성호르몬의 작용보다 더 설득력이 있다.

2) FA의 일반적인 특성

① 좌우 비대칭의 종류와 그 특징

개체의 좌우 비대칭은 다양한 이유에 의해 나타나는데 그 종류에는 FA, 방향성비대칭(directional asymmetry, 이하 DA), 반비대칭(antisymmetry, 이하 AS)이 있다. 먼저 FA는 개체의 스트레스 수준 및 스트레스에 대한 저항력과 관련된 지표로서 완벽한 대칭으로부터의 무작위한 좌우 비대칭이다(Van Valen, 1962; Palmer and Strobeck, 1986). 다음으로 DA는 집단에서 유전적인 원인 혹은 특정한 방향의 사용 선호에 따라서 나타나며 집단 전체의 한 쪽 방향이 평균적으로 더 큰 경우이다. 예를 들어, 심장의 좌우 크기 차이(Van Valen, 1962), 육체노동자들의 좌우 팔 길이 차이(Özener, 2010b) 등이 있다. 마지막으로 AS는 집단 수준에서 좌우 크기의 차이가 있지만 개의 집계발

크기와 같이 특정한 방향이 정해지지 않은 경우에 생긴다(Van Valen, 1962). 따라서 AS의 분포는 쌍봉형태(bimodal)이다. 이러한 점들을 고려하면 FA는 개체의 전체 비대칭에서 DA와 AS를 모두 제거해야 발견할 수 있는 지표이다. 따라서 개체의 비대칭 정도에서 집단의 평균 비대칭 정도(DA)를 제거하여 FA를 구한다. 하지만 AS는 특별히 제거할 수 있는 방법이 없기 때문에 통계적으로 AS의 존재여부만을 확인한다.

② FA의 발생 원인과 FA 연구 현황

FA가 발생하는 원인으로는 유전적, 환경적 스트레스가 거론되어 왔다. 유전적 스트레스에는 염색체 이상으로 인한 질병, 근친교배 등이 있으며 환경적 스트레스에는 산모의 건강, 영양 결핍, 소음, 심한 열 등이 있다(Thornhill and Møller, 1997). 예를 들어, 네안데르탈인의 FA 수준이 현생 인류보다 더 높았는데 Barrett et al.(2012)은 네안데르탈인의 낮은 복지 수준, Suarez(1974)는 상당한 수준의 근친 교배 때문이라고 해석하였다. 기존의 FA 연구들에서는 FA의 발생 원인으로 유전적, 환경적 스트레스의 가능성을 모두 고려해왔다. 하지만 인간을 대상으로 한 연구들은 주로 환경적 스트레스를 분석 변수로 사용해왔다. 염색체로 인한 질병의 발병률이 낮고(예를 들어, 다운증후군의 경우에는 3% 내외) 근친교배 집단이 희소하여 특수한 경우가

아니면 사회경제적 지위와 같은 환경적 스트레스를 변수로 사용한다. 예를 들어, 사회경제적 지위로 인한 영양공급의 차이, 산모의 건강 등이 환경적 스트레스로 인한 변수들이다.

기존 연구들에서는 여러 인구학적, 병리학적 정보에 제한이 있는 집단이 발달상에 경험한 일반적인 스트레스 수준을 분석하기 위해 FA를 연구 지표로 사용해 왔다(Suarez, 1974; Harris and Nueeia, 1980; Peretz et al., 1988; Guatelli-steinberg et al., 2006; Shaefer et al., 2006; DeLeon, 2007; Özener, 2010c; Barrett et al., 2012; Bigoni et al., 2013; Weisensee, 2013). 개체의 신체 부위를 계측하여 좌우의 비대칭을 측정하는 방법은 공통 부위만 선정하면 다양한 집단들에 적용할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 지금까지 FA를 이용한 연구들은 같은 지역에서 유사한 유전 정보를 공유하는 옛사람뼈 집단과 현대인 집단, 네안데르탈인과 현생 인류, 유전 질병을 가진 집단과 정상 집단, 근친(inbreeding) 집단과 외혼집단 등의 스트레스 수준을 비교하였다(Bigoni et al., 2013; Suarez, 1974; Barrett et al., 2012; Peretz et al., 1988; Shaefer et al., 2006; Özener, 2010c). 이 연구들에서는 각 비교 집단에 비해서 과거 사람뼈 집단, 네안데르탈인, 유전 질병 집단, 근친 집단의 FA 수준이 더 높게 나타났다고 보고하였다. 이 연구의 결과들은 FA와 발달과정에 겪는 일반적인 스트레스에 양의 상관관계가 있음을 보여준다.

그런데 FA와 스트레스의 양의 상관관계가 항상 일정하게 나타나지는

않았다(예를 들어, Kotilainen et al., 1995). 이러한 결과들은 이형접합(heterozygosity)과 같은 유전적 배경에 대한 정확한 지식이 없거나 조절이 불가능한 요인, 측정 오차, 표본 선택에서의 오류 등 때문일 수 있다. 예를 들어, FA 수준 자체가 아닌 스트레스에 저항하는 능력은 유전될 수 있는데 동형접합보다는 이형접합을 가진 개체의 스트레스 저항력이 뛰어날 수 있다(Naugler and Ludman, 1996). 그러므로 비교하는 집단들이 우연하게 동형접합과 이형접합이 많이 나타나는 하위 집단들로 나뉘어진다면 연구 결과가 왜곡될 가능성이 있다. 하지만 연구 대상의 유전적 정보를 모두 파악하는 것에는 한계가 있으므로 유전적 배경의 완벽한 통제는 거의 불가능하다.

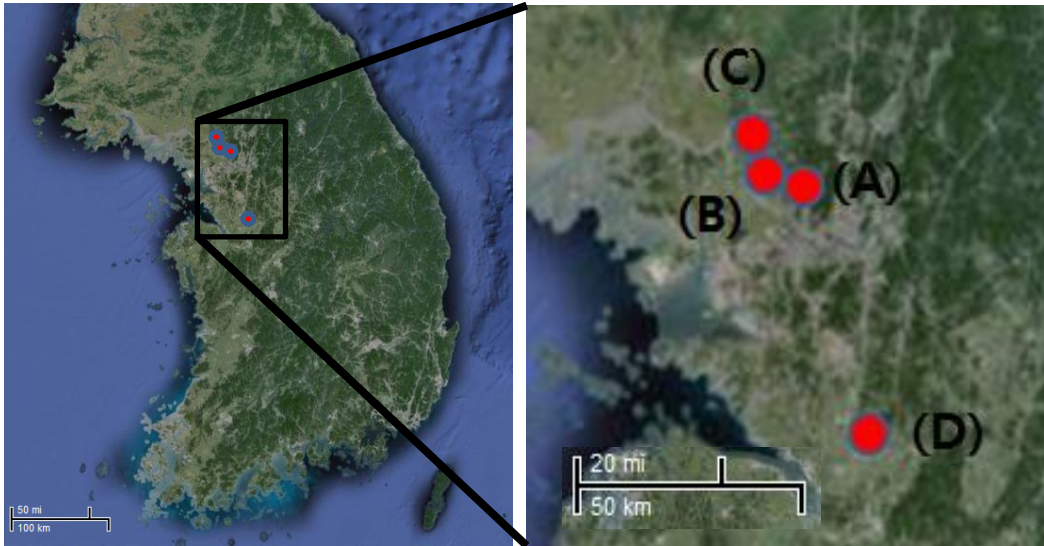
3. 연구 재료

이 연구는 서울대학교 인류학과 생물인류학실험실과 충북대학교 중원문화연구소에서 보관중인 서울·경기 지역의 15세기에서 20세기 초반까지의 조선시대 사람뼈 집단을 대상으로 하였다. 머리뼈 전체의 형태 연구에 사용할 좌표(coordinate)들이 모두 필요하기 때문에 발굴된 사람뼈 집단에서 기하학적 형태계측학 연구가 가능한 개체들을 선별하였다. 연구에 사용한 개체들은 총 77개체였고 남성은 39개체, 여성은 38개체였다. 개체의

성별은 기존에 발행된 발굴보고서를 참고하였다(경기문화연구원, 2009; 중앙문화재연구원, 2009; 한국선사문화연구원, 2011; 2012). 대상 지역은 서울시 은평구 진관동, 경기도 고양시 신원동 · 원흥동, 경기도 파주시 운정동, 경기도 안성시 공도읍 만정리 유적이다(그림 1).

은평구 진관동 유적은 동경 약 126도와 북위 약 37도에 위치해 있으며 대부분의 지형은 임야, 분지, 구릉지대이다. 이곳은 은평뉴타운 제2지구 C공구 사업 과정에서 발견되었다. 이곳에서는 조선시대 분묘 3,466기 등의 유구가 발굴되었으며 총 4,979점의 유물이 발굴되었다(중앙문화재연구원, 2009). 고양시 신원동 · 원흥동 유적은 동경 약 126.5도 북위 약 37.3도에 위치하며 동남쪽으로 서울시, 남서쪽으로 한강을 사이에 두고 김포시와 인접한다. 이곳에서는 고려에서 조선시대에 이르는 유물들이 발굴되었으며 조선시대 분묘들은 289기였다(한국선사문화연구원, 2011). 파주시 운정동 유적은 동경 약 126.7도 북위 약 37.8도에 위치한다. 이 지역에서는 토광묘 1기, 회곽묘 1기, 회묘 4기, 수혈 42기, 구상유구 1기 등이 발견되었다(한국선사문화연구원, 2012). 마지막으로 안성시 공도읍 만정리 유적은 동경 약 127.15도 북위 약 36.05도에 위치한다. 이곳에서는 조선시대 토광묘 243기, 회곽묘 8기가 발견되었다. (경기문화연구원, 2009).

그림 1. 연구에 사용한 사람뼈들이 발굴된 유적들의 위치(google map™). (A) 은평구 진관동, (B) 파주시 운정동, (C) 고양시 신원동·원흥동, (D) 안성시 공도읍 만정리.



4. 연구 방법

1) 기하학적 형태계측학(geometric morphometrics)

기하학적 형태계측학은 각 점들의 집합을 하나의 형태(shape)로 취급한다. 즉 하나의 형태에 속해 있지만 따로 떨어져 있는 점(landmark)들을 통합적으로 분석한다. 여기서 형태는 측정하고자 하는 개체의 위치(location),

크기(size), 회전(rotation)을 제외한 요인이다(Zelditch et al., 2012). 따라서 개체의 형태를 나타내는 함수가 $g(x)$ 일 때, $g(ax) = ag(x)$ 가 되므로 $g(x)$ 와 $ag(x)$ ¹는 형태는 동일하고 크기만 다르게 나타낸다. 그리고 기하학적 형태계측학은 크기도 하나의 변수로 취급하여 분석할 수 있다. 그러므로 전통적 형태계측학(traditional morphometrics)에서 했던 분석들도 기하학적 형태계측학으로 모두 분석이 가능하다. 각 점에서 점에 이르는 선형 길이와 그들이 이루는 각도들을 원자료(raw data)에서 수학적으로 계산할 수 있기 때문이다.

기하학적 형태계측학을 이용한 연구는 자료 수집과 정렬 과정에서 미리 크기와 형태를 구분하기 때문에 전통적 형태계측학에 비해서 좀 더 정확하며 간단하게 형태를 분석할 수 있다. 그리고 기하학적 형태계측학의 분석법은 좌표들을 대상으로 다변량 통계법을 사용하기 때문에 선형거리들만을 바탕으로 하는 좌우 비대칭 분석보다 통계적 검정력이 더 강건(robust)하다(Zelditch et al., 2012). 한편 전통적 형태계측학은 크기에서 형태를 분리하기 위해서 비율을 이용한다. 하지만 전통적 형태계측학으로 전체의 형태를 분석하기 위해서는 비율간의 관계들을 모두 평가해야 하기 때문에 분석 과정이 상대적으로 더 복잡하고 통계적 검정 과정에서 만족시켜야 하는 유의수준이 굉장히 작아진다.

¹ 단, a는 양수 스칼라 값.

기하학적 형태계측학에서는 개체의 위치, 크기, 회전 요소들을 제거하는 방법으로 프로크루스테스 겹침(Procrustes superimposition)을 사용한다. 이 방법은 각 개체의 무게중심(centroid)을 원점으로 옮겨서 위치 정보를 일치시키고,² 각 좌표들을 무게중심크기(centroid size)로 나누어 무게중심크기를 1로 만든다.³ 마지막으로 각 개체들을 모두 회전시키는데 동일한 위치에서 추출된 각 점들 사이의 거리를 모두 제공하여 더한 뒤에 제공근을 취한 값이 최소가 되도록 계산한다(Slice, 2005; Zelditch et al., 2012).⁴ 따라서 측정 오차를 0으로 가정하면 이 기법을 적용한 뒤에는 개체간 거리에 오직 형태 차이만 남는다. 이 값을 이용하여 개체 간의 형태

² 예를 들어, 각 점의 (x,y)좌표가 (a,b), (c,d), (e,f)인 삼각형의 무게중심의 (x,y)좌표는 $\left(\frac{a+c+e}{3}, \frac{b+d+f}{3}\right)$ 이다. 세 점에서 각각 무게중심을 빼면 삼각형의 무게중심이 (0,0)이 된다.

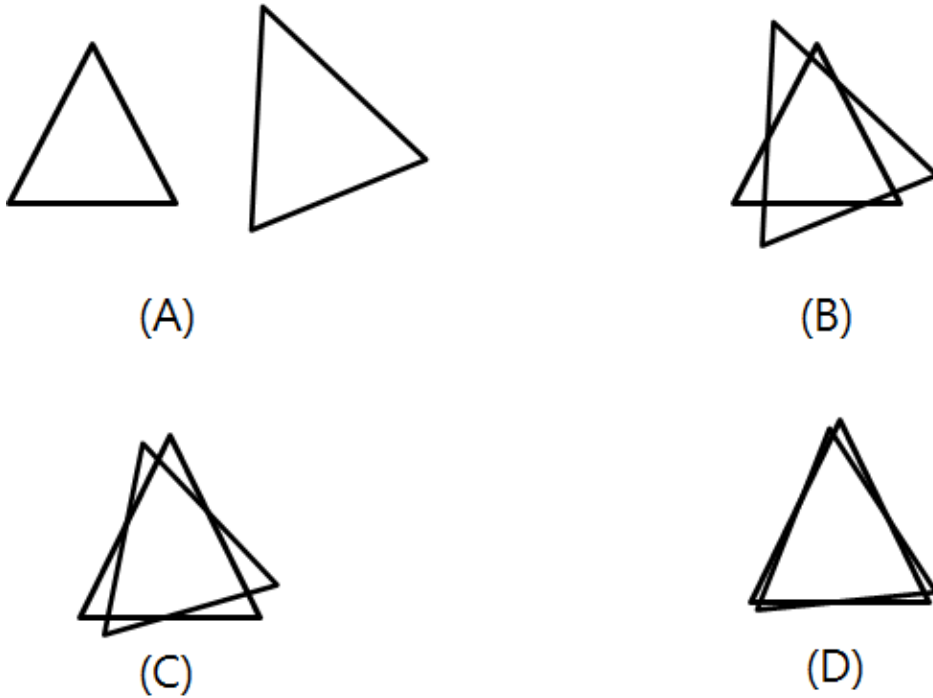
³ 무게중심크기는 무게중심에서 각 점의 값을 빼고 제공하여 모두 더한 뒤 제공근을 취한 값이다. 무게중심을 C, 각 점을 X_i 라고 했을 때, 삼각형의 무게중심크기는 $\sqrt{\sum_{i=1}^3 (X_i - C)^2}$ 이다.

⁴ 이 단계에는 회전공식을 사용한다. 예를 들어, 2차원 공간에서는 각 점 (x_i, y_i) 를 $\begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix}$ 로 곱한다. 점 (x_i, y_i) 는 $\{(x_i \cos\theta - y_i \sin\theta), (x_i \sin\theta + y_i \cos\theta)\}$ 가 된다. 공통된 부분에서 추출된 각 점 사이의 거리가 최소가 되게 하는 θ 값을 구하여 개체들을 회전시킨다.

차이를 나타낸 것이 프로크루스테스 거리(Procrustes distance)이다. Kendall(1984)의 공간 이론이 이 기법에 사용되며 이 이론은 형태 공간(shape space)의 초구(hypersphere) 위에 각 개체의 형태들을 벡터 형식으로 표현한다. 따라서 직접적으로 프로크루스테스 거리를 구하기 힘들 때는 초구에 접하는 평면 공간(tangent space)에서 유클리드 선형 거리로 근사(approximation)한다(Zelditch et al., 2012:75-102).

예를 들어, 2차원 공간의 점이 3개, 좌표가 6개인 삼각형의 프로크루스테스 겹침을 생각할 수 있다. 먼저, 그림 2의 (A)처럼 멀리 떨어져 있는 삼각형 2개의 무게중심 좌표를 (B)처럼 같은 점으로 옮긴다. 다음으로 (C)와 같이 두 삼각형의 무게중심크기를 1로 만든다. 마지막으로 (D)처럼 한 삼각형을 기준으로 다른 삼각형을 회전시킨다. 이런 식으로 자료에 속한 모든 개체들을 겹침 및 정렬하여 분석하는 것이 '일반화된 프로크루스테스 겹침 분석(generalized Procrustes superimposition analysis, 이하 GPA)'이다.

그림 2. 삼각형 2개의 프로크루스테스 겹침



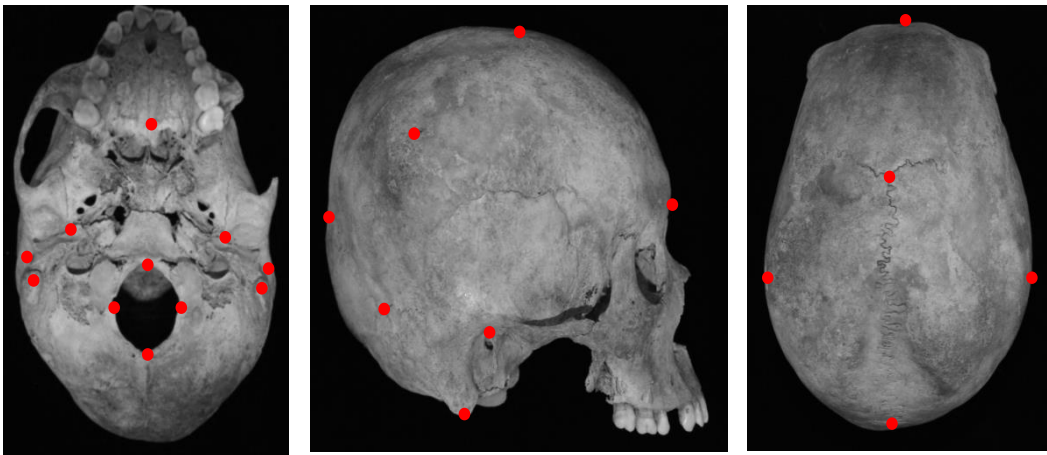
2) 좌표 정보 수집

이번 연구는 자료의 정확성을 위해서 적절한 기간을 두고 MicroScribe G2X(Immersion Corporation, USA)로 머리뼈의 계측점들을 2회 측정하였다. 계측점들은 Weisensee and Jantz(2011)의 연구에서 선택하여 적용하였고 머리뿔개뼈에서 8개, 머리뼈바닥에서 11개였다(그림 3).

머리뼈의 계측점 자료는 Bookstein(1991)의 기준에 따라서 제 1, 2, 3

형식의 점들을 모두 고려하여 수집했다. 먼저, 제 1형식 점은 해부학적으로 분명하게 추출할 수 있는 점이다. 예를 들어, 머리뼈에는 관상봉합선(coronal suture)과 시상봉합선(sagittal suture)의 교차점인 정수리점(bregma)이 있다. 다음으로 제 2형식 점은 송곳니(canine)의 가장 끝부분과 같이 어느 부분의 끝점이다. 마지막으로 제 3형식 점은 어느 부위의 가장 깊은 곳과 같이 그곳의 전체 구조를 함께 고려해야 하는 점이다.

그림 3. 계측점들의 위치



3) 좌우 형태의 비대칭 계산 방법

이번 연구는 좌우 크기 대신 좌우 형태의 비대칭을 계산한다. 그런데 좌우 크기와 형태의 비대칭에는 계산 방법의 차이가 있다. 먼저, 크기를

이용한 비대칭 분석을 위해서는 개체의 좌우 크기 차이인 $R-L$ 을 이용한다. 이 값들의 집단 평균이 DA이며 각 개체의 전체 비대칭(individual asymmetry, 이하 IA)에서 DA를 뺀 값이 개체의 FA이다. 이 식은 $IA_i = DA + FA_i + \epsilon_i$ 로 표현한다. ϵ_i 는 측정오류로 인한 오차항이다. 결국 크기를 대상으로 하면 각 개체가 가진 $R-L$ 값의 분포를 이용해서 FA, DA, AS를 도출한다.

형태의 좌우 비대칭을 구할 때는 각 점의 좌표를 모두 고려해야 한다. 특히 머리뼈와 같은 데칼코마니 종류의 대칭구조(object symmetry)는 중심선(median line)을 기준으로 만들어진 완벽한 대칭 형태와 실제 자료의 좌우형태 차이로 구해야 한다(Klingenberg et al., 2002). 예를 들어, 3차원에서 표현된 머리뼈는 각 점이 (x, y, z) 좌표를 가지므로 점 a 개를 가진 n 개의 머리뼈에는 $3an$ 개의 비대칭요소가 있다. 즉 형태의 FA는 크기의 FA와는 달리 모든 비대칭요소(coordinate asymmetry, 이하 CA)들에 각각 평균 비대칭 값(average coordinate asymmetry, 이하 ACA)들이 있다. 형태의 FA 값도 크기의 FA 값을 구할 때와 같이 IA에서 DA를 빼는 형식을 취한다. 하지만 프로크루스테스 거리(Procrustes distance)를 이용하여 집단의 평균적인 비대칭 형태와 실제데이터 형태의 거리를 구하는 방식에 차이가 있다. 형태의 FA 값을 구할 때는 각 좌표에 해당하는 CA에서 ACA를 뺀 뒤에 그것을 제공한 값을 모든 좌표에 대해 더한 뒤 제곱근을 취하기 때문이다. 결국 3차원상의 a 개의 점을 가진 n 번째 개체의 비대칭요소들이

3a개일 때 그 개체의 FA값은 $\sqrt{\sum_{i=1}^{3a} (CA_i - ACA_i)^2} = FA_r$ 이다. 이 식에 따르면 개체의 형태 FA는 모두 양수 값이다.

4) 통계적 분석

집단의 전체적인 형태의 FA와 DA에 대한 통계적 유의미성 분석은 Palmer and Strobeck(1986)의 방법을 사용하였다. 이 방법은 집단수준의 FA 유의미성을 도출하기 위해 이원분산분석(two-factor ANOVA)을 이용한다. 여기서 FA는 개체(individual)와 방향(side)의 교호작용(interaction)과 반복측정으로 인한 오류항(ϵ)으로 분석한다. DA도 유사한 방법을 이용해 방향과 오류항으로 분석한다. 이 방법에는 개체와 방향을 각각 무작위(random)항과 고정(fixed)항으로 둔 이원분산분석이 실시된다. 형태의 FA는 프로크루스테스 거리(Procrustes distance)를 이용하기 때문에 프로크루스테스 이원분산분석(Procrustes ANOVA)이라고도 한다. 그리고 형태의 좌우비대칭을 구할 때도 크기의 좌우비대칭과 마찬가지로 AS를 고려해야 한다. 이 분석을 위해서는 주성분 분석법(principal components analysis)으로 자료들이 모인 패턴을 참조하였다. 마지막으로 두 집단의 FA 평균 비교는 위에서 구한 FA 평균값들로 t -검정을 실시하였다.

기하학적 형태계측학 분석을 위해서는 종합적인(comprehensive) 형태

분석 프로그램인 Morpho J 1.05e(Klingenberg, 2011)를 이용하였다. Morpho J에서 불가능한 부가적인 통계분석들은 KESS(Korean Educational Statistics Software)로 실시하였다.

5. 연구 결과

먼저 AS의 존재여부를 확인하기 위해서 머리뼈 형태의 비대칭성분에 대한 주성분분석을 실시하였다. 그림 4를 보면 주성분점수(principal component score) 1과 2가 두 곳으로 몰려 있지 않고 비교적 골고루 분포되어 AS가 존재하지 않는 것으로 보인다. 다음으로 남성과 여성의 머리뼈 전체(얼굴뼈 제외)에 FA가 유의미하게 존재하는지 확인하였다. 이 분석 결과는 표 1과 2에서 정리하였다. 이 표들을 보면 FA는 남성에서만 유의미하게 나타났다(남: $p<.0001$; 여: $p=.3244$). 하지만 표 4에서 볼 수 있듯이 남성과 여성의 머리뼈 전체의 FA 평균값 차이는 유의미하지 않았다($p=.186$).

부위별로 FA 존재의 유의미성과 남녀의 FA 평균 비교 결과는 표 3과 4에 정리하였다. 먼저, 표 3을 보면 머리뼈바닥의 FA는 남성과 여성 모두에서 유의미하게 존재하지 않았다(남: $p=.9409$, 여: $p=.5724$). 반면에 머리뿔개뼈의 FA는 남성과 여성 모두에서 유의미하게 존재했다($p<.0001$).

그러나 남녀의 FA 평균값 차이는 모든 부위에서 통계적으로 유의미하지 않았다. 하지만 남성의 FA값 평균이 큰 경향은 있었다. 머리뿔개뼈의 FA 평균 차이가 가장 작았으며 머리뼈바닥, 머리뼈 전체(얼굴뼈 제외) 순으로 그 차이가 커졌다.

그림 4. 머리뼈 전체 형태의 비대칭성분의 주성분점수 분포(위가 남성)

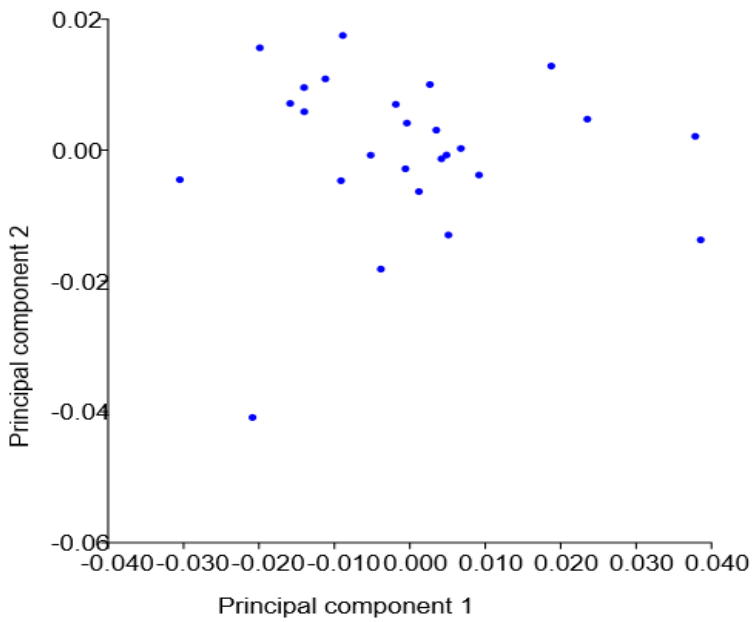
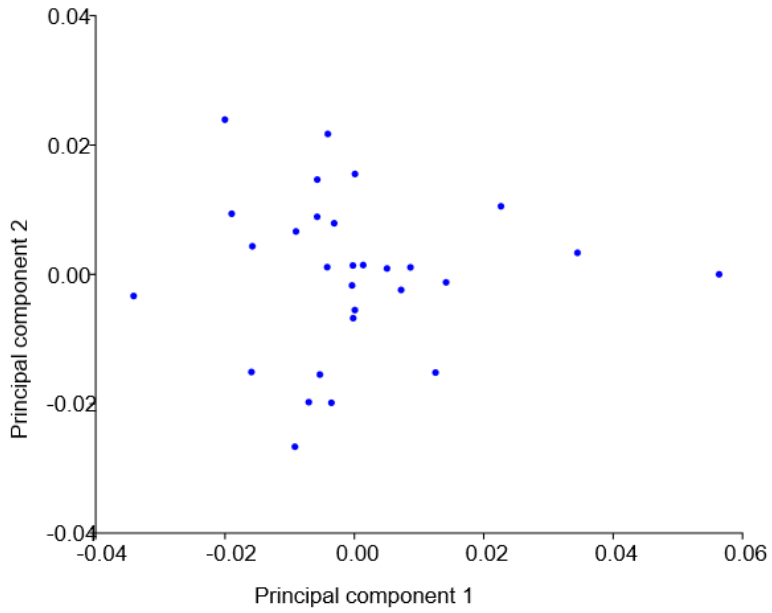


표 1. 여성의 머리뼈 전체 형태(얼굴뼈 제외)에 대한 프로크루스테스 ANOVA

요인	제공합	평균제공합	자유도	F값	P값
개체	0.1165	0.000245	476	4.42	<.0001
방향(DA)	0.0063	0.000284	22	5.13	<.0001
개체*방향(FA)	0.0207	0.000055	374	1.04	0.3244
오차항 (측정오류)	0.0909	0.000053	1700		

표 2. 남성의 머리뼈 전체 형태(얼굴뼈 제외)에 대한 프로크루스테스 ANOVA

요인	제공합	평균제공합	자유도	F값	P값
개체	0.1544	0.000262	588	3.91	<.0001
방향	0.0054	0.000247	22	3.68	<.0001
개체*방향	0.031	0.000067	462	1.51	<.0001
오차항	0.0799	0.000044	1800		

표 3. 부위별 남성과 여성의 FA존재 유의미성 검정 결과

	개체 수	제공합	평균제공합	자유도	F값	P값
<i>머리뼈바닥</i>						
남성	26	0.0307	0.000102	300	0.86	0.9409

		0.1602	0.000118	1352		
여성	23	0.0247	0.000094	264	0.98	0.5724
		0.1118	0.000096	1170		
<i>머리뿔개뼈</i>						
남성	26	0.0503	0.000287	175	1.60	<.0001
		0.1588	0.000179	884		
여성	26	0.0519	0.000296	175	1.70	<.0001
		0.1482	0.000174	850		

표 4. 부위별 남성과 여성의 FA값 평균 비교

부위	남성		여성		P값
	FA값 평균	개체 수	FA값 평균	개체 수	
머리뿔개뼈	0.0254	26	0.0251	26	0.9398
머리뼈바닥	0.0202	26	0.0193	23	0.622
머리뼈 전체	0.0232	22	0.0201	18	0.186

(얼굴뼈 제외)

6. 고찰

이번 연구의 결과를 보면 머리뼈 전체의 FA는 남성에서만 통계적으로 유의미하게 존재했다(표 1과 2). 이러한 결과는 성별에 따른 생물학적 완충 능력 차이를 반영한다고 생각할 수 있다. 여성의 생물학적 완충 능력이 남성보다 더 크기 때문에 여성에서 FA 수준이 더 낮게 나타난 것이다. 하지만 남녀의 FA 평균 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다(표 4). 이러한 결과는 Özener(2010a)의 연구에서도 발견된다. Özener(2010a)는 터키 앙카라의 현대인 집단에서 성별에 따른 FA 수준을 비교했는데 하류층에서만 남성의 FA 수준이 여성보다 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다. 반면에 상류층에서는 남성의 FA 수준이 여성보다 높았지만 통계적으로 유의미하지는 않았다. 상류층이 발달과정에서 경험한 스트레스 수준이 하류층보다 낮았기 때문이다. 남성이 여성보다 환경의 질에 더 민감하므로 하류층의 성별에 따른 FA 수준 차이가 상류층의 FA 수준 차이보다 더 크게 나타난 것이다. 그리고 이번 연구에 사용된 조선시대 사람뼈 집단은 모두 회묘에서 출토된 개체들이었는데 그 당시의 매장 관습을 고려하면 이 집단의 사회경제적 지위가 중·상류층에 속한다는 해석이 가능하다(우은진 외, 2011). 따라서 이 집단의 사회경제적 지위를 고려하면 이 집단이 발달 과정에서 경험한 일반적인 스트레스 수준이 낮았고 이 요인으로 인해 남성과 여성의

FA 수준 차이가 유의미하게 나타나지 않았다고 추론할 수 있다.

그런데 이 집단은 사회문화적으로 남녀차별적 양육관행을 실시했을 가능성이 있다. 조선시대 중·후기는 남존여비 사상을 바탕으로 칠거지악, 삼종지도 등을 여성에게 강요했고 대를 잇는 아들을 중요시했던 시기였기 때문이다(이경혜, 1999). 일반적으로 남녀차별적 양육관행이 있는 사회에서는 출생 후 남아에게 더 많은 영양분을 투자한다. 따라서 출생 후의 발달 과정에는 여아가 남아보다 상대적으로 더 큰 스트레스를 받는다. 그리고 머리뼈는 뇌의 성장이 거의 마치는 제1대구치의 맹출 시기(평균적으로 6세 전후) 이후에도 계속 모양(shape)이 변하여 개체의 사춘기 생장이 멈추면 완성되므로(Jeffery and Spoor, 2002; Neubauer et al., 2009) 출생 후의 남녀차별적 양육관행에 의한 영향을 받을 수 있다. 이러한 점들을 고려하면 조선시대 집단에서는 성별에 따른 FA 수준이 역전되어 여성의 FA 수준이 남성보다 높을 수 있다. 하지만 이번 연구에서는 남성의 FA 수준이 여성보다 더 높은 경향이 있었다. 따라서 이 집단에 남녀차별적 양육관행이 존재했다면 이번 연구의 결과는 출생 전에 존재했던 남성과 여성의 FA 수준 차이가 출생 후에도 남아있었기 때문에 나타났다고 해석할 수 있다. 결국 Özener(2010a)의 선행 연구와 이 집단이 남녀차별적 양육관행을 실시했을 가능성을 고려하면 남성의 FA 평균이 머리뼈의 모든 부위에서 여성보다 높게 나타난 경향은 둘 중 하나로 해석할 수 있다.

1. 연구 대상인 조선시대 사람뼈 집단의 사회경제적 지위가 중·상류층이었다. 따라서 이 집단이 발달 과정에서 경험한 일반적인 스트레스가 낮은 수준이었다. 그 결과로 남성과 여성의 FA 수준 차이가 작게 나타났다.
2. 조선시대의 생활 수준 및 환경의 질이 열악해서 이 집단이 발달하면서 받은 일반적인 스트레스가 상당히 높은 수준이었다. 이로 인해 성별에 따른 FA 수준 차이가 출생 전에는 더 컸지만 출생 후에 이루어진 남녀차별적 양육투자로 인해서 그 차이가 줄어들었다.

이번 연구 결과를 보면 조선시대 사람뼈 집단의 FA 평균은 같은 방법론을 이용한 Bigoni et al.(2013)의 중세 체코 사람뼈 집단보다 약 2.3배 높다. 머리뿔개뼈의 FA값 평균은 조선시대의 사람뼈 집단에서 0.0252, 중세 체코의 사람뼈 집단에서 0.009였다. 머리뼈바닥의 FA값 평균은 조선시대의 사람뼈 집단에서 0.01975, 중세 체코의 사람뼈 집단에서 0.011 였다. 그리고 Bigoni et al.(2013)에서는 중세 체코의 사람뼈 집단과 현대 체코의 하류층에 속하는 사람뼈 집단의 FA를 비교하였는데 중세 집단의 FA가 현대 하류층 집단보다 약간 낮은 평균을 보였다. 하지만 두 집단의 차이는 조선시대 집단과 중세 체코 집단 사이의 차이보다 훨씬 적은 약 0.001 정도였다.

현대 체코의 하류층 출신 집단은 Pachner 컬렉션에 속하는데 이들은 1930년대 사람들로서 여러 환경적 스트레스에 높은 수준으로 노출되었다고 알려져 있다. 예를 들어, 이 집단에서는 높은 수준의 뼈대 비대칭, 낮은 수준의 성적이형성, 연약한 뼈대, 높은 비율의 치아 결실 등이 발견된다. 따라서 조선시대 사람뼈 집단이 발달 과정에서 경험한 일반적인 스트레스가 비교적 높은 수준이었음을 추론할 수 있다.

한편, 은평구 진관동에서 출토된 조선시대 사람뼈 집단의 선형 에나멜 형성부전증(linear enamel hypoplasia, 이하 LEH)에 대한 연구에서도 이 집단의 LEH 유병률을 높은 수준으로 보고하였다(박순영 외, 2011). 예를 들어, LEH의 치아별 유병률이 아래턱 좌우 송곳니에서는 각각 88.5%와 90.6%로 나타났다. LEH는 치아가 발달할 때 경험한 생리적 스트레스에 의해 생긴 가로 고랑 모양의 에나멜 결함인데 이 스트레스 지표도 FA와 마찬가지로 개체가 발달하면서 경험한 스트레스를 연구하는데 이용되어 왔다(Gautalli-Steinberg and Lukacs, 1999). 그리고 Gautalli-Steinberg and Lukacs(1999)가 정리한 LEH 연구들의 개체별 유병률을 보면 조선시대 집단의 유병률은 여러 시대와 지역의 집단들 중에서도 높은 수준에 속한다. 현대인을 대상으로 한 정리를 보면 중국인이 약 43-58%, 멕시코인이 약 54-60%, 옛사람뼈 자료에서는 Pueblo 인디언이 약 61-81%, Anasazi 인디언이 약 88-93%의 유병률을 보였다. 노예 생활을 했던 집단들에서는 로마 제국이 약 67-84%,

미국이 약 37-100%의 유병률을 보였다. 한편 조선시대 사람뼈 집단에서는 아래턱뼈 송곳니에서 약 90%의 유병률이 나타나므로 적어도 이 치아를 가진 개체들은 약 90%가 LEH를 갖고 있다. 박순영 외(2011)에서 연구 자료로 사용된 160 개체 중에 좌우 아래턱뼈 송곳니를 가진 개체는 각각 128개체와 125 개체로서 치아들 중에는 아래턱뼈 송곳니의 보존율이 가장 높았다. 따라서 좌측 아래턱뼈의 송곳니로 단순하게 계산해도 72%의 개체별 유병률이 도출된다. 다른 치아들을 같이 고려하면 이 유병률은 더 높아질 수 있다. 따라서 조선시대 사람뼈 집단의 LEH 유병률과 평균적인 FA 수준을 바탕으로 할 때 이 집단이 발달과정에서 경험한 일반적인 스트레스가 비교적 높은 수준이었음을 추론할 수 있다.

결국 이번 연구에서 사용한 조선시대 사람뼈 집단은 모두 회묘에서 출토되어 사회경제적으로 중·상류층에 속하지만 이 집단이 발달 과정에서 경험한 스트레스 수준은 비교적 높았다고 추론할 수 있다. 그리고 Özener(2010a)의 연구 결과는 스트레스 수준이 높을수록 남성과 여성의 FA 수준 차이가 커진다는 것을 보여주었다. 따라서 조선시대의 생활 수준 및 환경이 상당히 열악했기 때문에 출생 전에 발생한 남녀의 FA 차이가 출생 후의 남녀차별적 양육관행에도 불구하고 남아있게 되었다는 두 번째 해석의 가능성이 더 크다.

7. 연구의 한계

이번 연구에는 머리뼈에 가해질 수 있는 사후변형의 영향을 고려하지 못한 한계가 있을 수 있다. 이 연구에서 사용한 사람뼈 집단은 15세기에서 20세기 초반에 해당하는 분묘에서 출토되었다. 따라서 이번 연구에 사용된 머리뼈들은 사후의 긴 시간 동안 물리적인 힘을 받았을 가능성이 있다. 예를 들어, Jurda et al.(2013)은 고고학유적에서 출토된 사람뼈의 토양과 닿았던 각도와 머리뼈의 비대칭 패턴이 일정한 상관관계를 보인다고 보고하였다. 하지만 이번 연구 집단의 개체들은 모두 회묘에서 출토되어 개체들이 외부의 토양과 직접 닿은 경우는 드물었다. 결국 조선시대 집단의 머리뼈가 회묘 안에서 어떤 방식으로 사후변형의 영향을 받았는지는 정확히 알 수 없다. 따라서 향후 회묘와 유사한 실험적 환경에서 머리뼈 형태가 받는 사후변형의 영향을 연구하여 이러한 한계를 극복해야 하겠다.

8. 연구의 결론 및 의의

이번 연구에서는 서울·경기 지역에서 출토된 15세기에서 20세기 초반의 조선시대 사람뼈 집단을 이용하여 그들의 머리뼈에서 발생하는 FA를 집단 내, 집단 간 수준에서 비교하였다. 이 결과들을 바탕으로 이 집단에서 성별에

따른 FA 수준 차이가 나타난 원인과 이 집단이 발달과정에서 경험한 스트레스 수준을 추론할 수 있었다.

이 집단에서는 남성의 FA 수준이 여성보다 높게 나타났다. 이 결과는 성별에 따른 생물학적 완충 능력 차이를 반영한다고 해석될 수 있다. 즉 여성의 스트레스 저항력이 남성보다 더 크기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 볼 수 있다. 하지만 성별에 따른 FA 평균의 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다. 이번 연구는 그 원인으로 이 집단 전체가 발달과정에서 경험한 높은 스트레스 수준과 남녀차별적 양육관행의 실시 가능성을 지적하였다. 출생 전에는 집단 전체의 높은 스트레스 수준 때문에 남성과 여성의 FA 수준 차이가 상당히 컸으며 출생 후의 남녀차별적 양육관행에 의해 그 차이가 어느 정도는 줄었지만 여전히 남아있었다고 해석했다. 남성이 여성보다 환경의 질에 더 민감하게 반응하여 집단 전체의 스트레스 수준이 높을 때는 남녀의 FA 수준 차이가 더 커지기 때문이다. 결국 남성의 FA 평균이 여성보다 높은 경향이 있었지만 이 집단 전체가 경험한 스트레스 수준과 남녀차별적 양육관행 때문에 그 차이가 통계적으로 유의미하지는 않았다고 분석할 수 있었다.

이 연구는 머리뼈 형태의 FA를 통해 조선시대 사람들의 스트레스 수준을 추론함으로써 그들의 생활상을 복원하는 생물고고학 연구에 도움이 된다는 점에서 의의가 있다. 기존의 연구들에서는 조선시대 머리뼈의 형태적

특징과 집단이 발달과정에 경험한 일반적인 스트레스를 연결하지 않는 경향이 있었다. 하지만 특정 집단을 연구할 때 그 집단이 발달과정에 겪었던 일반적인 스트레스 수준의 분석은 그들의 전반적인 생활수준 등을 추론하는데 큰 역할을 할 수 있다. 따라서 조선시대 사람뼈 집단의 스트레스 수준을 복원하는 연구는 향후 한반도에서 출토된 다양한 시대와 지역의 옛사람뼈 집단들을 비교 연구하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

Abramowicz M, Barnett HL. 1970. Sex ratio of infant mortality. *American Journal of Diseases of Children* 119(4): 314-315.

Barbara RM. 2007. Why females are mosaics, x-chromosome inactivation, and sex differences in disease. *Gender Medicine* 4: 97-105.

Barrett CK, Guatelli-Steinberg D, Sciulli PW. 2012. Revisiting dental fluctuating asymmetry in Neandertals and modern humans. *American Journal of Physical Anthropology* 149: 193-204.

Benten WP, Wunderlich F, Mossmann H. 1992. Testosterone-induced suppression of self healing *Plasmodium chabaudi*: an effect not mediated by androgen receptors?. *Journal of Endocrinology* 135: 407-413.

Bigoni L, Krajčiček V, Sládek V, Velemínský P, Velemínská J. 2013. Skull shape asymmetry and the socioeconomic structure of an early medieval

central European society. *American Journal of Physical Anthropology* 150: 349-364.

Bookstein FL. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

DeLeon VB. 2007. Fluctuating Asymmetry and stress in a medieval Nubian population. *American Journal of Physical Anthropology* 132: 520-534.

Dibennardo R, Bailit HL. 1978. Stress and dental asymmetry in a population of Japanese children. *American Journal of Physical Anthropology* 48: 89-94.

Gawlikowska A, Szczurowski J, Czerwiński F, Miklaszewska D, Adamiec E, Dzieciołowska E. 2007. The fluctuating asymmetry of medieval and modern human skulls. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology* 58: 159-172.

Gangestad SW, Thornhill R, Yeo RA. 1994. Facial attractiveness, developmental stability, and fluctuating asymmetry. *Ethology and Sociobiology* 15: 73-85.

Green MS. 1992. The male predominance in the incidence of infectious diseases in children: a postulated explanation for disparities in the literature. *International Journal of Epidemiology* 21(2): 381-386.

Greene LS. 1973. Physical growth and development, neurological maturation and behavioral functioning in two Ecuadorian Andean communities in which goiter is endemic. I. Outline of the problem of endemic goiter and cretinism, physical growth and neurological maturation in the adult population of La Esperanza. *American Journal of Physical Anthropology* 38: 119-134.

Guatelli-Steinberg D, Lukacs JR. 1999. Interpreting sex differences in enamel hypoplasia in human and non-human primate: developmental, environmental, and cultural considerations. *Yearbook of Physical Anthropology* 42: 73-126.

Guatelli-Steinberg D, Sciulli PW, Edgar HHJ. 2006. Dental fluctuating asymmetry in the Gullah: tests of hypotheses regarding developmental stability in deciduous vs. permanent and male vs. female teeth. *American Journal of Physical Anthropology* 129: 427-434.

Hammoud EI. 1965. Studies in fetal and infant mortality. *American Journal of Public Health and the Nations Health* 55(8): 1152-1163.

Harris EF, Nweeia MT. 1980. Dental asymmetry as a measure of environmental stress in the Ticuna indians of Colombia. *American Journal of Physical Anthropology* 53: 133-142.

Ingervall B, Helkimo E. 1978. Masticatory muscle force and facial morphology in man. *Archives of Oral Biology* 23: 203-206.

Jakobovits A, Jakobovits AA, Viski A. 1987. Sex ratio of the stillborn fetuses and neonates dying in the first week. *Early Human Development*

15: 131-135.

Jeffery N, Spoor F. 2002. Brain size and the human cranial base: a prenatal perspective. *American Journal of Physical Anthropology* 118: 324-340.

Jurda M, Urbanová P, Králík M. 2013. The post-mortem pressure distortion of human crania uncovered in an early Medieval Pohansko (Czech Republic) graveyard. *International Journal of Osteoarchaeology*
Published online in Wiley Online Library.

Kendall DG. 1984. Shape-manifolds, Procrustean metrics and complex projective spaces. *Bulletin of the London Mathematical Society* 16: 81-121.

Klein SL. 2000. The effects of hormones on sex differences in infection: from genes to behavior. *Neuroscience and Biobehavior Reviews* 24: 627-638.

_____. 2004. Hormonal and immunological mechanisms mediating sex differences in parasite infection. *Parasite Immunology* 26: 247-264.

Klingenberg CP. 2011. MorphoJ: an intergrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11(2): 353-357.

Klingenberg CP, Barluenga M, Meyer A. 2002. Shape analysis of symmetric structures: quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution* 56: 1909-1920.

Koehler N, Simmons LW, Rhodes G, Peters M. 2004. The relationship between sexual dimorphism in human faces and fluctuating asymmetry. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: S233-S236.

Kotilaninen J, Hölttä P, Mikkonen T, Arte S, Sipilä I, Pirinen S. 1995. Craniofacial and dental characteristics of Silver-Russell syndrome. *American Journal of Medical Genetics* 56: 229-236.

Møller AP. 1997. Developmental stability and fitness: a review. *American Naturalist* 149: 916-932.

Møller AP, Fincher CL, Thornhill R. 2009. Why men have shorter lives than women: effects of resource availability, infectious disease, and senescence. *American Journal of Human Biology* 21: 357-364.

Naugler CT, Ludman MD. 1996. Fluctuating asymmetry and disorders of developmental origin. *American Journal of Medical Genetics* 66: 15-20.

Neubauer S, Gunz P, Hublin JJ. 2009. The pattern of endocranial ontogenetic shape changes in humans. *Journal of Anatomy* 215: 240-255.

Noss JF, Scott GR, Potter RHY, Dahlberg AA. 1983. Fluctuating asymmetry in molar dimensions and discrete morphological traits in Pima indians. *American Journal of Physical Anthropology* 61: 437-445.

Özener B. 2010a. Brief communication: facial fluctuating asymmetry as a marker of sex differences of the response to phenotypic stresses. *American Journal of Physical Anthropology* 143: 321-324.

_____. 2010b. Fluctuating and directional asymmetry in young human males: effect of heavy working condition and socioeconomic status. *American Journal of Physical Anthropology* 143: 112-120.

_____. 2010c. Effect of inbreeding depression on growth and fluctuating asymmetry in Turkish young males. *American Journal of Human Biology* 22: 557-562.

Palmer AR, Strobeck C. 1986. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual review of Ecology and Systematics* 17: 391-421.

Peretz B, Ever-Hadani P, Casamassimo P, Eidelman E, Shellhart C, Hagerman R. 1988. Crown size asymmetry in males with Fra(X) or Martin-Bell syndrome. *American Journal of Medical Genetics* 30: 184-190.

Peiris R, Satake T, Kanazawa E. 2013. Fluctuating asymmetry of the permanent mandibular molars in a Japanese population. *Odontology* 101: 15-21.

Raadsheer MC, Kiliaridis S, Van Eijden TMGJ, Van Ginkel FC, Pahl-Andersen B. 1996. Masseter muscle thickness in growing individuals and its relation to facial morphology. *Archives of Oral Biology* 41: 323-332.

Roberts CW, Satoskar A, Alexander J. 1996. Sex steroids, pregnancy-associated hormones and immunity to parasitic infection. *Parasitology Today* 12(10): 382-388.

Ruff CB, Holt B, Trinkaus E. 2006. Who's afraid of the big bad Wolff?: "Wolff's Law" and bone functional adaptation. *American Journal of Physical Anthropology* 129: 484-498.

Schaefer K, Lauc T, Mitteroecker P, Gunz P, Bookstein FL. 2006. Dental arch asymmetry in an isolated Adriatic community. *American Journal of*

Physical Anthropology 129: 132-142.

Scheib JE, Gangestad SW, Thornhill R. 1999. Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Sciences* 266: 1913-1917.

Slice DE. 2005. Modern morphometrics. In *modern morphometrics in physical anthropology*, DE. Slice, ed. pp. 1-45. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

D'Souza S, Chen LC. 1980. Sex differentials in mortality in rural Bangladesh. *Population and Development Review* 6(2): 257-270.

Stinson S. 1985. Sex differences in environmental sensitivity during growth and development. *Yearbook of Physical Anthropology* 28: 123-147.

Suarez BK. 1974. Neandertal dental asymmetry and the probable mutation effect. *American Journal of Physical Anthropology* 41: 411-416.

Swaddle JP, Cuthill IC. 1995. Asymmetry and human facial attractiveness: symmetry may not always be beautiful. *Proceeding of the Royal Society B: Biological Sciences* 261: 111-116.

Thornhill R, Møller AP. 1997. Developmental stability, disease and medicine. *Biological Reviews* 72: 497-548.

Trivers R, Manning JT, Thornhill R, Singh D, McGuire AM. 1999. Jamaican symmetry project: long-term study of fluctuating asymmetry in rural Jamaican children. *Human Biology* 71(3): 417-430.

Tuxen A, Bakke M, Pinholt EM. 1999. Comparative data from young men and women on masseter muscle fibres, function and facial morphology. *Archives of Oral Biology* 44: 509-518.

Van Valen L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 16: 125-142.

Weisensee KE. 2013. Assessing the relationship between fluctuating asymmetry and cause of death in skeletal remains: a test of the

developmental origins of health and disease hypothesis. *American Journal of Human Biology* 25: 411-417.

Weisensee KE, Jantz RL. 2011. Secular Changes in Craniofacial Morphology of the Portuguese Using Geometric Morphometrics. *American Journal of Physical Anthropology* 145: 548-559.

Wells JCK, Hallal PC, Manning JT, Victora CG. 2006. A trade-off between early growth rate and fluctuating asymmetry in Brazilian boys. *Annals of Human Biology* 33(1): 112-124.

Zelditch ML, Swiderske DL, Sheets HD. 2012. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*, 2nd edition. Oxford: Elsevier Academic Press.

경기문화연구원. 2009. 『안성 만정리 신기유적(본문2)』.

박순영. 2011. 「영양 수준의 향상에 따른 신장 성적이형성의 변화: 탈북자 자료를 이용한 남북한 비교연구」. 『한국영양학회지』 44(2): 162-170.

박순영, 우은진, 정양승, 조길환. 「조선 중 · 후기 사람들의 성별, 분묘형식별, 사망연령별 치아 선형 에나멜 형성부전증 발생 양상」. 『대한체질인류학회지』 24(3): 123-134.

이경혜. 1999. 「여성건강과 남녀 평등 문화」. 『여성건강간호학회지』 5(2): 237-244.

우은진, 정양승, 조길환, 박순영. 「서울 은평 분묘군 출토 조선시대의 인골에 나타난 사지골의 퇴행성 변화와 분묘 형식의 관계에 대한 연구」. 『야외고고학』 12: 139-162.

중앙문화재연구원. 2009. 『은평구 진관동 분묘군 Ⅲ』.

한국선사문화연구원. 2011. 『고양 신원동·원흥동 유적』.

_____. 2012. 『파주 윤정 1지구 자연유물분석(V)』.

Abstract

The study of cranial fluctuating asymmetry in a Joseon Dynasty population

In this study, levels of cranial fluctuating asymmetry of males and females in a Joseon Dynasty population were analyzed. Fluctuating asymmetry, the random deviation from perfect symmetry, is a bio-indicator of genetic and environmental stresses. Individuals can experience various stresses while they develop. Given limited resources, developmental instability can occur because resources (nutrition) are needed to resist stresses as well as to develop. For instance, there can be a delay between the resorbing and restructuring process of bone-structures when individuals are under stress. This can result in fluctuating asymmetry because it is not critical for the survival of individuals to develop left and right side of bone in asymmetry. It can be expected that the level of fluctuating asymmetry of males is higher than that of females because the biological buffering capacity of females is higher than that of males. However, the level of stresses in a population and socio-

cultural factors can make the levels of fluctuating asymmetry of males and females hard to predict. In this regard, this study analyzed levels of cranial fluctuating asymmetry of males and females in a Joseon Dynasty population considering the level of stresses in a population and socio-cultural factor such as sex-discriminatory parenting practice.

For this study, 77 individuals (39 males and 38 females) who lived in the 15th to early-20th centuries from Seoul and Gyeonggi province were analyzed. They have been preserved at Seoul National University and Chungbuk National University. Geometric morphometrics was applied to investigate the shape of crania with 19 landmarks. Procrustes ANOVA was conducted to test statistical significance of cranial fluctuating asymmetry with Morpho J 1.05e. The mean values of fluctuating asymmetry of males and females were compared using a t-test with KESS.

The results showed that fluctuating asymmetry in the entire cranium was significant only in males (males: $p < .0001$; females: $p = .3244$). Fluctuating asymmetry in the vault was significant in both males and females ($p < .0001$). On the other hand, fluctuating asymmetry in the basicranium was not significant in both males and females (males: $p = .9409$; females: $p = .5724$). The mean values of fluctuating asymmetry of males and females were not

significantly different in the entire cranium, the basicranium, and the vault although males tended to have higher mean values of fluctuating asymmetry than females.

These results can be interpreted to reflect the different biological buffering capacity of two sexes. However, the mean values of fluctuating asymmetry of the two sexes were not significantly different. This could be caused by the level of stresses in a population and sex-discriminatory parenting practice. Different levels of fluctuating asymmetry in males and females become larger with high levels of stresses in a population because males are more sensitive to environmental quality than females. However, the different levels of fluctuating asymmetry between males and females can be decreased after birth because of sex-discriminatory parenting practice. In conclusion, it was inferred that males tended to have higher levels of fluctuating asymmetry than females although this was not statistically significant because of levels of stresses in a population and sex-discriminatory parenting practice.

Key words: Cranium, Fluctuating asymmetry, Joseon Dynasty, Difference between males and females, Geometric morphometrics

Student number: 2013-20090