

한국인의 발허리뼈 특성과 길이 추정식 산출에 관한 연구

정화해[†], 서윤경[†], 전수경, 백두진

한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실

(2010년 8월 30일 접수, 2010년 9월 10일 수정접수, 2010년 9월 24일 게재승인)

간추림: 최근 건강에 대한 관심이 높아지고 이에 따른 스포츠 여가 활동을 즐기는 인구가 증가하면서 나이와 직업에 상관없이 발허리뼈의 피로골절이나 골절 또는 변형 등이 빈번하게 나타나고 있다. 발허리뼈 수술 및 치료로 절단술을 시행할 때 발허리뼈의 길이와 선열을 잘못 예측하였을 경우 합병증이 유발되므로 수술 부위에 대한 정확한 해부학적 구조의 이해는 필수적이다. 이에 본 연구자들은 한국인 발허리뼈의 특징을 구명하고 절단술 시행 시 필요한 발허리뼈 길이의 추정식을 개발하기 위하여 본 연구를 실시하였다.

시신 27구(남자 15구, 여자 12구, 평균연령 69.2세)의 발 54쪽을 대상으로 각각의 발허리뼈의 전체길이와 관절면사이길이, 발허리뼈 머리에서 전체너비와 관절면너비, 발허리뼈 몸통에서 전체너비, 발허리뼈 바닥에서 전체너비와 관절면너비를 계측한 후 SPSS 13.0으로 통계처리하여 다음과 같은 발허리뼈 길이 추정식을 산출하였다.

첫째발허리뼈의 길이는 둘째발허리뼈 관절면길이 $\times 0.770 + 7.780$ 이었고, 둘째발허리뼈 길이는 셋째발허리뼈 전체길이 $\times 0.976 + 6.050$ 이며, 셋째발허리뼈 길이는 넷째발허리뼈 전체길이 $\times 1.000 + 0.922$, 넷째발허리뼈 길이는 다섯째발허리뼈 전체길이 $\times 0.917 + 4.167$, 다섯째발허리뼈 길이는 넷째발허리뼈 전체길이 $\times 0.901 + 7.972$ 로 나타났다.

이러한 결과들은 한국인의 발허리뼈의 구조적 특징을 구명하고 발허리뼈 수술 시 필요한 발허리뼈 길이의 추정식을 제시한 것으로 생각된다.

찾아보기 낱말: 발허리뼈, 추정식, 형태계측, 인종비교, 한국인

서 론

발허리뼈는 발목뼈와 발가락뼈 사이에 위치한 5개의 긴뼈로 그 형태에 따라 발의 기능뿐만 아니라 운동성, 통증, 심미적 요인 등에 직접적 또는 간접적인 영향을 준다. Brown(1995)은 그의 저서 'Human Evolution'에서 인간의 발허리뼈는 발안쪽세로활의 발달과 함께 그 구조와 형태가 기능에 맞게 변화하였다고 하였다. 영장류의 첫째발가락은 손가락과 같이 '맞섬'의 기능을 가지고 있기 때문에 첫째발허리뼈의 구조와 배열이 손허리뼈의 배열과 비슷하게 이루어져 있는 반면 인간의 발은 5개의 발허리뼈 배열이 나란하게 위치해있고 첫째발가락의 크기가 다른 영장류에 비해 작은 것이 특징이다(Friderun 2007).

[†] 공동 제1저자로 동등한 역할을 수행하였다.

교신저자: 백두진 (한양대학교 의과대학 해부·세포생물학교실)

전자우편: paikdj@hanyang.ac.kr

피로골절은 특정부위에 하중이 지속적으로 가해지면 그 부위에 스트레스가 집중되어 피로파열(stress failure)이나 균열(crack) 또는 골절이 생기게 되는 증상으로 운동선수나 무용수와 같은 특정 직업에 관련해 많이 발생한다. 그러나 최근 건강에 대한 관심이 높아지고 이에 따른 스포츠 여가 활동을 즐기는 인구가 증가하면서 나이와 직업에 상관없이 그 발병률이 높아지고 있다. 주로 마라톤과 같은 장거리 운동선수(Chuckpaiwong 등 2007)나 여성 발레무용수(Davidson 등 2007)에게 나타나는 둘째, 셋째, 넷째발허리뼈의 피로골절과는 다르게 다섯째발허리뼈 피로골절은 다양한 운동에서 흔하게 발생하며, 해부학적 특성상 골절 시 혈액이 공급되지 않기 때문에 유형에 따라서 골수공간 내에 압박나사 등으로 고정하는 수술을 하거나 뼈이식술을 필요로 한다(Torg 1990, Lee 2004).

발허리뼈관절의 변형으로는 엄지발가락가쪽휨증(무지외반증 hallux valgus)과 주로 둘째발가락에서 나타나는 발허리발가락관절 불안정성 그리고 다섯째발가락관

질의 변형이 대표적이다. 엄지발가락가쪽 휨증과 다섯째 발가락관절 변형의 원인으로선 선천적인 편평발이나 넓적한 발(splay foot), 엄지발가락이 과다하게 유연한 발(hyperlaxity) 등이 있으며 후천적 요인으로는 하이힐이나 무용수의 토슈즈(toe shoes)와 같이 앞이 뾰족한 신발의 착용이라고 알려져 있다. 발허리뼈관절 변형의 치료로는 갈매기형 뼈절단술, 사선형 뼈절단술, 계단식 뼈절단술이 시행되고 있는데, 수술시 절단면의 방향이나 절단면의 고정이 잘못되어 나타나는 괴사나 섬유성관절증 같은 합병증을 예방하기 위해서는 절단부위에 대한 정확한 해부학적 지식이 요구된다.

선천적 발허리뼈의 질환인 발허리뼈단지증(brachy-metatarsia)은 발허리뼈가 비정상적으로 짧은 경우를 말하며 주로 넷째발허리뼈에서 많이 나타난다(Bartolomei 1990). 이러한 증상의 원인으로선 성장판의 조기유합이 대부분이며(Magnan 등 1995) 그 밖에 다운증후군, Apert 증후군, Albright 뼈형성이상, 겸상적혈구빈혈, 왜소발육장애(diastrophic dwarfism), 척추성소아마비 외 외상 후 또는 수술 후 감염에 의해 나타난다. 현재 가장 많이 이용되고 있는 치료법은 뼈절단술 후 뼈이식을 하는 일 단계 연장술과 가골신연술을 이용한 점진적 연장술이 있다(Bartolomei 1990, Ferrández 등 1993). 이러한 시술은 시술자가 발허리뼈의 선열을 잘못 맞추었을 경우 수술 후 환자의 발허리뼈에 통증이 남을 수 있기 때문에 발허리뼈의 정확한 열을 미리 예측하는 것이 필요하다.

이에 본 연구자들은 한국인의 발허리뼈 각각의 길이

와 너비를 계측하여 발허리뼈 특성을 구명하고 발허리뼈 골절의 치료시 중요한 발허리뼈 길이 추정식을 제시하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

이 연구는 한양대학교 의과대학 해부세포생물학교실에서 실습한 방부처리된 시신 27구(남자 15구, 여자 12구)의 기형이 없는 발 54쪽(남자 30쪽, 여자 24쪽)을 대상으로 하였으며, 대상의 사망 시 연령은 평균 69.2세(33~96세)였다.

2. 방 법

발을 발목관절에서 분리한 후 발허리뼈만 다시 분리하여 물에 삶아 물렁조직을 완전히 제거하였다. 물렁조직을 제거하거나 삶는 과정 중 손상이 심해 계측이 어려운 뼈는 제외하고 발허리뼈의 길이와 너비를 계측하였다.

첫째발허리뼈의 전체길이를 계측하고, 관절면사이길이, 첫째발허리뼈 몸통에서의 가로너비, 세로너비, 바닥에서의 전체가로너비, 관절면가로너비, 전체세로너비, 관절면세로너비, 머리에서의 전체가로너비, 전체세로너비를 계측하였다(Fig. 1). 둘째, 셋째, 넷째발허리뼈에서는

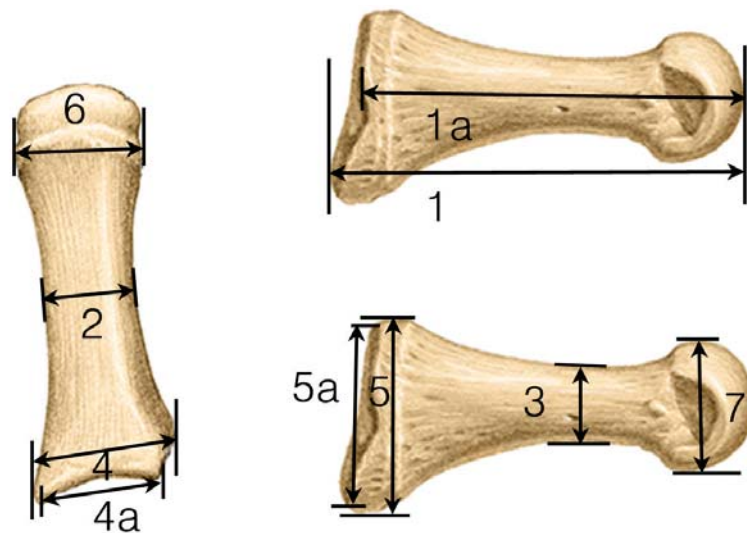


Fig. 1. Measurements of the first metatarsal bone. 1; whole length, 1a; length between the articular surfaces of head and base, 2; width on the midpoint of body, 3; height on the midpoint of body, 4; width on the base, 4a; width of the articular surface on the base, 5; height on the base, 5a; height of the articular surface on the base, 6; width on the head, 7; height on the head.

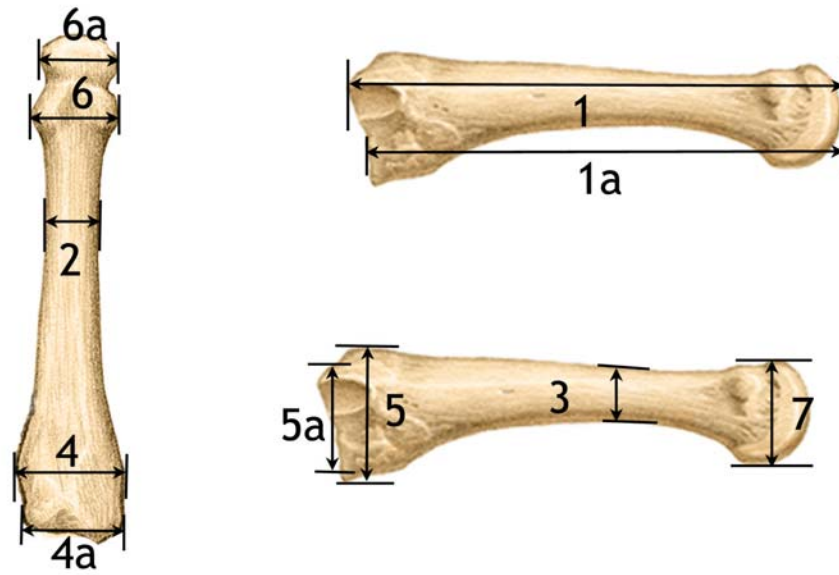


Fig. 2. Measurements of the second, third, fourth metatarsal bones. 1; whole length, 1a; length between the articular surfaces of head and base, 2; width on the midpoint of body, 3; height on the midpoint of body, 4; width on the base, 4a; width of the articular surface on the base, 5; height on the base, 5a; height of the articular surface on the base, 6; width on the head, 6a; width of the articular surface on the head, 7; height on the head.

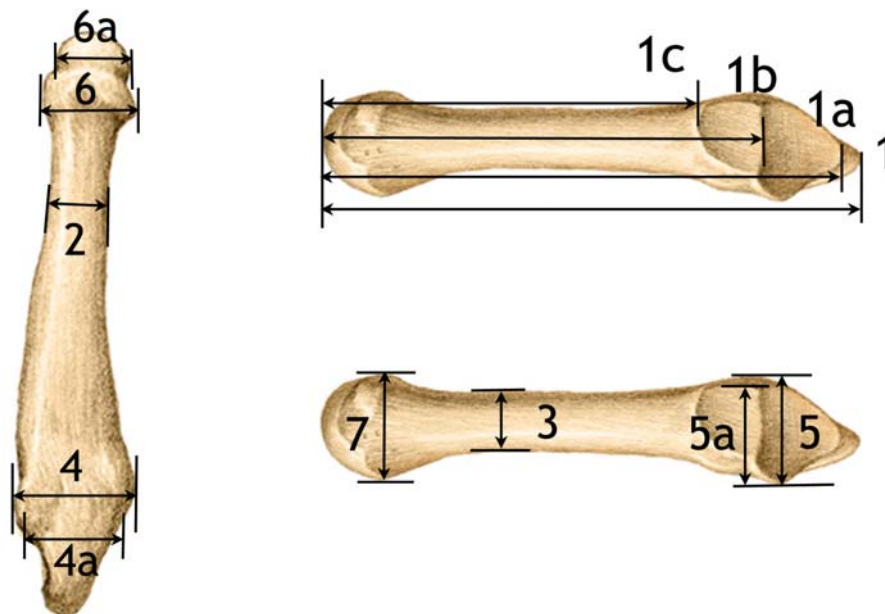


Fig. 3. Measurements of the fifth metatarsal bone. 1; whole length, 1a; length from the apex of cuboid articular surface, 1b; length from edge between the cuboid articular surface and the fourth metatarsal articular surface, 1c; length from apex of the fourth metatarsal articular surface, 2; width on the midpoint of body, 3; height on the midpoint of body, 4; width on the base, 4a; width of the articular surface on the base, 5; height on the base, 5a; height of the articular surface on the base, 6; width on the head, 6a; width of the articular surface on the head, 7; height on the head.

전체길이, 관절면사이길이, 몸통에서의 가로너비, 세로너비, 관절면세로너비, 머리에서의 전체가로너비, 관절면 가로너비, 세로너비를 측정하였다(Fig. 2). 또한 다섯째

발허리뼈에서는 전체길이를 측정하고, 입방뼈관절면 꼭대기에서 다섯째발허리뼈 머리까지의 길이, 입방뼈관절면과 넷째발허리뼈관절면 사이지점에서 다섯째발허리뼈 머리까지의 길이를 측정하였으며, 넷째발허리뼈관절면 꼭대기에서 다섯째발허리뼈 머리까지의 길이를 측정하였다. 그리고 다섯째발허리뼈 몸통에서의 가로너비, 세로너비, 바닥에서의 전체가로너비, 관절면가로너비, 전체세로너비, 관절면세로너비, 머리에서의 전체가로너비, 관절면가로너비, 세로너비를 측정하였다 (Fig. 3).

3. 통계분석

본 연구에서는 성별, 오른쪽과 왼쪽 그리고 연령에 따라 분류하여 측정하였고 결과비교는 SPSS 13.0 Program으로 처리하였다. 성별은 independent samples *t*-test ($P < 0.05$)로 처리하고 오른쪽과 왼쪽은 paired samples *t*-test ($P < 0.05$), 연령별은 one way anova *t*-test를 이용하여 처리하였고, R^2 값은 0.6 이상 되어야 의미있다고 판단하였다.

결 과

1. 발허리뼈의 측정

1) 첫째발허리뼈의 측정

첫째발허리뼈의 전체길이는 59.85 ± 3.70 mm이었으며, 몸통에서 측정한 가로너비는 13.80 ± 1.24 mm, 세로너비는 13.96 ± 1.37 mm이었다. 바닥에서 측정한 전체가로너비는 21.12 ± 2.14 mm, 전체세로너비는 28.84 ± 2.16 mm이었으며, 머리에서 측정한 전체가로너비는 21.59 ± 2.46 mm, 전체세로너비는 20.41 ± 2.15 mm이었다. 머리에서 측정한 전체가로너비를 제외한 모든 항목에서 남·여 사이와 연령대별로 통계적 유의한 차이 ($P < 0.01$)가 나타났다 (Table 1).

2) 둘째발허리뼈의 측정

둘째발허리뼈의 전체길이는 70.41 ± 4.35 mm이었으며, 몸통에서 측정한 가로너비는 7.92 ± 0.89 mm, 세로너비는 9.36 ± 0.60 mm이었다. 바닥에서 측정한 전체가로너비는 16.33 ± 1.21 mm, 전체세로너비는 21.76 ± 0.16 mm이었으며, 머리에서 측정한 전체가로너비는 12.52 ± 1.18 mm, 전체세로너비는 15.90 ± 1.53 mm이었다. 몸통에서 측정한 전체가로너비와 머리에서 측정한 전체가로너비를 제외한 모든 항목에서 남·여 사이와 연령별로 통계적 유의한 차이 ($P < 0.01$)가 나타났다 (Table 2).

3) 셋째발허리뼈의 측정

셋째발허리뼈의 전체길이는 65.99 ± 3.99 mm이었으며, 몸통에서 측정한 가로너비는 7.16 ± 0.86 mm, 세로너비는 9.50 ± 0.87 mm이었다. 바닥에서 측정한 전체가로너비는 14.52 ± 1.20 mm, 전체세로너비는 20.41 ± 1.68 mm이었으며, 머리에서 측정한 전체가로너비는 10.77 ± 1.03 mm, 전체세로너비는 15.36 ± 1.53 mm이었다. 바닥에서 측정한 세로너비는 남·여 사이에 유의한 차이 ($P < 0.01$)가 나타났으며, 다른 모든 항목은 남·여 사이와 연령별에서 유의한 차이 ($P < 0.01$)가 나타났다 (Table 3).

4) 넷째발허리뼈의 측정

넷째발허리뼈의 전체길이는 65.13 ± 4.00 mm이었으며, 몸통에서 측정한 가로너비는 7.28 ± 0.83 mm, 세로너비는 9.46 ± 0.76 mm이었다. 바닥에서 측정한 전체가로너비는 14.59 ± 1.34 mm, 전체세로너비는 18.11 ± 1.99 mm이었으며, 머리에서 측정한 전체가로너비는 10.60 ± 1.02 mm, 전체세로너비는 14.53 ± 1.65 mm이었다. 바닥에서 측정한 전체가로너비를 제외한 모든 항목에서 남·여 사이와 연령별로 통계적으로 유의한 차이 ($P < 0.01$)가 나타났다 (Table 4).

5) 다섯째발허리뼈의 측정

다섯째발허리뼈의 전체길이는 66.85 ± 4.24 mm이었으며, 몸통에서 측정한 가로너비는 10.43 ± 0.95 mm, 세로너비는 8.15 ± 0.94 mm이었다. 바닥에서 측정한 전체가로너비는 20.99 ± 1.85 mm, 전체세로너비는 15.06 ± 1.36 mm이었으며, 머리에서 측정한 전체가로너비는 11.66 ± 1.19 mm, 전체세로너비는 13.46 ± 1.42 mm이었다. 머리에서 측정한 세로너비는 남·여 사이에서 $P < 0.05$ 로 통계적 유의한 차이가 나타났으며, 다른 모든 항목의 측정값은 남·여 사이와 연령별에서 $P < 0.001$ 로 통계적 유의한 차이가 나타났다 (Table 5).

2. 발허리뼈 길이의 추정식 산출

첫째발허리뼈 길이 추정식은 '첫째발허리뼈 길이 = $7.780 +$ 둘째발허리뼈 관절면길이 $\times 0.770$ ' 으로 $R^2 = 0.725$ 이고, 둘째발허리뼈 길이 추정식은 '둘째발허리뼈 길이 = $6.050 +$ 셋째발허리뼈 전체길이 $\times 0.976$ ' 으로 $R^2 = 0.835$, 셋째발허리뼈 길이 추정식은 '셋째발허리뼈 길이 = $0.922 +$ 넷째발허리뼈 전체길이 $\times 1.000$ ' 으로 $R^2 = 0.916$ 이다. 넷째발허리뼈 길이 추정식은 '넷째발허리뼈 길이 = $4.167 +$ 다섯째발허리뼈 전체길이 $\times 0.917$ ' 으로 $R^2 = 0.916$ 이며, 다섯째발허리뼈 길이 추정식은 '다섯째발허리뼈 길이 = $4.167 +$ 다섯째발허리뼈 전체길이 $\times 0.917$ ' 으로 $R^2 = 0.916$ 이다.

Table 1. Measurements of the first metatarsal bone

Group	Whole length			Length from articular facet			Width on body			Height on body			Width on base		
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All	59.85	3.70	54	57.28	3.92	54	13.80	1.24	54	13.96	1.37	54	21.12	2.14	54
Sex															
Male	61.55	3.80	30***	59.24	4.00	30***	14.35	1.13	30***	14.70	1.20	30***	22.06	1.94	30***
Female	57.73	2.21	24	54.84	2.00	24	13.12	1.03	24	13.03	0.95	24	19.95	1.80	24
Side															
Rt	59.32	3.96	27	57.19	4.42	27	13.71	1.34	27	14.05	1.43	27	21.15	2.25	27
Lt	60.39	3.41	27	57.38	3.42	27	13.90	1.14	27	13.87	1.33	27	21.08	2.21	27
Age															
30~49	56.41	1.39	4 [†]	53.62	1.41	4 [†]	14.29	1.00	4 [†]	13.72	0.71	4 [†]	20.23	3.78	4 [†]
50~59	61.35	1.44	6	58.87	1.92	6	13.45	0.73	6	13.23	1.49	6	22.13	2.11	6
60~69	61.08	4.45	22	58.72	4.71	22	14.19	1.56	22	14.24	1.70	22	21.36	2.40	22
70~79	59.88	3.33	12	57.47	3.08	12	13.40	0.85	12	13.99	0.97	12	20.89	1.86	12
80~96	57.59	1.75	10	54.41	1.49	10	13.47	0.99	10	13.83	1.10	10	20.61	0.78	10

Group	Width of facet on base			Height on base			Height of facet on base			Width on head			Height on head		
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All	16.17	1.72	54	28.84	2.16	54	26.94	1.97	54	21.59	2.46	53	20.41	2.15	54
Sex															
Male	16.73	1.64	30**	29.99	2.13	30***	28.10	1.73	30***	22.05	2.85	29	21.34	2.26	30***
Female	15.47	1.57	24	27.39	1.07	24	25.49	1.09	24	21.02	1.78	24	19.26	1.32	24
Side															
Rt	16.58	1.78	27	28.70	2.07	27	26.87	2.14	27	21.63	2.49	26	20.38	1.79	27
Lt	15.76	1.58	27	28.97	2.29	27	27.01	1.82	27	21.55	2.48	27	20.44	2.50	27
Age															
30~49	14.76	1.81	4 [†]	27.45	1.45	4 [†]	25.65	1.47	4 [†]	19.47	2.51	4 [†]	19.20	0.68	4 [†]
50~59	16.51	1.74	6	29.58	1.65	6	27.68	2.14	6	21.51	1.18	6	20.72	1.45	6
60~69	16.35	1.83	22	29.23	2.82	22	27.15	2.25	22	22.42	2.47	21	20.69	2.41	22
70~79	16.58	1.37	12	29.01	1.59	12	27.13	1.77	12	20.90	1.98	12	20.76	1.95	12
80~96	15.66	1.73	10	27.87	1.06	10	26.32	1.52	10	21.56	3.08	10	19.69	2.47	10

** , difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.01$)

*** , difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.001$)

† , difference among the age groups is significant from statistical results ($P < 0.001$)

리뼈 길이 = $7.972 + \text{넷째발허리뼈 전체길이} \times 0.901$ 으로 $R^2 = 0.684$ 이다 (Table 6).

이 식의 유효성을 검증하기 위해서 본 연구에서 산출한 추정식으로 각각의 발허리뼈 길이를 구하고 실측한 각각의 발허리뼈 길이로 나누어 보았다. 그 결과 첫째발허리뼈 길이를 나눈 값은 1.00 ± 0.03 로 0.94~1.06 범위에 있었으며, 둘째발허리뼈 길이를 나눈 값은 1.00 ± 0.02 로 0.95~1.09 범위에 있었다. 셋째발허리뼈 길이를 나눈 값은 1.00 ± 0.02 로 0.96~1.04이었고, 넷째발허리뼈 길이를 나눈 값은 0.99 ± 0.02 로 0.96~1.03이었고, 다섯째발허리뼈 길이를 나눈 값은 1.00 ± 0.04 로 0.89~1.06이었다.

각각의 발허리뼈의 오차를 구하고 오차비율을 확인한 결과 첫째발허리뼈 길이의 오차비율이 5% 미만인 경우가 43쪽(82.7%), 5~10% 사이가 9쪽(17.3%)으로 나타났으며, 둘째발허리뼈 길이의 오차비율이 5% 미만인 경우가 49쪽(98%), 5~10% 사이가 1쪽(2%)으로 나타났다. 셋째발허리뼈 길이의 오차비율이 5% 미만인 경우가 48쪽(100%)으로 나타났고, 넷째발허리뼈 길이의 오차비율이 5% 미만인 경우가 48쪽(100%)으로 나타났으며, 다섯째발허리뼈 길이의 오차비율이 5% 미만인 경우가 38쪽(84.5%), 5~10% 사이가 6쪽(13.3%), 10~15% 사이가 1쪽(2.2%)으로 나타났다.

Table 2. Measurements of the second metatarsal bone

Group		Whole length			Length from articular facet			Width on body			Height on body		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All		70.41	4.35	51	67.54	4.14	52	7.92	0.89	53	9.36	0.60	53
Sex	Male	72.65	3.64	29***	69.78	3.61	29***	8.13	0.99	30	9.55	0.62	30**
	Female	67.46	3.36	22	64.72	2.87	23	7.66	0.67	23	9.12	0.47	23
Side	Rt	70.34	4.24	27	67.54	4.18	27	8.01	1.02	27	9.33	0.56	27
	Lt	70.49	4.55	24	67.54	4.18	25	7.83	0.74	26	9.39	0.64	26
Age	30~49	68.16	0.55	4 [†]	66.17	0.83	4 [†]	7.98	1.14	4 [†]	9.47	0.40	4 [†]
	50~59	72.84	1.74	6	70.33	2.36	6	7.30	0.62	6	8.99	0.53	6
	60~69	72.03	4.63	20	68.89	4.40	20	8.15	1.06	21	9.57	0.58	21
	70~79	69.66	4.68	12	67.19	4.47	12	7.85	0.79	12	9.33	0.77	12
	80~96	67.20	3.02	9	64.13	2.34	10	7.89	0.55	10	9.14	0.35	10

Group		Width on base			Width of facet on base			Height on base			Height of facet on base		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All		16.33	1.21	51	13.48	1.36	50	21.76	1.16	50	19.34	1.12	50
Sex	Male	16.86	1.16	28***	14.05	1.32	28***	22.18	1.20	28**	19.58	1.19	28
	Female	15.70	0.96	23	12.76	1.05	22	21.23	0.87	22	19.04	0.99	22
Side	Rt	16.24	1.42	26	13.43	1.40	26	21.74	1.20	25	19.28	1.08	25
	Lt	16.43	1.22	25	13.54	1.34	24	21.78	1.14	25	19.40	1.19	25
Age	30~49	15.94	0.38	4 [†]	13.27	0.53	4 [†]	21.82	0.52	4 [†]	19.38	1.51	4 [†]
	50~59	16.22	0.69	6	12.90	1.65	6	21.65	0.84	6	18.66	0.67	6
	60~69	16.71	1.65	19	13.89	1.54	19	21.78	1.58	19	19.36	1.13	19
	70~79	15.90	0.99	12	13.48	1.10	12	21.91	0.85	11	19.67	1.02	11
	80~96	16.36	0.75	10	13.11	1.30	9	21.61	0.98	10	19.34	1.32	10

Group		Width on head			Width of facet on head			Height on head		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All		12.52	1.18	53	10.51	1.05	53	15.90	1.53	53
Sex	Male	12.76	1.23	30	10.88	0.97	30**	16.52	1.50	30***
	Female	12.21	1.07	23	10.03	0.98	23	15.10	1.18	23
Side	Rt	12.42	1.24	27	10.47	0.86	27	15.90	1.27	27
	Lt	12.62	1.14	26	10.55	1.13	26	15.90	1.79	26
Age	30~49	12.91	1.82	4 [†]	11.47	1.33	4 [†]	16.08	0.51	4 [†]
	50~59	11.89	0.91	6	10.07	0.78	6	15.56	0.80	6
	60~69	12.51	1.15	21	10.87	1.07	21	16.30	1.88	21
	70~79	12.70	1.45	12	10.21	1.11	12	15.62	1.83	12
	80~96	12.54	0.80	10	10.01	0.44	10	15.54	0.67	10

** , difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.01$)

*** , difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.001$)

[†] , difference among the age groups is significant from statistical results ($P < 0.001$)

고 찰

발허리뼈 관련 질환은 최근 일반인들의 증가된 스포츠 활동으로 인해 골절이나 변형 등이 자주 보고되면서 치료에 대한 관심이 높아지고 수술 시 발허리뼈의 길이, 너비, 배열에 대한 중요성이 강조되면서 발허리뼈에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다.

Davidson 등(2007)은 무용수를 대상으로 하여 피로골절이 일어난 집단과 정상인을 분류하여 둘째발허리뼈를 계측하였으며, Iwamoto와 Takeda (2003)은 야구선수, 무용수, 테니스선수, 배구선수, 농구선수, 축구선수 등의 다양한 운동선수를 대상으로 스트레스 골절 부위를 연구한 결과 발허리뼈의 피로골절은 농구선수에게서 가장 많이 나타났다고 하였다. Munuera 등(2008)은

Table 3. Measurements of the third metatarsal bone

Group	Whole length			Length from articular facet			Width on body			Height on body			
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
All	65.99	3.99	51	64.33	3.92	51	7.16	0.86	53	9.50	0.87	53	
Sex	Male	67.96	3.66	28***	66.35	3.39	28***	7.49	0.80	30**	9.88	0.89	30***
	Female	63.60	2.97	23	61.86	3.04	23	6.72	0.75	23	9.00	0.53	23
Side	Rt	65.74	4.01	26	64.30	4.01	26	7.00	0.76	27	9.49	1.02	27
	Lt	66.26	4.04	25	64.35	3.90	25	7.33	0.94	26	9.50	0.82	26
Age	30~49	63.64	0.53	3 [†]	62.99	0.77	3 [†]	6.58	0.51	4 [†]	9.48	1.58	4 [†]
	50~59	67.63	1.08	6	65.74	1.49	6	7.05	0.47	6	9.99	0.31	6
	60~69	67.26	4.59	20	65.78	4.05	20	7.25	0.84	21	9.66	0.95	21
	70~79	65.65	4.41	12	63.81	4.78	12	7.30	1.18	12	9.06	0.50	12
	80~96	63.61	2.46	10	61.59	2.46	10	7.10	0.76	10	9.38	0.80	10

Group	Width on base			Width of facet on base			Height on base			Height of facet on base			
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
All	14.52	1.20	52	12.43	1.26	52	20.41	1.68	51	18.55	1.57	51	
Sex	Male	15.15	1.16	29***	12.93	1.05	29**	20.86	1.60	29*	19.03	1.59	29*
	Female	13.73	0.67	23	11.80	1.24	23	19.81	1.63	22	17.93	1.33	22
Side	Rt	14.45	1.15	27	12.32	1.14	27	20.39	1.49	27	18.76	1.56	27
	Lt	14.61	1.27	25	12.54	1.40	25	20.43	1.90	24	18.32	1.58	24
Age	30~49	13.81	0.95	4 [†]	12.24	1.62	4 [†]	20.01	0.60	4 [†]	18.04	0.68	4 [†]
	50~59	15.37	1.05	6	12.72	0.93	6	20.37	0.56	6	17.90	0.84	6
	60~69	14.73	1.31	20	12.77	1.58	20	20.20	2.24	20	18.71	1.84	20
	70~79	14.44	1.16	12	12.41	0.76	12	20.54	1.42	12	18.19	1.35	12
	80~96	13.98	0.94	10	11.66	0.87	10	20.90	1.48	9	19.34	1.69	9

Group	Width on head			Width of facet on head			Height on head			
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
All	10.77	1.03	52	8.79	0.85	51	15.36	1.53	51	
Sex	Male	11.27	0.93	29***	9.29	0.72	28***	16.29	1.31	28***
	Female	10.15	0.79	23	8.18	0.54	23	14.22	0.87	23
Side	Rt	10.78	0.92	26	8.76	0.76	26	15.29	1.60	26
	Lt	10.77	1.04	26	8.82	0.94	25	15.43	1.48	25
Age	30~49	10.16	0.48	3 [†]	8.66	0.15	3 [†]	14.87	0.71	3 [†]
	50~59	10.23	0.42	6	8.55	0.32	6	15.86	0.87	6
	60~69	11.14	1.07	21	9.21	1.01	20	15.78	1.72	20
	70~79	10.81	1.12	12	8.65	0.78	12	15.14	1.81	12
	80~96	10.47	1.02	10	8.30	0.57	10	14.64	0.99	10

*, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.05$)
 **, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.01$)
 ***, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.001$)
[†], difference among the age groups is significant from statistical results ($P < 0.001$)

엄지발가락쪽 휨증이 있는 집단과 정상적인 발 집단의 첫째, 둘째 발허리뼈를 계측하여 비교 연구하였으며, Davitt 등 (2005)은 3년 이상 첫째, 둘째, 셋째 발목 발허리 관절 치료를 받고 있는 환자의 발허리뼈와 정상적인 발허리뼈의 길이를 비교하여 보고하였다. 이러한 연구들은 방사선사진을 통한 계측이 대부분이었다. Nigg 등

(1993)과 Cobey와 Sella (1981)은 방사선사진의 특성상 구조물이 중첩되어 나타나므로 실제 골격의 구조와 차이가 날 수 있다고 하였으며, 방사선사진을 이용한 연구 결과가 임상적 측정 결과가 다르다는 보고도 있어 (Saltzman 등 1995) 본 연구방법과 같은 해부학적 실측법의 중요성이 강조되고 있다. 그러나 수술 시 대상의

Table 4. Measurements of the fourth metatarsal bone

Group		Whole length			Length from articular facet			Width on body			Height on body		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All		65.13	4.00	48	63.18	3.80	48	7.28	0.83	53	9.46	0.76	53
Sex	Male	67.27	3.33	27***	65.29	3.12	27***	7.71	0.75	30***	9.75	0.65	30**
	Female	62.38	3.01	21	60.46	2.74	21	6.72	0.57	23	9.09	0.74	23
Side	Rt	64.92	4.12	24	63.03	3.93	24	7.23	1.05	27	9.53	0.72	27
	Lt	65.34	3.96	24	63.33	3.74	24	7.33	0.68	26	9.39	0.81	26
Age	30~49	63.28	0.83	3 [†]	61.64	0.76	3 [†]	7.40	1.28	4 [†]	8.59	0.69	4 [†]
	50~59	66.97	2.23	4	65.16	1.63	4	7.15	0.90	6	9.85	0.29	6
	60~69	66.42	4.38	20	64.46	3.99	20	7.44	0.96	21	9.52	0.76	21
	70~79	64.25	4.20	12	62.70	3.97	12	7.17	0.73	12	9.23	0.50	12
	80~96	63.23	3.15	9	60.60	3.06	9	7.10	0.42	10	9.74	0.97	10

Group		Width on base			Width of facet on base			Height on base			Height of facet on base		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All		14.59	1.34	49	10.58	1.78	50	18.11	1.99	49	16.02	1.77	49
Sex	Male	14.89	1.27	29	11.02	1.67	29*	18.96	1.87	29***	16.74	1.61	29***
	Female	14.15	1.35	20	9.97	1.80	21	16.88	1.48	20	14.97	1.46	20
Side	Rt	14.30	1.26	26	10.44	1.73	26	17.96	1.71	26	16.00	1.73	26
	Lt	14.90	1.38	23	10.73	1.86	24	18.28	2.30	23	16.04	1.57	23
Age	30~49	13.49	1.05	4 [†]	9.88	1.45	4 [†]	17.25	1.00	4 [†]	14.64	1.26	4 [†]
	50~59	14.46	0.93	5	9.85	1.68	5	18.04	0.80	5	15.91	1.46	5
	60~69	14.57	1.64	20	11.01	1.94	20	18.33	2.42	20	16.22	1.51	20
	70~79	14.69	0.88	12	10.17	0.97	12	18.07	1.62	12	16.01	1.85	12
	80~96	15.09	1.33	8	10.89	2.36	9	18.08	2.41	8	16.29	2.57	8

Group		Width on head			Width of facet on head			Height on head		
		Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n
All		10.60	1.02	51	8.77	1.07	51	14.53	1.65	51
Sex	Male	11.20	0.90	28***	9.41	1.01	28***	15.56	1.37	28***
	Female	9.86	0.57	23	8.00	0.47	23	13.27	0.97	23
Side	Rt	10.53	1.06	26	8.85	1.25	26	14.61	1.66	26
	Lt	10.66	0.99	25	8.70	0.87	25	14.44	1.68	25
Age	30~49	9.91	0.58	3 [†]	8.52	0.19	3 [†]	13.76	0.48	3 [†]
	50~59	10.30	0.51	6	8.68	0.38	6	15.84	1.10	6
	60~69	11.05	1.20	20	9.28	1.35	20	14.76	1.89	20
	70~79	10.44	1.02	12	8.45	0.92	12	14.25	1.63	12
	80~96	10.25	0.59	10	8.30	0.67	10	13.84	1.26	10

*, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.05$)
 **, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.01$)
 ***, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.001$)
[†], difference among the age groups is significant from statistical results ($P < 0.001$)

특성상 방사선사진을 이용할 수 밖에서 없으므로 해부학적 실측값과 방사선사진을 통한 계측값을 비교하여 그 오차를 예측할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

발허리뼈에 관한 계측적 연구는 영장류에서부터 다양한 민족을 대상으로 보고되고 있다. McFadden와 Bracht (2003)은 개코원숭이를 대상으로 하여 손허리뼈

와 발허리뼈를 계측한 연구에서 첫째발허리뼈를 제외한 나머지 발허리뼈 중 둘째발허리뼈가 54.0mm로 가장 짧다고 보고하였다. 영장류의 발허리뼈는 인간의 발로 진화하기 전의 형태를 의미하므로 영장류와 인간의 발허리뼈 비교 연구 시 이러한 계측적 연구는 중요한 자료가 된다. 인간의 발허리뼈 계측 연구는 터키인(Do-

Table 5. Measurements of the fifth metatarsal bone

Group	Whole length			Length from apex of cuboid facet			Length from edge between cuboid and 4th MT facet			Length from apex of 4th metatarsal facet			
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
All	66.85	4.24	50	63.28	3.87	51	59.03	3.53	51	56.06	3.58	50	
Sex	Male	69.00	4.03	28***	65.54	3.32	28***	61.13	2.97	28***	57.74	3.43	28***
	Female	64.11	2.63	22	60.53	2.47	23	56.48	2.24	23	53.92	2.48	22
Side	Rt	66.79	4.21	26	63.22	4.09	27	58.80	3.55	27	55.42	3.61	27
	Lt	66.91	4.35	24	63.35	3.93	24	59.29	3.56	24	56.81	3.46	23
Age	30~49	64.35	2.56	3 [†]	60.49	1.66	3 [†]	57.19	1.68	3 [†]	54.21	1.28	3 [†]
	50~59	66.87	3.07	6	63.24	3.26	6	59.31	2.31	6	55.09	2.59	6
	60~69	68.43	4.80	21	64.57	4.08	21	60.47	3.73	21	57.24	3.59	20
	70~79	65.86	4.37	12	62.96	4.57	12	58.57	3.86	12	56.22	4.35	12
	80~96	65.10	2.38	8	61.64	2.34	9	56.73	2.31	9	54.51	2.99	9

Group	Width on body			Height on body			Width on base			Width of facet on base			
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
All	10.43	0.95	53	8.15	0.94	53	20.99	1.85	52	12.10	1.76	52	
Sex	Male	10.85	0.94	29***	8.67	0.83	29***	21.94	1.70	29***	12.87	1.84	29***
	Female	9.93	0.71	24	7.53	0.65	24	19.80	1.25	23	11.11	1.03	23
Side	Rt	10.43	1.07	27	8.16	1.04	27	20.65	2.18	27	12.02	1.92	27
	Lt	10.43	0.84	26	8.15	0.84	26	21.37	1.76	25	12.18	1.61	25
Age	30~49	10.00	1.30	4 [†]	7.80	1.21	4 [†]	19.02	1.16	4 [†]	11.61	2.00	4 [†]
	50~59	10.20	0.81	6	8.15	0.80	6	21.50	0.75	6	11.54	1.67	6
	60~69	10.47	0.97	21	8.52	1.03	21	21.39	2.17	20	12.70	1.92	20
	70~79	10.52	1.24	12	8.03	0.83	12	21.59	1.75	12	12.55	1.46	12
	80~96	10.56	0.44	10	7.67	0.65	10	19.98	1.03	10	10.88	1.10	10

Group	Height on base			Height of facet on base			Width on head			Width of facet on head			Height on head			
	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	Mean	SD	n	
All	15.06	1.36	52	13.19	1.24	52	11.66	1.19	51	8.86	1.01	51	13.46	1.42	51	
Sex	Male	15.78	1.21	29***	13.75	1.05	29***	11.99	1.06	28*	9.39	0.80	28***	14.17	1.09	28***
	Female	14.16	0.95	23	12.48	1.11	23	11.27	1.23	23	8.20	0.83	23	12.60	1.30	23
Side	Rt	14.92	1.19	27	13.08	1.20	27	11.61	1.32	27	8.82	1.05	27	13.47	1.43	27
	Lt	15.22	1.54	25	13.30	1.29	25	11.72	1.04	24	8.89	0.93	24	13.45	1.43	24
Age	30~49	14.00	1.55	4 [†]	12.08	0.88	4 [†]	11.18	1.07	3 [†]	9.19	1.20	3 [†]	13.00	1.02	3 [†]
	50~59	15.50	0.45	6	13.01	0.56	6	11.03	0.91	6	8.66	0.50	6	13.51	0.83	6
	60~69	15.40	1.79	20	13.42	1.33	20	11.69	1.46	21	9.13	1.19	21	13.91	1.43	21
	70~79	15.01	0.62	12	13.70	0.95	12	12.08	0.58	12	8.74	0.90	12	13.23	1.57	12
	80~96	14.62	1.13	10	12.66	1.45	10	11.62	1.25	9	8.39	0.78	9	12.84	1.50	9

*, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.05$)
 ***, difference between male and female is significant from statistical results ($P < 0.001$)
[†], difference among the age groups is significant from statistical results ($P < 0.001$)

gan 등 2007), 미국인 (Davitt 등 2005, Case와 Ross 2007), 프랑스인 (Largey 등 2007), 스페인인 (Munuera 등 2008), 이집트인 (ElSaid 등 2006), 오스트레일리아인 (Davidson 등 2007), 멕시코인 (Byers 등 1989)을 대상으

로 이루어졌으며, 발허리뼈단지증과 관련하여 터키인 (Erdem 등 2009), 이탈리아인 (Magnan 등 1995), 한국인 (Choi 등 1999, Kim 등 2003)을 대상으로 연구한 보고가 있다. 본 실험에서 측정된 발허리뼈 길이는 프랑스인

Table 6. Multiple regression analysis for the respective metatarsal bones

Dependent variable		<i>B</i>	<i>SE B</i>	Standardized coefficients	<i>t</i>	<i>P</i> -value
1st MT whole length	(constant)	7.780	5.036		1.545	0.130
	2nd MT length from articular facet	0.770	0.074	0.851	10.386	0.000

MT; metatarsal bone
R²=0.725, F=107.876***

Dependent variable		<i>B</i>	<i>SE B</i>	Standardized coefficients	<i>t</i>	<i>P</i> -value
2nd MT whole length	(constant)	6.050	4.436		1.364	0.180
	3rd MT whole length	0.976	0.067	0.914	14.580	0.000

MT; metatarsal bone
R²=0.835, F=212.568***

Dependent variable		<i>B</i>	<i>SE B</i>	Standardized coefficients	<i>t</i>	<i>P</i> -value
3rd MT whole length	(constant)	0.922	3.123		0.295	0.769
	4th MT whole length	1.000	0.048	0.957	20.926	0.000

MT; metatarsal bone
R²=0.916, F=437.885***

Dependent variable		<i>B</i>	<i>SE B</i>	Standardized coefficients	<i>t</i>	<i>P</i> -value
4th MT whole length	(constant)	4.617	2.903		1.590	0.120
	3rd MT whole length	0.917	0.044	0.957	20.926	0.000

MT; metatarsal bone
R²=0.916, F=437.885***

Dependent variable		<i>B</i>	<i>SE B</i>	Standardized coefficients	<i>t</i>	<i>P</i> -value
5th MT whole length	(constant)	7.972	6.333		1.259	0.215
	4th MT whole length	0.901	0.097	0.827	9.304	0.000

MT; metatarsal bone
R²=0.684, F=86.558***

Table 7. Previous reported dimensions of the metatarsal bones

Race of subject	Figure of sample	Length of 1st MT (mm)	Length of 2nd MT (mm)	Length of 3rd MT (mm)	Length of 4th MT (mm)	Length of 5th MT (mm)	Method of measurement
Turk Dogan et al. (2007)	T 200 feet						Radiography
	M 100 feet	62.71	71.96	71.55	70.81	72.10	
	F 100 feet	56.35	68.31	68.24	68.56	68.56	
French Largey et al. (2007)	7 cadaver	59	70	65	65	61	Measurement
American Davitt et al. (2007)	P 15 feet	64.3	83.7		75.5		Radiography
	C 26 feet	66.8	81.5		75.3		
American, European Case et al. (2007)	MR 136	64.28	76.60	71.48	70.36	72.56	Measurement
	FR 123	59.92	71.51	66.85	65.70	67.17	
Spanish Munuera et al. (2007)	HV 54 feet	67.91	78.54				Radiography
	C 98 feet	65.48	77.81				

MT; metatarsal bone, T; Total, M; Male, F; Female, P; Patient, C; Control group, MR; Right side of male, FR; Right side of female, HV; Hallux valgus

의 발허리뼈 길이와 거의 흡사하게 나타났으며, 터키인 그러나 미국인의 경우 남자와 여자 모두 본 실험결과보다 2~4 mm 더 길게 나타났으며, 스페인인은 5 mm 더 남자와 여자의 발허리뼈 길이와도 비슷하게 나타났다.

길게 나타났다. 또한 미국인을 대상으로 발허리뼈 너비를 측정한 Dogan 등(2007)의 연구에서 첫째발허리뼈는 15.60 ± 1.49 mm, 둘째발허리뼈는 9.02 ± 0.95 mm, 셋째발허리뼈는 8.02 ± 0.80 mm, 넷째발허리뼈는 8.08 ± 0.89 mm, 다섯째발허리뼈는 8.89 ± 0.79 mm로 보고되었다. 이러한 결과는 다섯째발허리뼈를 제외한 나머지 발허리뼈의 너비가 본 실험 결과보다 더 넓은 것을 알 수 있다.

발허리뼈의 길이와 너비는 대부분의 항목에서 남녀 간의 유의한 차이를 나타냈다. 또한 연령에 따른 차이에서도 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 본 연구 대상의 수가 적고 연령이 높아 이러한 결과를 뒷받침하기 위해서는 대상의 수와 연령을 더 확보하여 측정하는 것이 필요하다고 생각된다.

발허리뼈단지증은 수술 시 발허리뼈의 길이와 배열에 대한 지식을 정확하게 숙지하는 것이 중요하다. 발허리뼈 연장술 시 발허리뼈의 길이를 잘못 예측하거나 열을 맞출 때 발허리뼈 머리의 선열을 맞추지 않고 발가락 끝선을 맞출 경우 과교정이 되어 통증이 남게 된다(Lee 2004). Magnan 등(1995)과 Erdem 등(2009)은 발허리뼈단지증 수술 시 'First metatarsal length=Second metatarsal length>Third metatarsal length>Fourth metatarsal length>Fifth metatarsal length'와 같은 식을 이용한다고 하였으며, 손허리뼈 연장술 시는 Aydinlioglu 등(1998)이 보고한 추정식(First metacarpal length= $0.67 \times$ second metacarpal length, Second metacarpal length= $0.71 \times$ third metacarpal length, Third metacarpal length= $0.78 \times$ fourth metacarpal length, Fourth metacarpal length= $0.84 \times$ fifth metacarpal length)을 이용한다고 하였다. 그러나 Magnan 등(1995)과 Erdem 등(2009)이 이용한 식의 경우 본 실험 결과뿐만 아니라 Case와 Ross(2007), Davitt 등(2005), Largey 등(2007)의 연구결과들과도 일치하지 않아 더 구체적이고 정확한 식이 요구된다(Table 7). 본 연구에서는 각각의 발허리뼈 길이 추정식을 산출한 결과 설명력(R^2)이 각각 0.725, 0.835, 0.916, 0.916, 0.684로 비교적 높게 나타났으며 오차비율을 구한 결과 10% 미만인 대부분이어서 발허리뼈 길이 추정식으로 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

본 연구에서 측정한 항목의 대부분에서는 연령별로 통계적 유의한 차이를 보였으나 연구방법의 특성상 대상의 나이가 고령이고 그 수가 적어 연령 간의 차이를 입증하기에 한계가 있다. 단지증인 경우 대부분 아동일 때 수술이 이루어지므로 고령에게서뿐 아니라 아동에게서 각 성장 시기마다의 추가 측정 연구가 필요하다. 또한 발허리뼈는 다양한 운동과 밀접한 관련이 있다고

알려져 있다. 그러나 현재 이루어진 연구로는 피로골절 또는 변형 등의 질환을 가진 환자집단과 대조집단의 발을 비교한 연구가 대부분이어서 운동선수 또는 꾸준한 스포츠 활동이 이루어지고 있는 대상의 발허리뼈구조 및 변형에 관한 연구가 필요하다고 생각된다.

이상 본 연구에서는 한국인의 발허리뼈 길이와 너비를 측정하여 발허리뼈 연장술 또는 절단술 시 필요한 발허리뼈 길이 추정식을 제시하였다고 생각한다.

참 고 문 헌

- Aydinlioglu A, Akpinar F, Tosun N : Mathematical relations between the lengths of the metacarpal bones and phalanges: surgical significance. *Tohoku J Exp Med* 185: 209-216, 1998.
- Bartolomei FJ : Surgical correction of brachymetatarsia. *J Am Podiatr Med Assoc* 80: 76-82, 1990. Cited from Kim HT, Lee SH, Yoo CI, Kang JH, Suh JT : The management of brachymetatarsia. *Bone Joint Surg Br.* 85: 683-690, 2003.
- Brown GD : *Humans and Apes Compared, Human Evolution*, 1st ed., Boston. Wm. C. Brown, pp 59-60, 1995.
- Byers S, Akoshima K, Curran B : Determination of adult stature from metatarsal length. *Am J Phys Anthropol* 79: 275-279, 1989.
- Case DT, Ross AH : Sex determination from hand and foot bone lengths. *J Forensic Sci* 52: 264-270, 2007.
- Choi IH, Chung MS, Baek GH, Cho TJ, Chung CY : Metatarsal lengthening in congenital brachymetatarsia: one-stage lengthening versus lengthening by callotasis. *J Pediatr Orthop* 19: 660-664, 1999.
- Chuckpaiwong B, Cook C, Pietrobon R, Nunley JA : Second metatarsal stress fracture in sport: comparative risk factors between proximal and non-proximal locations. *Br J Sports Med* 41: 510-514, 2007.
- 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.
- Davidson G, Pizzari T, Mayes S : The influence of second toe and metatarsal length on stress fractures at the base of the second metatarsal in classical dancers. *Foot Ankle Int* 28: 1082-1086, 2007.
- Davitt JS, Kadel N, Sangeorzan BJ, Hansen ST Jr, Holt SK, Donaldson-Fletcher E : An association between functional second metatarsal length and midfoot arthrosis.

- J Bone Joint Surg Am 87: 795-800, 2005.
- Dogan A, Uslu M, Aydinlioglu A, Harman M, Akpınar F : Morphometric study of the human metatarsals and phalanges. Clin Anat 20: 209-214, 2007.
- ElSaid AG, Tisdell C, Donley B, Sferra J, Neth D, Davis B : First metatarsal bone: an anatomic study. Foot Ankle Int 27: 1041-1048, 2006.
- Erdem M, Sen C, Eralp L, Kocaoğlu M, Ozden V : Lengthening of short bones by distraction osteogenesis-results and complications. Int Orthop 33: 807-813, 2009.
- Ferrández L, Yubero J, Usabiaga J, Ramos L : Congenital brachymetatarsia: three cases. Foot Ankle 14: 529-533, 1993. Cited from Kim HT, Lee SH, Yoo CI, Kang JH, Suh JT : The management of brachymetatarsia. Bone Joint Surg Br 85: 683-690, 2003.
- Friderun Ankel-Simons : Postcranial Skeleton, Primate Anatomy An Introduction, 3rd edi., Durham, North Carolina. Elsevier, pp 335-365, 2007.
- Iwamoto J, Takeda T : Stress fractures in athletes: review of 196 cases. J Orthop Sci 8: 273-278, 2003.
- Kim HT, Lee SH, Yoo CI, Kang JH, Suh JT : The management of brachymetatarsia. Bone Joint Surg Br 85: 683-90, 2003.
- Largey A, Bonnel F, Canovas F, Subsoll G, Chemouny S, Bane-gas F : Three-dimensional analysis of the intrinsic anatomy of the metatarsal bones. J Foot Ankle Surg 46: 434-441, 2007.
- Lee KT : Stress fractures in foot and ankle, Foot and Ankle Surgery, 1st edi., Seoul. Koonja Publication, pp 486-495, 2004. (in Korean)
- Magnan B, Bragantini A, Regis D, Bartolozzi P : Metatarsal lengthening by callotaxis during the growth phase. J Bone Joint Surg Br 77: 602-607, 1995.
- McFadden D, Bracht MS : The relative lengths and weights of metacarpals and metatarsals in baboons (papio hamadryas). Horm Behav 43: 347-355, 2003.
- Munuera PV, Polo J, Rebollo J : Length of the first metatarsal and hallux in hallux valgus in the initial stage. Int Orthop 32: 489-495, 2008.
- 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.
- Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD : Measurement of the medial longitudinal arch. Arch Phys Med Rehabil 76: 45-49, 1995.
- Torg JS : Fracture of the base of the fifth metatarsal distal to the tuberosity. Orthopedics 13: 731-737, 1990.

Morphometrics of the Metatarsal Bone and Regression Equation of the Metatarsal Length in Korean

Hwa-Hae Jeong, Youn-Kyoung Seo, Su-Kyoung Jeon, Doo-Jin Paik

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

Abstract : As the interest in health is increasing and the population enjoyed the leisure sports is steadily increasing, the stress fracture, fracture or variant of metatarsal bone of foot has been shown frequently.

The mistaken estimation about the length and rank of metatarsal bones during the osteotomy of the metatarsal bones of foot can be complicated. It is essential to have detailed knowledges about the anatomical structure of surgical region. This study aimed to investigate the metatarsal bones of foot and to develop a regression equation that can predict the length of metatarsal bones during the osteotomy.

The subject of this study is fifty four feet (30M/24F). We measured the whole length and the article length of metatarsal bone. Also, we measured the whole width and the article width in the head, body, base of the metatarsal bone. The data was analyzed using SPSS win 13.0. The regression equation models of length of the metatarsal bones were developed by multiple regression analysis.

The regression equation predicted first metatarsal length was second metatarsal articular length $\times 0.770 + 7.780$, second metatarsal length was third metatarsal length $\times 0.976 + 6.050$, third metatarsal length was fourth metatarsal length $\times 1.000 + 0.922$, fourth metatarsal length was third metatarsal length $\times 0.917 + 4.167$, fifth metatarsal length was fourth metatarsal length $\times 0.901 + 7.972$.

The results of this study would be useful to clarify the characteristics of the metatarsal bone of the foot, to develop a regression equation for prediction of the length of the metatarsal bone.

Keywords : Metatarsal bone, Regression equation, Morphometry, Comparison race, Korean