

## 한국인의 발안쪽세로활 특성에 관한 연구

서윤경<sup>†</sup>, 정화해<sup>†</sup>, 김경태, 백두진

한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실

(2010년 5월 19일 접수, 2010년 6월 21일 수정접수, 2010년 6월 22일 게재승인)

**간추림:** 최근 한국인의 여가활동이 다양화되고 증가함에 따라 발안쪽세로활의 변형과 손상이 빈번하게 나타나고 있다. 발안쪽세로활의 교정술을 시행하거나 발안쪽세로활의 변형을 예방하기 위한 신발을 제작하기 위해서는 발안쪽세로활의 해부학적 구조에 관한 연구가 필수적이다. 본 연구의 목적은 한국인 발안쪽세로활의 구조를 계측하고 기준이 되는 지표틀 제시하는 데 있다.

한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실에서 실습한 시신 27구(남자 15구, 여자 12구, 평균연령 69.2세)의 발 54쪽을 대상으로 발의 길이와 발의 높이, 첫째발허리뼈 축의 기울기를 측정하고 기준이 될 수 있는 지표틀 구하여 체질인류학적으로 비교하였다. 각 항목들은 SPSS 13.0 프로그램으로 분석하여 통계적 차이를 확인하였다.

발의 전체 길이는  $211.12 \pm 13.02$  mm 이었고, 발의 높이는  $39.03 \pm 6.27$  mm 이었으며 두 항목 모두 남·여와 연령별 계측값에서 통계적으로 유의한 차이( $p < 0.001$ )를 보였다. 첫째발허리뼈 축의 기울기는  $24.98 \pm 2.16^\circ$  이었으며, 연령별 유의한 차이( $p < 0.001$ )를 보였다. 발안쪽세로활의 지표는  $18.43 \pm 2.33$  이었다.

본 연구의 계측치를 토대로 인종 간 비교해 본 결과 한국인의 발안쪽세로활 지표는 미국인과 뚜렷한 차이를 보였고, 이러한 결과는 한국인 발안쪽세로활의 특성을 구명한 것으로 사료된다.

**찾아보기 낱말:** 발안쪽세로활, 발의 길이, 발의 높이, 발의 너비, 인종비교, 한국인

### 서 론

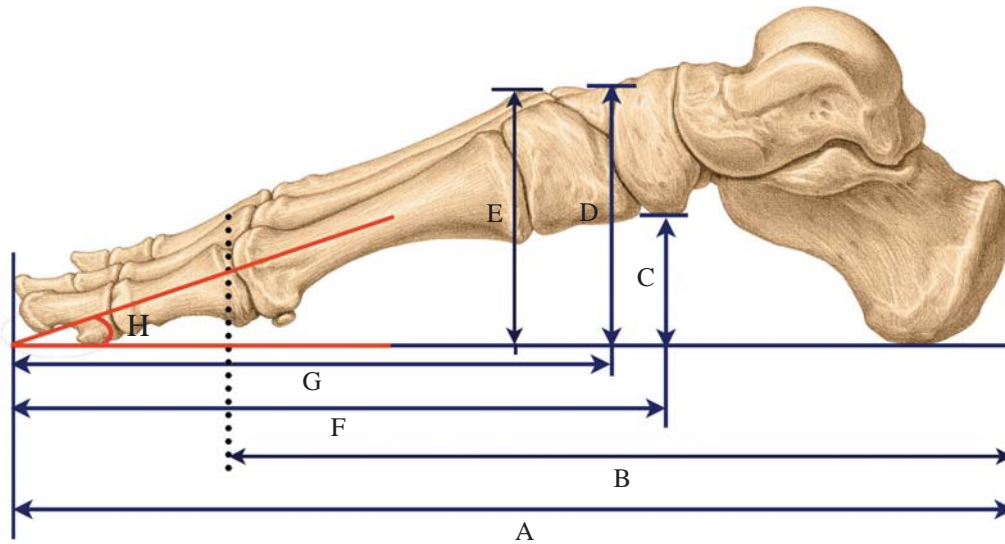
인간의 발안쪽세로활은 두발로 서고 걷게 되면서 몸의 무게를 지탱하고 충격의 일부를 흡수하기 위해 발달하게 되었다(Saltzman 등 1995, Friderun 2007). Morton (1935)은 영장류의 발에는 발안쪽세로활이 발달되어 있지 않다고 하였으며, Brown(1995)은 영장류의 발은 사용되므로 손과 유사한 형태를 이루고 있다고 하였다. 인간의 발과는 다르게 나무를 오를 때나 음식을 집을 때 또한 유인원의 발과 인간의 발을 비교한 Wang과 Crompton (2004)의 연구에서도 인간의 발안쪽세로활이 가장 발달되어 있음을 증명하였다. 인간의 발안쪽세로활은 다양해진 인간의 활동이 증가하고 개개인의 구조상 문제로 손상이 빈번하게 나타나면서 임상적 관심이 증가하게 되었다. Subotnick(1985)은 연구 대상의 60%

가 정상적인 발안쪽세로활을 지니고 있었으며, 20%는 칼발(cavus) 또는 높은 발안쪽세로활을 지니고 있고 나머지 20%는 평발(planus) 또는 낮은 발안쪽세로활을 지니고 있다고 하였다. Hawes 등(1992)은 발안쪽세로활의 높이가 달리기, 뛰어오르기, 들어올리기, 균형잡기 등의 활동과 높은 상관관계가 있음을 보고하였다. 육상선수들 대상으로 연구한 James 등(1978)은 칼발(cavus)이 장거리달리기에 적합하지 않다고 하였으며, Nigg 등(1993)은 높은 활이 발목관절의 움직임에 영향을 주기 때문에 상해와 기능적 상관관계를 지니고 있다고 하였다. Simkin 등(1989)도 높은 발안쪽세로활을 가진 대상은 넙다리뼈와 정강뼈에서 피로골절이 잘 일어나며, 낮은 발안쪽세로활을 가진 대상에서는 발허리뼈의 부상이 잘 일어난다고 하였다. 또한 Cowan 등(1993)은 높은 발안쪽세로활이 낮은 발안쪽세로활에 비해 다리나 허리부분의 근골격계 질환이 일어날 확률이 2.4배 높다고 하였으며, Giladi 등(1985)도 높거나 정상적인 발안쪽세로활에 비해 낮은 발안쪽세로활에서 발허리뼈의 피

<sup>†</sup> 공동 제1저자로 동등한 역할을 수행하였음.

교신저자 : 백두진(한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실)

전자우편 : paikdj@hanyang.ac.kr



**Fig. 1.** Measurements of the medial longitudinal arch of foot. A: whole length of foot, B: truncated length (from first metatarsophalangeal joint), C: infra-navicular height (the most ant. inf. portion of navicular), D: supra-navicular height (the most ant. sup. portion of navicular), E: dorsum height (measured from the floor to the top of the foot at 50% of foot length), F: horizontal projected distance between distal phalanx end and infra-navicular point, G: horizontal projected distance between distal phalanx end and supra-navicular point, H: first ray angle.

로골절이 더 적게 일어나며, 발안쪽세로활의 높이가 발허리뼈의 피로골절과 밀접한 관련이 있다고 하였다.

현재 칼발(cavus)의 경우는 변형 정도에 따라 Cole 뼈절단술, Japas 뼈절단술 같은 뼈절단술과 관절유합술을 통해 치료가 이루어지고 있으며, 평발(planus)의 경우에는 수술적 치료를 거의 하지 않으나 환자에게 기능 장애를 초래하는 통증이 있거나 유연성을 상실한 경우에만 뼈절단술 또는 유합술 등의 수술적 치료가 이루어지고 있다. 이러한 수술은 시술 전에 절단면과 유합 부위에 대한 정확한 지식을 필요로 한다. 또한 발안쪽세로활 질환의 정확한 진단 및 발의 변형을 예방하기 위한 신발을 제작하기 위해서는 발안쪽세로활의 해부학적 구조를 숙지하는 것이 필수적이다.

## 재료 및 방법

### 1. 대상

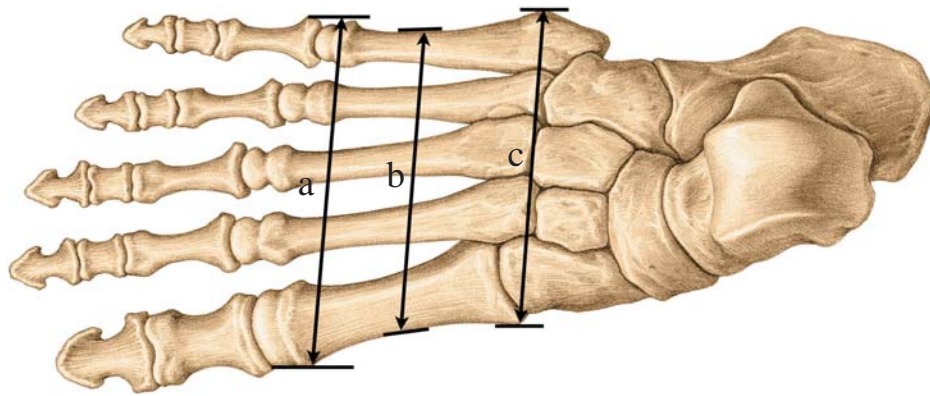
본 연구는 한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실에서 실습한 방부처리 된 시신 27구(남자 15구, 여자 12구)의 기형이 없는 발 54족(남자 30족, 여자 24족)을 대상으로 하였으며, 대상의 사망 시 연령은 평균 69.2세(33~96세)였다.

### 2. 방법

발을 발목관절에서 분리한 후 체중이 부하되지 않은 상태에서 발의 안쪽모서리 활과 발의 너비는 사진을 찍어 측정하고 발허리뼈만 다시 분리하여 물에 삶아 물렁조직을 완전히 제거하였다. 물렁조직을 제거하거나 삶는 과정 중 손상이 심해 측정이 어려운 뼈는 제외하고 발허리뼈의 길이와 너비를 측정하였다.

발안쪽세로활 측정을 위한 해부표지점을 지정하기 위해서 발목관절에서 발을 분리 후 물렁조직을 박리하였다. 기준자를 놓고 사진을 찍은 후 영상분석기 Analysis Pro.V3.1(SIS, Münster, Germany)를 이용하여 발의 전체 길이, 발가락뼈를 제외한 발의 길이, 발배뼈 가장 아래지점에서 발의 높이, 췌기발배관절 가장위지점에서 발의 높이, 발전체 길이 중간지점에서 발등 높이, 발배뼈 가장아래지점에서 발가락뼈 가장앞지점까지의 투영거리, 췌기발배관절 가장아래지점에서 발가락뼈 가장앞지점까지의 투영거리, 췌기발배관절 가장위지점에서 발가락뼈 가장앞지점까지의 투영거리, 첫째발허리뼈 축의 기울기, 안쪽세로활지표[발의 높이/발전체 길이×100], 발가락뼈 제외 발안쪽세로활지표[발의 높이/발가락뼈를 제외한 발의 길이×100]를 측정하였다(Fig. 1).

또한 발허리뼈를 기준으로 발허리뼈 머리, 몸통, 바닥에서 각각 발의 전체 너비를 측정하였다(Fig. 2).



**Fig. 2.** Measurements of the width of foot. a: distance between the surfaces of the first and fifth metatarsal bone heads, b: distance between the midpoints of first and fifth metatarsal bone bodies, c: distance between the surfaces of the first and fifth metatarsal bone bases.

**Table 1.** Measurements of the medial longitudinal arch

Group	Whole length			Truncated length			Height on inf.Navi.			Height on sup.Navi.			Dorsum height		
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All	211.12	13.02	42	167.33	9.76	42	39.03	6.27	42	61.63	5.20	42	58.96	4.87	42
Sex															
Male	219.95	11.02	20***	174.20	8.66	20***	42.96	5.92	20***	65.58	3.73	20***	62.66	3.91	20***
Female	203.09	8.91	22	161.10	5.70	22	35.45	4.11	22	58.05	3.43	22	55.59	2.75	22
Side															
Rt	210.96	12.83	21	167.34	9.75	21	38.09	6.79	21	61.14	5.55	21	58.46	4.68	21
Lt	211.27	13.53	21	167.33	10.01	21	39.96	5.71	21	62.13	4.91	21	59.46	4.91	21
Age															
30~49	200.53	4.91	2 <sup>†</sup>	158.56	1.03	2 <sup>†</sup>	34.21	0.64	2 <sup>†</sup>	56.10	2.03	2 <sup>†</sup>	56.49	4.19	2 <sup>†</sup>
50~59	217.84	9.75	6	172.35	4.61	6	40.57	4.63	6	64.02	2.30	6	58.97	1.44	6
60~69	214.19	15.30	16	169.91	12.70	16	41.32	6.79	16	63.55	5.61	16	61.29	5.48	16
70~79	210.85	7.78	10	166.68	6.48	10	37.72	6.60	10	60.74	5.10	10	58.01	5.32	10
80~96	202.90	13.15	8	161.44	6.63	8	36.11	5.21	8	58.52	4.32	8	56.09	3.06	8

Group	Length from inf.navi			Length from sup.navi			Angle			Arch index			Truncated index		
	All	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All	130.22	8.93	42	117.97	8.82	42	24.98	2.16	42	18.43	2.33	42	23.26	3.00	42
Sex															
Male	136.09	7.47	20***	122.96	6.90	20***	25.22	2.27	20	19.49	2.20	20**	24.64	2.95	20**
Female	124.88	6.53	22	113.44	7.98	22	24.76	2.07	22	17.47	2.04	22	22.01	2.50	22
Side															
Rt	130.42	8.65	21	118.68	8.56	21	24.39	1.73	21	17.96	2.29	21	22.66	2.99	21
Lt	130.02	8.86	21	117.26	9.22	21	25.57	2.41	21	18.90	2.33	21	23.87	2.95	21
Age															
30~49	123.07	5.15	2 <sup>†</sup>	106.10	11.52	2 <sup>†</sup>	25.41	0.01	2 <sup>†</sup>	17.07	0.74	2 <sup>†</sup>	21.58	0.54	2 <sup>†</sup>
50~59	134.20	6.42	6	121.48	6.61	6	24.89	3.01	6	18.64	2.19	6	23.54	2.61	6
60~69	131.56	9.66	16	119.28	7.81	16	25.24	2.41	16	19.21	2.20	16	24.25	2.98	16
70~79	131.68	8.23	10	120.09	8.20	10	24.30	1.31	10	17.83	2.57	10	22.55	3.28	10
80~96	124.51	8.62	8	113.05	9.97	8	25.26	2.27	8	17.82	2.55	8	22.38	3.19	8

\*\* : difference between male and female is significant ( $p < 0.01$ )  
 \*\*\* : difference between male and female is significant ( $p < 0.001$ )  
 † : difference among the age groups is significant ( $p < 0.001$ )

**Table 2.** Measurements of the widths of foot

Group	Width on head of metatarsal			Width on body of metatarsal			Width on base of metatarsal		
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All	79.30	6.49	42	64.59	6.06	42	68.10	6.75	42
Sex									
Male	82.22	6.28	20**	67.83	5.92	20**	71.69	6.63	20**
Female	76.64	5.57	22	61.65	4.58	22	64.83	5.05	22
Side									
Rt	79.39	7.14	21	65.68	6.61	21	68.81	7.78	21
Lt	79.21	5.94	21	63.50	5.40	21	67.38	6.75	21
Age									
30~49	78.33	1.48	2 <sup>†</sup>	64.81	1.39	2 <sup>†</sup>	68.60	0.84	2 <sup>†</sup>
50~59	80.85	7.85	6	66.91	7.39	6	70.58	9.64	6
60~69	82.57	7.09	16	65.99	7.10	16	69.46	7.73	16
70~79	75.95	3.15	10	63.52	4.54	10	66.85	4.82	10
80~96	76.01	5.18	8	61.34	4.32	8	64.95	4.36	8

\*\* : difference between male and female is significant ( $p < 0.01$ )

<sup>†</sup> : difference among the age groups is significant from statistical results ( $p < 0.001$ )

## 결 과

### 1. 발안쪽세로활의 측정

#### 1) 발의 길이 측정

발의 전체 길이는  $211.12 \pm 13.02$  mm이었으며, 발가락뼈를 제외한 발의 길이는  $167.33 \pm 9.76$  mm이었다. 또한 발배뼈 가장아래지점에서 발가락뼈 가장앞지점까지의 투영거리는  $130.22 \pm 8.93$  mm이었으며, 췌기발배관절 가장위지점에서 발가락뼈 가장앞지점까지의 투영거리는  $117.97 \pm 8.82$  mm이었다. 측정치를 남·여, 왼·오른쪽, 연령에 따라 나누어 통계 처리한 결과 남·여와 연령별 측정값에서 통계적으로 유의한 차이 ( $p < 0.001$ )를 보였다(Table 1).

#### 2) 발의 높이 측정

발배뼈 가장아래지점에서 발의 높이는  $39.03 \pm 6.27$  mm이었으며, 췌기발배관절 가장위지점에서 발의 높이는  $61.63 \pm 5.20$  mm이었으며, 발등 높이는  $58.96 \pm 4.87$  mm이었다. 측정치를 남·여, 왼·오른쪽, 연령에 따라 나누어 통계 처리한 결과 남·여와 연령별 측정값에서 통계적으로 유의한 차이 ( $p < 0.001$ )를 보였다(Table 1).

#### 3) 첫째발허리뼈 축의 기울기

첫째발허리뼈 축의 기울기는  $24.98 \pm 2.16^\circ$ 이었으며, 이를 남·여, 왼·오른쪽, 연령에 따라 나누어 통계 처리한 결과 남·여와 왼·오른쪽 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 연령별 측정값에서는 통계적으로 유의한 차이 ( $p < 0.01$ )를 보였다(Table 1).

### 4) 발안쪽세로활 지표

발배뼈 가장아래지점에서 측정한 발의 높이를 발의 전체 길이로 나눈 발안쪽세로활 지표는  $18.43 \pm 2.33$ 이었고, 발배뼈 가장아래지점에서 발의 높이를 발가락뼈를 제외한 발의 길이로 나눈 지표는  $23.26 \pm 3.00$ 이었다. 이러한 지표들을 남·여, 왼·오른쪽, 연령에 따라 나누어 통계 처리한 결과 남·여와 연령별 측정값에서 통계적으로 유의한 차이 ( $p < 0.01$ )를 나타냈다 (Table 1).

### 2. 발의 전체 너비 측정

발허리뼈 머리에서 측정한 발의 전체 너비는  $79.30 \pm 6.49$  mm이었으며, 발허리뼈 몸통에서 측정한 발의 전체 너비는  $64.59 \pm 6.06$  mm이었으며, 발허리뼈 바닥에서 측정한 발의 전체 너비는  $68.10 \pm 6.75$  mm이었다. 측정치를 남·여, 왼·오른쪽, 연령에 따라 나누어 통계 처리한 결과 남·여와 연령별 측정값에서 통계적으로 유의한 차이 ( $p < 0.01$ )를 보였다 (Table 2).

### 3. 인종 간 비교

본 연구의 측정 결과와 기존 보고된 연구 결과를 비교하여 정리하였다 (Table 3).

## 고 찰

최근 발안쪽세로활에 대한 연구가 많이 이루어지면서 연구방법도 다양하게 보고되고 있다. 발안쪽세로활

**Table 3.** Previous reported dimensions of the medial longitudinal arch of foot

Race of subject	Figure of Sample	Foot length (mm)	Truncated foot length (mm)	Navicular height (mm)	Foot arch index	Truncated foot arch index	Weight bearing	Method of measurement
American Williams et al. (2000)	T 51 M 23 F 28	242 244	178.3 179.4	39.7 34.6	16.4 14.2	22.3 19.3	10% 90%	Anthropometry
American Mall et al. (2007)	T 30 M 15 F 15	255 254	188 189	38 37	15.1 14.5	20.5 19.5	10% 90%	Anthropometry MFPB
American Queen et al. (2007)	T 30 M 15 F 15	253.5 252.4	—	36.61 36.61	14.4 14.5	21.1 20.6	10% 90%	MFPB
American Cowan et al. (1993)	246	270.6	191.7	46	17	24	Full Light	Photograph
American Saltzman et al. (1995)	T 100 M 69 F 31		199	37.1		18.6	50%	Anthropometry footprint radiography
Dane Bandholm et al. (2008)	T 30 P 15 C 15			PF 42.8 PN 49.8 CF 45.0 CN 50.0			Full Neutral	Radiography
Australian Menz et al. (2005)	T 95 M 81 F 64			26.5 31.1		24	50%	Footprint radiography
Turk Ozden et al. (2005)	T 569 M 294 F 275	R 260.0 L 260.4						Anthropometry
Chinese Chu et al. (1995)	T 51 M 37 F 14			T 37.3 M 37.0 F 38.1 R 37.7 L 36.9		T 21.29 M 22.31 F 18.60 R 21.39 L 21.19	50%	Footprint
Japanese Komeda et al. (2001)	T 279 feet P 186 feet C 93 feet			15.2 18.0			Full	Radiography

T: Total, P: Patient, C: Control group, M: Male, F: Female, PF: Full weight bearing of Patient, PN: Neutral position of Patient, CF: Full weight bearing of Control group, CN: Neutral position of Control group, MFPB: the mirrored foot photo box.

의 계측 방법으로는 족문검사, 사진촬영검사 등의 간접적인 검사가 있으며 직접적인 검사로는 인체계측법, 방사선 사진 등이 있다. 족문검사의 경우 Saltzman 등 (1995)은 검사방법이 다른 검사에 비해 쉽고 간단하지만 발바닥피부가 두껍고 변이가 있어 발의 높이와 너비를 계측하는데 문제가 있다고 하였으며, Cobey와 Sella (1981)는 족문검사를 통해 얻은 활의 높이가 방사선 사진과 일치하지 않는다고 하였다. Hawes 등(1992)도 직접 계측한 활의 높이와 족문검사로 계측한 활의 높이는 상관성이 없다고 하였다. 실제 인체계측법의 경우 발의 안쪽세로활 계측법으로 현재 가장 주목받고 있으나 뼈의 해부학적 표지점을 정확하게 설정하기가 어려워

표지점을 잘못 지정하였을 경우 정확도가 떨어진다는 단점이 있다(Hawes 등 1992, Nigg 등 1993). 단순 방사선 사진검사는 골격의 영상이 비교적 다른 검사에 비해 선명하다는 장점이 있어 현재 임상에서 가장 흔하게 사용하고 있으나 이 또한 방사선 사진의 특성상 구조물이 중첩되어 나타나므로 실제 골격의 구조와 차이가 날 수 있다(Cobey와 Sella 1981, Nigg 등 1993). Saltzman 등(1995)은 방사선사진을 이용한 연구결과와 임상적 측정결과가 다르다고 보고하였으며 이에 Williams과 McClay (2000)은 정확하고 신뢰도 높은 측정법에 대한 연구가 필요하다고 하였다. 본 연구에서는 시신의 발안쪽세로활을 박리한 후 해부학적 뼈 지표를 지정하여 계

측하였다. 발의 높이와 첫째발허리뼈 축의 기울기를 측정하기 위해 사진촬영을 하고 영상분석기인 Analysis Pro.V 3.1 (SIS, Münster, Germany)를 이용하여 계측하였다. 그러나 실제 임상에서는 골격을 직접 계측할 수 없기 때문에 족문검사나 방사선 사진을 이용하여 진단하게 된다. 보다 정확한 진단을 위해서는 이러한 시신을 대상으로 실측한 연구결과를 족문검사나 방사선 사진을 이용한 연구결과와 비교하여 그 오차를 확인하는 것이 필요하다고 생각된다.

발안쪽세로활은 구조적 또는 기능적으로 체중과 밀접한 관련이 있어 각 연구마다 발에 가해지는 무게가 다양하게 보고되고 있다. 발은 구조적 특성상 체중을 지탱하고 있으며, 걷거나 뛸 때 양쪽 발에 부하되는 체중이 서로 다르기 때문에 발안쪽세로활 연구 시 발에 부하되는 체중은 매우 중요한 요인이 된다. 발의 중립자세는 발에 무게를 전혀 가하지 않은 상태를 말하며, 이 자세에서의 발안쪽세로활은 정상적인 활과 비정상적인 활의 기준이 되므로 매우 중요하다. 본 연구에서는 발목관절에서 분리한 시신의 발을 대상으로 고정되어있는 근육을 박리하여 무게를 전혀 가하지 않은 상태에서 발안쪽세로활을 계측하였다. 이러한 중립자세에서의 계측치는 체중으로 인한 발안쪽세로활의 변형을 확인하는데 기준이 되는 자료가 될 것이라 생각한다.

그 밖에 Giladi 등(1985)은 체중을 가하지 않은 중립상태의 발에서 안쪽세로활을 계측하였으며, Bandholm 등(2008)은 중립자세에서의 발안쪽세로활과 체중을 가한 상태에서의 발안쪽세로활을 비교하였다. Saltzman 등(1995)은 대상의 발에 체중의 50%를 가하여 계측하였으며, Williams와 McClay(2000), Mall 등(2007), Queen 등(2007)은 체중의 10%를 가한 발과 90%를 가한 발에서 안쪽세로활을 계측하여 비교하였다. Cashmere 등(1999)은 몸 전체 무게를 가한 발에서 안쪽세로활을 계측하여 보고한 연구가 있다.

발안쪽세로활에 관하여 다양한 민족을 대상으로 하여 보고되고 있다(Table 3). Hawes 등(1992)과 Hawes와 Sovak(1994), Nigg 등(1993)은 캐나다인을 대상으로 연구하여 보고하였고, Gilmour와 Milgrom(2001), Cashmere 등(1999), Menz와 Munteanu(2005)은 오스트레일리아인, Simkin 등(1989)과 Giladi 등(1985)은 이스라엘인을 대상으로 연구하였다. 그 밖에 미국인(Cowan 등 1993, Saltzman 등 1995, Williams와 McClay 2000, Mall 등 2007, Queen 등 2007), 터키인(Ozden 등 2005, Kanatli 등 2006), 스페인인(Forriol과 Pascual 1990), 브라질인(Volpon 1994), 덴마크인(Bandholm 등 2008), 영국인

(Lees 등 2005)을 대상으로 한 연구가 있으며, 아시아 국가 중에는 일본인(Komeda 등 2001)과 중국인(Chu 등 1995)을 대상으로 한 연구가 있었다. 그러나 이러한 보고들은 연구 대상의 조건과 측정 방법이 각각 달라서 민족 간의 발안쪽세로활을 비교하는데 어려움이 있었다. 그 중 본 연구와 가장 유사한 방법과 조건으로 연구한 보고로는 미국인을 대상으로 한 Williams와 McClay(2000), Mall 등(2007), Queen 등(2007), Cowan 등(1993)의 보고가 있었다. 이러한 연구들의 발안쪽세로활지표[발안쪽세로활의 높이/발전체 길이×100]를 비교한 결과 미국인의 발안쪽세로활지표는  $15.73 \pm 1.3$ 로 나타났고 본 연구에서의 발안쪽세로활지표는  $18.43 \pm 2.33$ 로 나타나 확연한 차이를 보였다. 또한 발가락뼈를 제외한 발안쪽세로활의 지표[발안쪽세로활의 높이/발허리뼈를 제외한 발의 길이×100]를 비교한 결과도 미국인이  $21.98 \pm 2.20$ , 본 연구에서  $23.26 \pm 3.00$ 으로 나타나 그 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 두 민족 간의 발 길이의 차이 때문이라고 생각된다. 발안쪽세로활의 지표를 결정짓는 요인으로는 발의 높이와 발의 길이인데, 미국인의 발의 높이와 본 연구의 발의 높이를 확인한 결과 각각  $40.07 \pm 5.93$  mm와  $39.03 \pm 6.27$  mm로 두 결과 값 간의 큰 차이가 없었다. 반면 발전체 길이를 확인한 결과 미국인은  $255.28 \pm 15.73$  mm, 본 연구에서는  $211.12 \pm 13.02$  mm로 나타나 뚜렷한 차이를 보였으며, 발가락뼈를 제외한 발의 길이에서도 미국인은  $186 \pm 7.70$  mm, 본 연구에서는  $167.33 \pm 9.76$  mm로 뚜렷한 차이를 보였다. 이 외 발가락뼈를 제외한 발안쪽세로활지표로는 미국인 18.60, 오스트레일리아인 24.00, 중국인 21.29가 보고되었으나 이러한 지표들은 측정방법이 본 연구의 측정방법과 달라서 비교하기에 어려움이 있었다.

발의 높이에 대한 연구는 다양한 민족에게서 보고되었으며 그 중 미국인의 발의 높이는  $39.48 \pm 6.52$  mm로 본 실험결과인  $39.03 \pm 6.27$  mm와 가장 비슷하게 나타났다. 중국인의 발이 높이도  $37.3 \pm 5.9$  mm로 본 실험결과와 크게 차이가 나지 않았으나 덴마크인은  $50.5 \pm 6.6$  mm, 오스트레일리아인은 31.1 mm, 일본인은 18.0 mm으로 보고되어 특징 있는 차이를 보였다. 그러나 이러한 높이 값의 차이는 그 측정방법이 연구마다 달라서 각 민족에 따른 특징적 차이라고 규정짓기는 어려움이 있었다.

한편, 발의 길이와 너비로 성별을 판단 할 수 있다고 보고가 있다. Ozden 등(2005)은 오른쪽과 왼쪽 발의 길이와 너비를 각각 측정하여 남자와 여자를 비교한 결과

모든 항목에서  $p < 0.001$ 로 남녀 간에 유의한 차이를 보였다. 본 연구에서도 전체 길이, 발가락뼈를 제외한 발의 길이, 발배뼈 가장 아래지점에서 측정한 발의 높이, 발등의 높이 외 4개의 항목을 측정하여 성별에 따른 차이를 확인한 결과 첫째발허리뼈 축의 기울기를 제외한 모든 항목에서 남녀 간에 유의한 차이 ( $p < 0.001$  또는  $p < 0.01$ )를 나타냈다. 또한 발안쪽세로활의 지표와 발가락뼈를 제외한 발안쪽세로활지표에서도 남녀 간에 유의한 차이 ( $p < 0.01$ )를 보였다.

또한 각 항목마다 오른쪽과 왼쪽을 구분하여 Paired-sample *t*-test로 차이를 확인한 결과 오른쪽과 왼쪽 간의 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 중국인을 대상으로 발안쪽세로활과 발의 높이를 측정한 Chu 등(1995)의 연구에서 오른쪽과 왼쪽 간의 유의한 차이가 없다고 ( $p > 0.05$ ) 보고되었다.

인간의 발안쪽세로활은 성장하는 동안 점차적으로 발달한다고 알려져 있다. Friderun(2007)은 그의 저서에서 태아의 발은 대부분 납작한 형태를 이루고 있어 3세까지는 발안쪽세로활이 발달되어있지 않으나 점차적으로 활의 형태가 높아지게 되면서 6세가 되면 정상적인 발안쪽세로활의 형태와 거의 유사하게 된다고 하였다. Volpon(1994)은 성장기 아이들의 발을 족문검사를 이용하여 측정한 결과 아동의 발안쪽세로활은 2세부터 6세까지 급격히 발달하다가 이후 10세까지는 천천히 발달하게 된다고 보고하였으며, 3세 때 가장 급격히 높아진다고 하였다. 또한 생후부터 12세까지의 남·여 아이들의 발은 같은 형태로 발달하다가 12세부터 여자아이의 발안쪽세로활이 안정된 형태를 유지하나 남자아이의 경우 발안쪽세로활이 계속 높아진다고 하였다. Forriol과 Pascual(1990)도 3세에서 17세까지 아동의 발안쪽세로활을 측정한 연구에서 3, 4세 아동 집단의 안쪽세로활이 가장 급격하게 발달하였다고 보고하였다. 또한 Gilmour 등(2001)과 Kanatli 등(2006)은 대상의 연령과 발 안쪽세로활의 지표가 높은 상관관계를 지니고 있다고 보고하였다. 이러한 연구에 의하면 성인의 경우 연령에 따른 차이가 거의 나타나지 않는다고 보고되고 있으나 본 실험에서 성인을 대상으로 연령별 차이를 확인한 결과 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 이러한 결과는 대상의 연령별 수가 적고 고령이라는 점에서 신뢰도가 떨어진다는 한계점이 있다.

첫째발허리뼈 축의 기울기와 발의 너비는 발안쪽세로활의 높이와 형태를 확인하는데 중요한 구조물로 밀접한 관련이 있다. 현재 임상적으로 엄지발가락가쪽굽증(hallux valgus)이나 볼이 넓은 발 등은 낮은 활의 원인으

로 알려져 이들 사이의 상관관계를 밝히는 연구가 많이 이루어지고 있다. Komeda 등(2001)은 엄지발가락가쪽굽증을 지닌 발과 정상적인 발의 발안쪽세로활을 비교한 연구에서 엄지발가락가쪽굽증을 지닌 발이 정상적인 발보다 발안쪽세로활의 높이가 더 낮다고 보고하였다. 본 실험에서 측정한 첫째발허리뼈 축의 기울기는 평균  $24.98 \pm 2.16^\circ$ 로 나타났으며, SPSS Pro.을 이용하여 발안쪽세로활과의 상관관계를 확인한 결과  $r = 0.593$ ,  $p = 0.000$ 으로 나타나 상관성이 있음을 보였다. Williams와 McClay(2000)은 축의 기울기가  $23.09 \sim 25.47^\circ$ 라고 보고하였으며, Mall 등(2007)은 축의 기울기가  $23 \sim 26^\circ$ 라고 보고하여 본 실험과 비슷한 결과를 나타냈다. 또한 본 연구자는 발허리뼈의 머리, 몸통, 바닥을 기준으로 하여 발의 너비를 측정하였다. 발허리뼈 머리에서 측정한 너비는  $79.90 \pm 6.49$  mm이었으며, 몸통에서 측정한 너비는  $64.59 \pm 6.06$  mm, 바닥에서 측정한 발의 너비는  $68.10 \pm 6.75$  mm로 나타났다. Ozden 등(2005)은 오른쪽 발의 너비가  $94.1 \pm 9.9$  mm, 왼쪽 발의 너비가  $94.7 \pm 10.4$  mm라 하여 본 실험의 결과와 차이가 있음을 알 수 있었다.

발안쪽세로활의 측정적 연구는 연구 방법에 따라 결과의 차이가 나타나 각 민족 간의 발 안쪽세로활을 비교하는데 어려움이 있었다. 또한 측정 방법에 따라 표지점의 위치가 달라 질 수 있으므로 측정 방법에 따른 비교 연구가 요구된다. 임상에서 주로 이용되는 족문검사나 방사선사진, 사진촬영을 이용한 인체측정법의 실효성을 높이기 위해서는 해부학적 실측법을 통하여 뼈의 정확한 크기를 측정하고 이 결과를 토대로 다른 측정 결과값과의 오차를 구하여 비교하는 것이 필요하다고 생각한다. 이러한 한계점을 고려하고 다른 방법으로 측정한 연구들과 비교하여 참조한다면 발안쪽세로활 교정술이나 예방을 위한 신발제작 시 유용한 자료가 될 것이라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Bandholm T, Boysen L, Haugaard S, Zebis MK, Bencke J : Foot medial longitudinal-arch deformation during quiet standing and gait in subjects with medial tibial stress syndrome. *J Foot Ankle Surg* 47: 89-95, 2008.
- Brown GD : *Humans and Apes Compisd, Human Evolution*, 1st ed., Boston Wm C Brown, pp 59-60, 1995.
- Cashmere T, Smith R, Hunt A : Medial longitudinal arch of the foot: stationary versus walking measures. *Foot Ankle Int* 20: 112-118, 1999.
- Chu WC, Lee SH, Chu W, Wang TJ, Lee MC : The use of arch

- index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Trans Biomed Eng* 42: 1088-1093, 1995.
- Cobey JC, Sella E : Standardizing methods of measurement of foot shape by including the effects of subtalar rotation. *Foot Ankle* 2: 30-36, 1981. Cited from, Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD : Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil* 76: 45-49, 1995.
- Cowan DN, Jones BH, Robinson JR : Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med* 2: 773-777, 1993.
- Forriol F, Pascual J : Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle* 11: 101-104, 1990.
- Friderun AS : *Postcranial Skeleton, Primate Anatomy An Introduction*, 3rd ed., Durham, North Carolina, Elsevier, pp 335-365, 2007.
- Giladi M, Milgrom C, Stein M, Kashtan H, Margulies J, Chisin R, Steinberg R, Aharonson Z : The low arch, a protective factor in stress fractures. *Orthop Rev* 14: 709-712, 1985.
- Gilmour JC, Burns Y : The measurement of the medial longitudinal arch in children. *Foot Ankle Int* 22: 493-498, 2001.
- Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM : Footprints as a measure of arch height. *Foot Ankle* 13: 22-26, 1992.
- Hawes MR, Sovak D : Quantitative morphology of the human foot in a North American population. *Ergonomics* 37: 1213-1226, 1994. Cited from Nigg BM, Cole GK, Nachbauer W : Effects of arch height of the foot on angular motion of the lower extremities in running. *J Biomech* 26: 909-916, 1993.
- James SL, Bates BT, Osternig LR : Injuries to runners. *Am J Sports Med* 6: 40-50, 1978. Cited from Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD : Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil* 76: 45-49, 1995.
- Kanatli U, Gözil R, Besli K, Yetkin H, Bölükbaşı S : The relationship between the hindfoot angle and the medial longitudinal arch of the foot. *Foot Ankle Int* 27: 623-627, 2006.
- Komeda T, Tanaka Y, Takakura Y, Fujii T, Samoto N, Tamai S : Evaluation of the longitudinal arch of the foot with hallux valgus using a newly developed two-dimensional coordinate system. *J Orthop Sci* 6: 110-118, 2001.
- Lees A, Lake M, Klenerman L : Shock absorption during fore-foot running and its relationship to medial longitudinal arch height. *Foot Ankle Int* 26: 1081-1088, 2005.
- Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA, Queen RM : The reliability and reproducibility of foot type measurements using a mirrored foot photo box and digital photography compared to caliper measurements. *J Biomech* 40: 1171-1176, 2007.
- Menz HB, Munteanu SE : Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *J Orthop Sports Phys Ther* 35: 479-486, 2005.
- Morton DJ : *The Human Foot. Its Evolution, Physiology and Functional Disorders*. New York: Columbia University Press. 1935. Cited from Harcourt-Smith WE, Aiello LC : Fossils, feet and the evolution of human bipedal locomotion. *J Anat* 204 : 403-416, 2004.
- Nigg BM, Cole GK, Nachbauer W: Effects of arch height of the foot on angular motion of the lower extremities in running. *J Biomech* 26: 909-916, 1993.
- Ozden H, Balci Y, Demirüstü C, Turgut A, Ertugrul M : Stature and sex estimate using foot and shoe dimensions. *Forensic Sci Int* 147: 181-184, 2005.
- Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA 2nd : Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. *Foot Ankle Int* 28: 456-462, 2007.
- Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD : Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil* 76: 45-49, 1995.
- Simkin A, Leichter I, Giladi M, Stein M, Milgrom C : Combined effect of foot arch structure and an orthotic device on stress fractures. *Foot Ankle* 10: 25-29, 1989.
- Subotnick SI : The biomechanics of running. implications for the prevention of foot injuries. *Sports med* 2: 144-153, 1985.
- Volpon JB : Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop* 14: 83-85, 1994.
- Wang WJ, Crompton RH : Analysis of the human and ape foot during bipedal standing with implications for the evolution of the foot. *J Biomech* 37: 1831-1836, 2004.
- Williams DS, McClay IS : Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther* 80: 864-871, 2000.

# Morphometrics of the Medial Longitudinal Arch of Foot in Korean

Youn-Kyoung Seo<sup>†</sup>, Hwa-Hae Jeong<sup>†</sup>, Kyung-Tae Kim, Doo-Jin Paik

*Department of Anatomy and Cell Biology, College of Medicine, Hanyang University*

**Abstract** : In recent times the modification and injury of foot are shown due to various activity. It is essential to have detailed knowledges about the anatomical structure of medial longitudinal arch of foot for doing orthodigita or making shoes to prevent variation of medial longitudinal arch of foot. This study aimed to measure the constitution and to suggest the index of medial longitudinal arch of foot.

Fifty four feet (30 M/24 F) obtained from the collection of the Department of Anatomy and Cell Biology of College of Medicine, Hanyang University were studied. We measured the length of foot, the height of foot, and the first ray angle. Also, we found the index of medial longitudinal arch and compared this results with various races anthropologically. Each items was analyzed using SPSS win 13.0.

The length of foot was  $211.12 \pm 13.02$  mm and the height of foot was  $39.03 \pm 6.27$  mm. There was statistically significant difference between the values of male and female and among the age groups ( $p > 0.001$ ). The first ray angle was  $24.98 \pm 2.16^\circ$ . There was statistically significant difference between the values of male and female ( $p > 0.001$ ). The medial longitudinal arch index was  $18.43 \pm 2.33$ .

The date shows clear distinction between the value of index in this study and the American's value of index as a result of comparing races. The results of this study would be useful to clarify the characteristics of the medial longitudinal arch.

**Keywords** : Medial longitudinal arch, Foot length, Foot height, Comparison race, Korean

<sup>†</sup>These authors contributed equally to this work.

Correspondence to : Doo-Jin Paik (Department of Anatomy and Cell Biology, College of Medicine, Hanyang University)  
E-mail : Paikdj@hanyang.ac.kr