

# 모아레등고선 촬영법을 활용한 머리뼈의 분석과 인구집단 추정 가능성

김덕수, 고정식, 박경호, 박대균

순천향대학교 의과대학 해부학교실

(2014년 8월 26일 접수, 2014년 9월 18일 수정접수, 2014년 9월 22일 게재승인, Published Online 30 September 2014)

**간추림** : 분석자의 숙련도에 따라 해석이 약간 달라질 수 있는 머리뼈의 비계측적 분석을 모아레등고선 촬영법을 활용하여 연구하였고, 성별과 인구집단을 추정하는 데 도움이 되는지를 조사하였다. 이 연구의 목적은 모아레등고선 촬영법이 머리뼈의 비계측적 분석을 보다 객관적으로 시행하는 데 도움이 되는지를 확인하기 위한 것이다.

미국 테네시대학 인류학과에서 보관하고 있는 William Bass collection에서 머리뼈 (cranium) 134개 (남성 87개, 여성 47개)를 재료로 하였다. 모아레등고선을 발생시킬 수 있는 격자(master screen)와 카메라 사이의 거리는 1.2m였고, 머리뼈는 두개지지기(craniophore)를 사용하여 해부학자세로 위치시킨 다음, 정면과 양쪽 옆면을 사진 촬영하였다.

정면에서 등고선은 역삼각형 모양(I), 역삼각형위에 삼각형이 연결된 모양(II), 마름모 모양(III)과 오각형 모양(IV)으로 구분할 수 있었고, 역삼각형 모양은 남성에서 가장 많이 관찰(53개-63%)되었고, 오각형 모양은 여성에서 가장 많이 관찰(26개-55%)되었다. 옆면은 쉘표 모양(I), 귀 모양(II), 화살표머리 모양(III)과 타원형 모양(IV)으로 구분할 수 있었고, 남성에서 쉘표 모양이나 귀 모양이 주로 관찰되었고, 여성에서 타원형 모양이 주로 관찰되었다.

모아레등고선을 분석한 결과 머리뼈를 사용하여 성별을 추정하는 데 있어서 비계측적 분석에서 발생할 수 있는 문제점을 보완할 수 있는 가능성을 확인하였다. 또한 이전 연구와 비교해 보았을 때, 머리뼈 옆면을 분석하는 것을 통해 한국인과 미국인을 구별하는 데에도 활용될 수 있는 가능성이 있다고 판단되었다.

**찾아보기 낱말** : William Bass Collection, 머리뼈, 비계측적 연구, 모아레등고선, 인구집단 추정

## 서 론

체질인류학(physical anthropology) 분야에서 인구집단(ethnicity)의 형태학적 특징을 가장 잘 나타내는 요소는 머리뼈이며, 머리뼈는 다른 부위의 뼈대와 비교했을 때 환경적 영향을 적게 받는 대신 유전적 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다[1,2]. 법의인류학(forensic anthropology) 분야에서 개인식별항목(biological profile)의 하나인 인구집단을 추정할 때 머리뼈의 계측적 특

징 또는 비계측적 특징을 분석한다[3]. 또한, 뼈대는 사춘기를 지나면서 원래 유전적으로 결정된 성별에 따라 형태학적 특징이 변하고 이에 따라 남성과 여성 뼈대는 성장의 변화를 나타내게 된다. 그 결과 남성 머리뼈의 형태학적 특징은 여성 머리뼈의 형태학적 특징과 차이를 나타낸다[4,5].

모아레등고선 촬영법(moiré contourgraphy)은 Takasaki(1970)[6]가 기계공학 분야에서 물체 표면의 형태를 분석하기 위하여 처음 적용한 것으로, 원리는 빛의 간섭현상에 의해 물체의 표면에 동심원 모양의 등고선이 발생하는 것이다. 임상 분야에서는 척추옆굽이증(spinal scoliosis)의 수술 전후에 대한 평가[7,8], 척추변형(vertebral deformity)의 진단[9,10]에 활용하였다. 이 원리를 활용하여 한국인의 머리뼈를 분석한 연구[11]가 발표되었으나 추가적인 연구가 필요한 상황이고, 개

\*이 논문은 2011학년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구하였음.

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

교신저자 : 박대균(순천향대학교 의과대학 해부학교실)

전자우편 : mdeornf@sch.ac.kr

인식별항목은 뼈 표본이 풍부해야 다양한 연구가 가능  
한데 한국인의 경우 뼈 표본이 부족하여 다른 나라의  
연구에 비해 부족한 면이 있다[12].

미국 테네시 주립대학 인류학과(Department of anthro-  
pology, The university of Tennessee)의 법의인류학연구  
소(the forensic anthropology center)에서 보관하고 있는  
William Bass Collection (WM Bass Donated Skeletal  
Collection) [13]은 1981년부터 현재까지 기증받은 시신  
에서 얻은 약 1,000여 개의 뼈 표본으로 구성되어 있으  
며, 공시적 또는 통시적 연구가 필요한 법의인류학 연  
구의 재료로 많이 활용되고 있다. Hefner (2009) [3]는  
선사시대 뼈대와 William Bass Collection을 포함한 747  
명의 머리뼈를 대상으로, 비계측항목을 계측항목으로  
변환시킬 수 있는 윤곽계측기(contour gage)를 사용하  
여 인구집단을 추정하는 연구를 수행하였다. 연구자[3]  
는 분석하는 사람의 경험에 따라 약간의 차이가 발생  
할 수 있는 다소 주관적인 분석인 비계측항목의 분석  
을 객관적인 분석으로 전환시키고자 노력하였다.

이 연구의 목적은 William bass collection에 대한 연  
구절차를 국내 연구진에 소개하고, 머리뼈의 비계측적  
분석을 보다 객관적으로 전환시키는 데 모아레등고선  
촬영법이 도움이 되는지 확인하기 위하여 시행되었다.  
또한 모아레등고선을 활용한 머리뼈의 분석을 통해 법  
의인류학 분야의 개인식별항목인 성별과 인구집단을  
추정하는 데 도움이 되는지를 조사하였다.

## 재료 및 방법

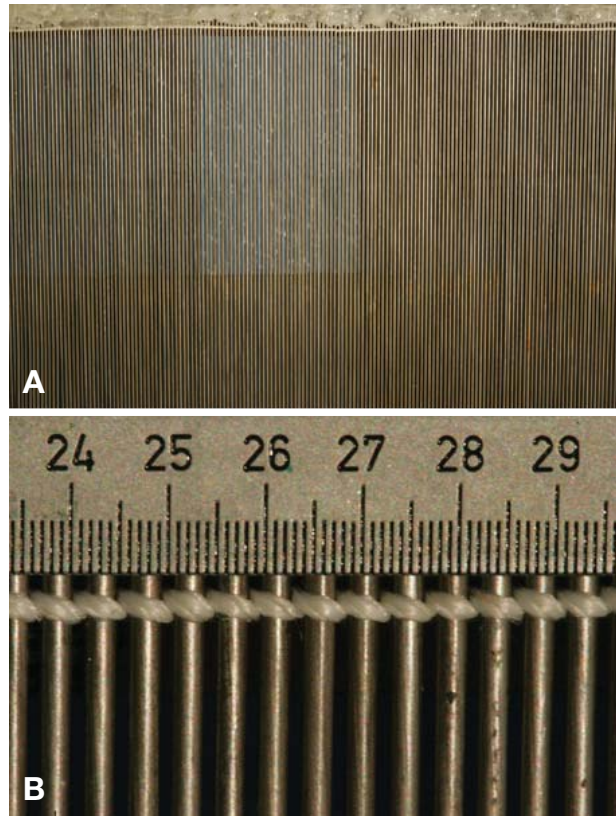
### 1. 재료

미국 테네시 주립대학 인류학교실의 법의인류학연구  
소에서 보관하고 있는 William Bass collection 중에서  
머리뼈 134개(남성 87개, 여성 47개)를 연구 재료로 이  
용하였고, 법의인류학연구소에 연구 계획서를 제출하였  
으며 그 계획서에 대하여 승인을 얻었다. 87개의 남성  
머리뼈 중에서 백인은 75개, 흑인과 히스패닉은 각각 6  
개였다. 47개의 여성 머리뼈 중에서 백인은 45개, 흑인  
과 일본인은 각각 1개였다. 테네시 주가 중남부 지방임  
에도 불구하고 William Bass Collection에는 백인의 표  
본이 훨씬 많이 보관되어 있다.

### 2. 방법

#### 1) 격자(master screen) 제작

지름 약 2.5 mm인 철사(쇠막대)를 길이 28 cm로 잘  
랐고 실을 사용하여 각 철사 사이의 간격이 약 2 mm를



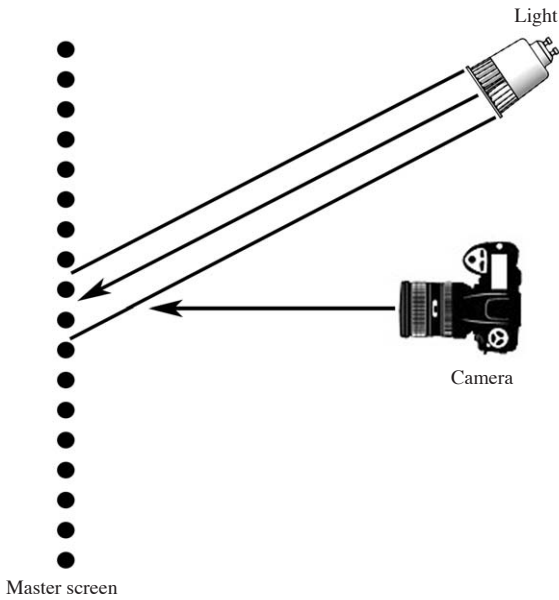
**Fig. 1.** The master screen was manufactured by 2.5 mm-diameter gratings. The gratings were arranged approximately 2 mm equal spacing (A & B).

유지하도록 엮어서 가로 32 cm가 되도록 하였고(Fig.  
1), 제작한 격자는 틀에 고정하여 필요에 따라 이동할  
수 있도록 하였다.

#### 2) 사진촬영

사진촬영에는 일안반사식 디지털카메라(1D MarkII,  
Canon, Japan)와 근거리촬영용 렌즈(EF 100 mm, f2.8,  
Canon, Japan)를 사용하였다. 촬영 조건은 ISO 800, F 값  
은 22, 노출시간은 1/6초였다. 두개지지기(Craniophore,  
GPM, Swiss)에 머리뼈를 고정시킨 다음, 머리뼈 바로  
앞에 격자를 놓았다. 모아레등고선을 유발하기 위한 광  
원은 슬라이드 프로젝터에 장착된 300 watt 할로겐램프  
였다. 격자와 카메라 사이의 거리는 1.2 m이었고, 카메  
라 렌즈와 광원사이의 각도는 65° 이었다(Fig. 2). 원래  
큐브로 제작된 두개지지기를 큐브와 분리하여 머리뼈  
와 격자사이에 간격이 생기기 않도록 하였고, 분리된  
큐브를 활용하여 머리뼈의 해부학자세를 맞출 수 있었  
다. 머리뼈의 정면과 양쪽 옆면을 모아레등고선 촬영하  
였다.

사진촬영을 진행할 때에는 격자, 카메라와 광원을 향



**Fig. 2.** Diagram illustrate the schematic position for light and camera toward the master screen. The angle between light source and camera is 65°, and the distance between camera and master screen is 1.2m.

상 일정한 곳에 둘 수 있도록 실험실에 표시해 두었고 촬영 조건을 변경하지 않았기 때문에 일관성 있는 사진촬영이 가능하였다.

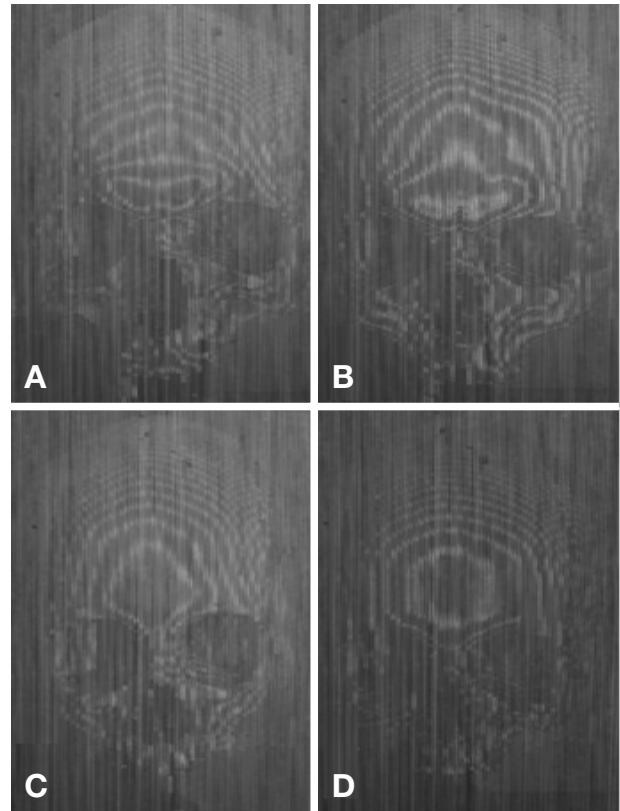
3) 촬영된 사진의 후처리

촬영된 사진들은 Adobe photoshop CS2를 사용하여 흑백으로 전환시키고 등고선의 모양이 잘 나타나도록 보정하였다.

결 과

가장 높은 위치에서부터 둘째 또는 셋째 등고선까지의 모양을 기준으로 하여 모아레등고선을 분석하였다. 모아레등고선 촬영을 해 보면 등고선은 검은색, 등고선 사이는 흰색으로 보이기 때문에 검은색 등고선만으로 모양을 결정하는 것이 아니라 4~5개 연속해서 이루어진 줄무늬의 모양으로 유형을 구분하였다.

정면에서 모아레등고선은 미간(glabella) 부위에 주로 형성되어 있었고 크게 네 가지 모양으로 구별할 수 있었다(Fig. 3). 제I형은 역삼각형(reverse triangle) 모양으로 남성 53개, 여성 4개에서 관찰되었다. 제II형은 역삼각형위에 삼각형이 연결(triangle over reverse triangle)된 모양으로 남성 25개, 여성 2개에서 관찰되었다. 제III형은 마름모(diamond) 모양으로 남성 2개, 여성 15개에



**Fig. 3.** From the frontal view. (A) Reverse triangle, (B) Triangle over reverse triangle, (C) Diamond, (D) Home plate.

**Table 1.** From the frontal view, Moiré fringe patterns were analyzed for five successive contour lines which were mainly located around the glabella

Type	Shape	Male (n=87)	Female (n=47)
I	Reverse triangle	55 (53%)	4 (8%)
II	Triangle over reverse triangle	25 (29%)	2 (4%)
III	Diamond	2 (2%)	15 (32%)
IV	Home plate	5 (6%)	26 (55%)

서 관찰되었다. 제IV형은 오각형(home plate) 모양으로 남성 5개, 여성 26개에서 관찰되었으며 Table 1에 정리하였다. 이전 연구인 한국인의 머리뼈 [11]와 비교했을 때 제I형, 제III형과 제IV형은 비슷한 유형을 나타냈지만, 제II형의 경우 이전의 연구와 차이가 있었다.

옆면에서 모아레등고선은 머리옆볼록점(euryon) 부위에 주로 형성되어 있었고 크게 네 가지 모양으로 구별할 수 있었고(Fig. 4) 동일인에서도 좌우가 약간 다르게 생기기도 하였다. 제I형은 쉼표(comma) 모양으로 남성 왼쪽 45개와 오른쪽 16개, 여성 왼쪽 10개와 오른쪽 6개에서 관찰되었다. 제II형은 귀(auricular) 모양으로 남

성 왼쪽 33개와 오른쪽 47개, 여성 왼쪽 12개와 오른쪽 8개에서 관찰되었다. 제III형은 화살표머리 (arrowhead) 모양으로 남성 왼쪽 7개와 오른쪽 9개, 여성 왼쪽 8개와 오른쪽 5개에서 관찰되었다. 제IV형은 타원형 (ellipsoid) 모양으로 남성 왼쪽 2개와 오른쪽 15개, 여성 왼쪽 16개와 오른쪽 28개에서 관찰되었으며 Table 2에 정리하였다. 이전 연구인 한국인의 머리뼈 [11]와 비교했을 때 제II형과 제III형은 비슷한 유형을 나타냈지만, 제I형과 제IV형은 이전의 연구와 차이가 있었다.

모아레등고선의 정면 모양을 분석했을 때 남성의 경우 제I형인 역삼각형 모양이 가장 많이 관찰되었고, 제II형 역시 제I형의 역삼각형 위에 삼각형이 연결된 형태를 나타내고 있었다. 여성의 경우 제III형인 마름모 (diamond)와 제IV형인 오각형 (home plate) 모양이 주로 관찰되었다.

모아레등고선의 정면 모양에서 역삼각형모양을 판단할 때 밀변의 모양을 유형 구별에 참조하였다. 역삼각형의 밀변이 꼭지점 쪽으로 향한 경우에도 역삼각형으로 판단하였다. 그런데 역삼각형 위에 삼각형이 있는 경우는 역삼각형의 밀변이 단순한 선이 아니라 편평한

모양으로 위쪽으로 퍼진 형태였다. 오각형의 경우 역삼각형이 있으면서 그 위에 사각형이 있는 형태는 역삼각형으로 판단하였으며 첫 등고선이 오각형을 나타내는 경우에 한해 오각형으로 판단하였다. 옆면 모양에서 쉽표 모양과 귀 모양을 구별할 때 아래쪽이 날카롭게 보이는 경우를 쉽표로, 길쭉하게 늘어진 형태를 귀 모양으로 판단하였다. 화살표머리모양은 삼각형을 포함하고 있고 타원형 모양은 원형 모양을 포함하고 있다.

## 고 찰

모아레등고선 촬영법에 사용된 ‘모아레 (moiré)’는 사람의 이름이 아니라 섬유에 인쇄된 불규칙한 무늬를 뜻하는 프랑스어이며, 광학분야에서는 규칙적인 간격을 지닌 쇠막대에 의해 발생한 빛의 간섭현상을 뜻한다 [14]. 따라서 모아레등고선은 다양한 방식으로 발생될 수 있고 발생한 등고선은 물체의 표면을 3차원적으로 분석하는 데 도움이 된다 [14]. 이번 연구에 활용한 모아레 방식은 한 개의 광원을 격자에 비스듬히 비춰서 생성된 그림자와 격자 자체에 의해 발생한 빛의 간섭현상을 격자의 정면에서 사진 촬영한 것으로, 쇠막대 사이의 간격에 의해 등고선의 간격이 결정되고, 쇠막대 자체의 두께에 의해 등고선 모양의 선명도가 달라진다 [14]. 본 연구에서 사용한 격자는 2.5 mm 두께의 철사를 약 2 mm의 간격으로 제작하였기에 등고선의 간격이 조금 넓고 등고선 모양의 선명도가 이전의 한국인 머리뼈 분석에 대한 연구 [11]보다 떨어지는 부분이 있었다. 그러나 전체적인 등고선의 모양을 분석하는 데 크게 지장을 줄 정도는 아니었다.

법의인류학 분야에서 머리뼈를 분석하여 인구집단을 추정하고 있지만 이러한 분석은 다소 주관적일 수 있고 [15], 분석을 담당하는 연구자의 경험에 의해 조금씩 달라질 수 있다 [16]고 알려져 있다. 그 이유는 머리뼈의 생김새가 복잡하고 3차원적인 구조를 이루고 있어서 수치로 분석하는 계측적 방법은 객관적인 분석법이 될 수 있으나 생김새를 분석하는 비계측적 분석은 은

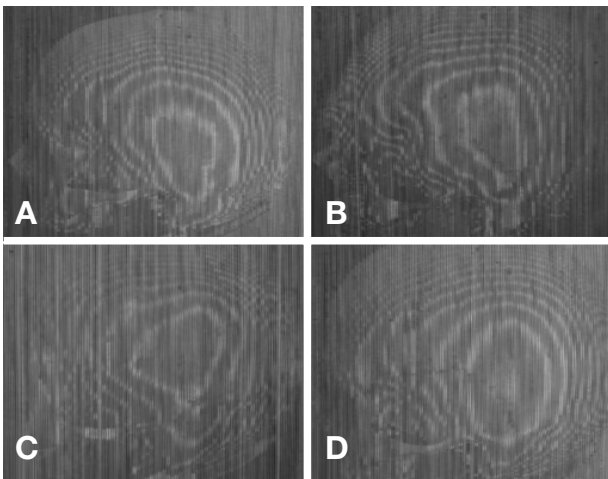


Fig. 4. From the lateral view. (A) Comma, (B) Auricular, (C) Arrowhead, (D) Ellipsoid.

Table 2. From the lateral view, Moiré fringe patterns were analyzed for five successive contour lines which were mainly located around the euryon

Type	Shape	Left lateral		Right lateral	
		Male (n=87)	Female (n=46)	Male (n=87)	Female (n=47)
I	Comma	45 (52%)	10 (22%)	16 (18%)	6 (13%)
II	Auricular	33 (38%)	12 (26%)	47 (55%)	8 (17%)
III	Arrowhead	7 (8%)	8 (17%)	9 (10%)	5 (11%)
IV	Ellipsoid	2 (2%)	16 (35%)	15 (17%)	28 (59%)

전히 객관적이 될 수 없기 때문이다. 이를 보완하여 비계측적 분석을 객관적인 분석으로 변환시키려는 노력들이 시도되었으나 아직까지 크게 성공적인 연구결과를 도출하지 못한 상황이다.

이번 연구는 머리뼈의 비계측적 특징을 모아레등고선을 활용하여 분석하는 것이 가능한지를 확인하기 위해 시도되었고, 완벽한 결과를 얻지는 못했지만 추후에 연속된 연구를 진행하기 위한 중간단계의 결과물을 확인하였다고 판단된다. 정면 사진의 결과를 보면, 발생된 등고선 모양이 역삼각형인 경우와 오각형인 경우가 많았다. 역삼각형 등고선은 꼭지점을 중심으로 좌우가 매우 높고 아랫변 쪽으로 가면서 높이가 비슷해지고 있다는 것을 의미하며, 꼭지점과 아랫변 사이의 높이차이가 존재한다는 것을 의미한다. 이는 남성의 비계측적 특징에서 미간이 발달하고 이마의 기울기가 급하게 기울어지는 것을 제대로 반영하고 있다고 판단되며, 아랫변이 직선 형태가 아니라 꼭지점 쪽으로 굽어진 경우에는 높이의 차이가 더 심한 것을 반영하고 있었다. 또한 역삼각형 모양의 안쪽에 등고선이 추가로 발생된 경우가 있었는데 이는 미간이 훨씬 더 발달한 것을 반영하고 있었다. 반면 등고선이 오각형 모양인 것은 아래쪽 모서리는 눈확모서리에 의해 발생하고 미간부위가 편평하고 이마의 기울기가 꺾어진 것을 반영하고 있었다.

옆면 사진의 결과를 보면, 머리옆볼록점에서 꼭지돌기(mastoid process)에 이르는 머리뼈 부위가 다른 부위에 비해 잘 발달할 경우 문장 부호인 쉼표 모양을 나타내거나 귀 모양을 나타냈다. 머리옆볼록점이 크게 발달하지 않은 경우에는 마루뼈(parietal bone)와 관자뼈(temporal bone) 부위가 거의 비슷한 높이로 편평한 모양을 나타내게 되어 화살표머리 모양이나 타원형을 나타냈다.

등고선의 분석과 머리뼈의 비계측적 특징을 연관시켜 보았을 때, 남성의 머리뼈는 정면의 등고선 모양이 역삼각형이면서 옆면 등고선 모양이 쉼표 모양 또는 귀 모양을 나타내는 경우가 많았다. 반면 여성의 머리뼈는 정면의 등고선 모양이 오각형이면서 옆면 등고선 모양이 삼각형 또는 타원형을 나타내는 경우가 많았다. 따라서 모아레등고선 촬영법에 의해 생성된 등고선 모양을 기준으로 성별판별을 하는 것에 도움이 될 것으로 판단된다. 그 이유는 비계측적 특징을 분석하면서 발생할 수 있는 분석자의 경험에 의한 형태분석을 보다 객관적으로 분석하는 데 도움이 될 것으로 판단되기 때문이다.

한편, 사용된 모아레등고선 격자가 다르기에 완벽한 비교가 불가능하였지만, 이번 연구 결과와 이전의 연

구[11]를 비교해 보았을 때 정면 및 옆면의 등고선 모양은 매우 비슷한 양상을 나타냈다. 즉 이전 연구[11]에서도 남성 머리뼈 등고선 모양은 정면이 역삼각형이면서 옆면이 귀 모양인 경우가 많았고, 여성 머리뼈 등고선 모양은 정면이 사각형이면서 옆면이 원형인 경우가 많았다.

그런데 등고선 모양의 다른 점도 발견되었다. 이번 연구의 머리뼈 옆면 등고선 모양은 이전 연구[11]의 옆면 등고선 모양과 다른 점이 많이 있었다. 이번 연구에 재료는 미국인 머리뼈로 옆면 등고선 중에서 머리덧개뼈(calvarium) 부위의 등고선 모양이 눈귀면과 평행하면서 앞쪽과 뒤쪽이 길쭉한 모양을 나타내고 있었지만 이전 연구인 한국인의 머리뼈의 경우[11] 옆면 등고선 중에서 머리덧개뼈 부위가 눈귀면에 접하는 둥근 모양을 나타냈다. 다시 말해 미국인 머리뼈의 옆면이 길쭉하면서도 편평하게 생긴 반면 한국인의 머리뼈는 옆면이 비교적 짧고 동그랗게 생겼다는 것을 의미한다. 이와 같이 등고선의 모양이 이전 연구[11]와 차이가 생긴 것은 미국인의 머리뼈와 한국인의 머리뼈가 다르게 생겼기 때문이라고 판단된다. 정면의 경우 얼굴의 폭이 한국인에 비해 미국인이 조금 좁고, 옆면의 경우 미국인이 한국인보다 보다 편평하다는 것을 등고선 모양이 다른 것을 통해 판단할 수 있었다.

이번 연구의 결과를 통해 인구집단을 추정하는 데 있어서 보다 객관적인 결과를 얻기 위해서는 동일한 모아레등고선 격자를 사용하여 서로 다른 인구집단에 대한 연구를 추가적으로 진행해야 할 필요성을 인식하게 되었다. 예를 들어 회곽묘에서 발견되어 유전자 검사 결과가 밝혀진 뼈대를 대상으로 한국인 머리뼈와 William Bass collection을 포함한 다른 인구집단의 머리뼈를 동일한 모아레등고선 격자로 촬영하여 분석하는 것이 반드시 필요하다고 생각된다. 동시대를 살아가는 현대인의 뼈대의 경우 발달된 진단영상에서 뼈 정보를 얻어 재구성한 다음, 3D프린터를 활용하여 복제본을 제작하는 방식으로 뼈 표본수를 확보하는 것에 대해서도 심도 있는 토론이 진행되기를 기대해 본다.

## 감사의 글

이 논문을 작성하는 데 있어서 William Bass Collection을 사용하는 것을 허락하고 실험하는 공간을 제공해주신 Forensic Anthropology Center의 Director인 Dawnie Steadman 교수님께 감사의 마음을 전합니다. 또한, 부족한 논문을 보다 충실하게 될 수 있도록 심사해주신 심사위원님들께도 감사의 마음을 전합니다.

## 참 고 문 헌

1. Martin R. Lehrbuch der Anthropologie, Zeiter Band: Kran-  
iologie, Osteologie. vol. 1, 2nd ed. Jena, Germany: Verlag  
Gustav Fischer; 1928.
2. Krogman WM, İşcan MY. The human skeleton in forensic  
medicine. 1st ed. Springfield, Illinois: Charles C Thomas  
Publisher; 1986.
3. Hefner JT. Cranial nonmetric variation and estimation ances-  
try. *J Forensic Sci.* 2009; 54:985-95.
4. Stewart TD. Essentials of forensic anthropology; Especially  
as developed in the United State. 1st ed. Springfield, Illinois:  
Charles C Thomas Publisher; 1979. p. 85-127.
5. White TD, Folkens PA. The human bone manual. 1st ed.  
San Diego, California: Elsevier Academic Press; 2005. p.  
8-9, 385-98.
6. Takasaki H. Moiré topography. *Appl Optics.* 1970; 9:1457-  
72.
7. Kanazawa E, Terada H, Masumi S. An application of moiré  
contourography for the evaluation of surgical operation on  
patients with spinal scoliosis. *Kitasato Med.* 1975; 5:75-81.
8. Otsuka Y, Shinoto A, Inoue S. Mass school screening for  
early detection of scoliosis by use moiré topography camera  
and low dose x-ray imaging. *Rinsho Seikei Geka.* 1979; 14:  
973-84.
9. Otsuka Y. Moiré topography. Its application to vertebral  
deformity diagnostics. *Shoni Igaku.* 1980; 13:1086-110.
10. Moreland MS, Pope MH, Armstrong GWD. Moiré Fringe  
Topography and Spinal Deformity. New York: Pergamon  
Press; 1981.
11. Han SH, Kim IB, Kim YH, Park DK, Kim DW. Anthro-  
pological analysis of the Korean skull by Moiré contourogra-  
phy. *Korean J Phy Anthropol.* 1998; 11:223-36. Korean.
12. Park DK, Ra JJ, Park KH, Ko JS, Kim DI, Kim YS et al.  
Determination of sex in Korean using atlas. *Korean J Phy  
Anthropol.* 2009; 22:205-12. Korean.
13. Forensic Anthropology Center. WM Bass Donated Skeletal  
Collection [Internet]. Knoxville, TN. Available from: [http://  
fac.utk.edu/collection.html](http://fac.utk.edu/collection.html).
14. Creath K, Schmit J, Wyant JC. Optical Metrology of dif-  
fuse surfaces. In: Malacara D, editor. *Optical shop testing.*  
New Jersey: John Wiley & Sons; 2007. p. 756-83.
15. Bass WM. *Human osteology; a laboratory and field manual.*  
5th ed. Springfield, MO: Missouri Archaeological Society;  
2009.
16. Hefner JT, Emanovsky PD, Byrd J, Ousley SD. The value  
of experience, education, and methods in ancestry predic-  
tion. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of the Ameri-  
can Academy of Forensic Sciences, 2007 Feb 19-24; San  
Antonio, Colorado Springs: American Academy of Forensic  
Sciences, 2007.*

# Morphometric Analysis of the Skull by Moiré Contourography

Duk-Soo Kim, Jeong-Sik Ko, Kyung-Ho Park, Dae-Kyoon Park

*Department of Anatomy, Soonchunhyang University, Cheonan, Korea*

**Abstract** : The non-metric analysis of the skulls is very useful for estimating sex and determination of ancestry, the accuracy tends to depend on the amount of experiences of the observers, and so inter-observer errors might be happened. Many researchers are trying to find out more objective methods for determination of ancestry. The purpose of this presentation is to show the usefulness of moiré contourography for analyzing the skull.

The master screen that is similar to the gratings was made by steel rods, which were arranged as equally spaced parallel lines. Halogen light source was illuminated by lantern slide projector. The skeletal materials were documented crania, composed of 87 male and 47 female, from William M. Bass Donated Skeletal Collection housed at the Department of Anthropology, University of Tennessee. The skulls were placed just behind the master screen as anatomical position using cubic craniophore. The angle between the light source and camera was 65°, the distance between camera and the master screen was 1.2 m. Frontal view, left lateral and right lateral view were taken.

From the frontal view, fringe patterns were analyzed for first five contour lines which were mainly located around the Glabella. The results were as followed; Type I for male was 53% and female was 4%; Type II for male was 29% and female was 2%; Type III for male was 2% and female was 15%; Type IV for male was 6% and female was 55%.

From the lateral view, fringe patterns were analyzed for first four contour lines. However, first and second contour lines were critical to determine the shape and the results were as followed; Type I for male was 52% and female was 22%; Type II for male was 38% and female was 26%; Type III for male was 8% and female was 17%; Type IV for male was 2% and female was 35%.

According to this study, different fringe patterns might be dependent on the degree of development of bone marker such as Glabella, Superciliary arch, Euryon and Mastoid process. For example, Superciliary arches were very well developed and slope of forehead above the Glabella was declined, fringe pattern showed reverse triangle shape. If Superciliary arches were poorly developed and slope of forehead above the Glabella was flat, fringe pattern showed home plate shape. The present research shows that moiré contourography might be used as more objective methods for estimating sex. And it would be helpful to determine the ancestry when the lateral aspects were analyzed. In the future, continuing study need to be performed with same master screen for different ancestry.

**Keywords** : William Bass Collection, Skull, Non-metric traits, Moiré contourography, Determination of ancestry