

한국인 시신에서 발꿈치힘줄 달는곳의 비틀림에 따른 형태학적 분류

최윤일^{1,†}, 김디근^{1,†}, 조재호², 박광락³, 이미정¹, 권형욱¹,
최유진¹, 최인석⁴, 박정현¹

¹강원대학교 의학전문대학원 해부학교실, ²한림대학교 의과대학 춘천성심병원 정형외과학교실,
³상지대학교 한의과대학 해부학교실, ⁴국립과학수사연구원 법의검사과

Morphological Classification of the Calcaneal Tendon According to Torsion at Insertion Site in Korean Population: A Cadaveric Study

Yunil Choe^{1,†}, Digud Kim^{1,†}, Jaeho Cho², Kwang-Rak Park³, Mijung Lee¹,
Hyung-Wook Kwon¹, Yu-jin Choi¹, Inseok Choi⁴, Jeonghyun Park¹

¹Department of Anatomy & Cell Biology, Graduate School of Medicine, Kangwon National University

²Department of Orthopedic Surgery, Chuncheon Sacred Heart Hospital, Hallym University of Medicine

³Department of Anatomy, College of Korean Medicine, Sangji University

⁴Division of Forensic Medical Examination, National Forensic Service

Abstract : The calcaneal tendon is the longest and strongest tendon in the human body, formed by the gastrocnemius muscle and the soleus muscle. It is a torsion pattern that rotates spirally as it descends from the origin to the insertion. The purpose of this study is to present Korean anthropological characteristics by classifying of the calcaneal tendon according to torsion type and to provide basic data available for clinical field. 87 lower limbs (61 male, 26 female; average age 79.0 ± 9.3 years) in a 10% formalin mixture were used. Torsion of the calcaneal tendon was classified into three types according to Edama et al's classification (2016) in the Japanese. Type 1 (least torsion) is to attach only the soleus muscle at the anterior aspect where the insertion of the calcaneal tendon, Type 2 (moderate torsion) is to attach soleus muscle and the lateral head of the gastrocnemius muscle, Type 3 (extreme torsion) is to attach only the lateral head of the gastrocnemius muscle. As a result, Type 1 (least torsion) was found 21 (24.1%) lower limbs, type 2 (moderate torsion) was found 45 (52.8%) lower limbs, type 3 (extreme torsion) was found 21 (24.1%) lower limbs.

[†]These authors contributed equally to this work

본 연구는 행정안전부 국립과학수사연구원에서 시행한 위탁연구과제의 일환으로 지원 받아 수행된 연구(NFS2023MED01)이며, 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No.2021R111A3056284)이다.

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

Received: September 1, 2023; **Revised:** September 18, 2023; **Accepted:** September 20, 2023

Correspondence to: 박정현 (강원대학교 의학전문대학원 해부학교실)

E-mail: jhpark@kangwon.ac.kr

There was no difference in the type of calcaneal tendon torsion according to gender and body side, and there was a significant different between the Korean and Japanese ($p=0.009$). In conclusion, this study would provide basic anthropological data of calcaneal tendon by classifying into three torsion types in the Korean.

Keywords : Korean cadaver, Calcaneal tendon, Torsion, Lower limb

서 론

발꿈치힘줄(calcaneal tendon)은 장딴지근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)의 결합으로 형성된 인체에서 가장 길고 강한 힘줄이다[1]. 발꿈치힘줄은 이는곳에서 닿는곳으로 내려오면서 나선형으로 회전하여 비틀린 형태를 하게 되며, 이로 인해 장딴지근의 힘줄섬유는 가쪽에 닿고 가자미근 힘줄섬유는 안쪽에 닿는다[2]. Cummins 등[3]과 Edama 등[4]은 발꿈치힘줄이 발꿈치뼈 닿는곳의 힘줄섬유 배열에 따라 몸쪽에서 먼쪽으로 보았을 때 비틀림의 방향이 오른쪽 발꿈치힘줄은 시계 반대 방향, 왼쪽 발꿈치힘줄은 시계 방향으로 회전하는 비틀림 형태를 보고하였다. 또한, Szaro 등[5]은 발꿈치힘줄을 형성하는 힘줄섬유들이 몸쪽에서는 평행하게 주행하다 중간부분에서 비틀림이 시작되었으며, 먼쪽에서 비틀림이 나타나는 것으로 보고하였다.

발꿈치힘줄의 비틀림 형태에 대한 분류법은 다양하게 보고되고 있다. Cummins 등[3]은 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 장딴지근과 가자미근이 닿는곳인 발꿈치뼈 앞쪽층에 닿는 비율에 따라 3가지 유형으로 분류하였다. 이후 연구에서 Edama 등[4]도 Cummins 등[3]의 분류법을 따라 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 분류하였다. 그러나 Cummins 등[3]과 Edama 등[4]의 보고는 발꿈치힘줄을 형성하는 장딴지근과 가자미근의 두 개의 힘줄 섬유다발만을 이용하여 비틀림 형태를 분류하였다. 반면 Szaro 등[5]은 장딴지근의 안쪽갈래(medial head)와 가쪽갈래(lateral head) 및 가자미근에서 시작하는 세 개의 발꿈치힘줄 섬유다발들을 분리하여 비틀림 형태를 분류하였고, Edama 등[6,7]은 발꿈치힘줄을 형성하는 세 개의 힘줄 섬유다발들을 각각 분리하여 발꿈치힘줄 닿는곳의 비틀림 형태를 3가지 유형으로 분류하였다.

Szaro 등[5]은 폴란드인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄의 세 부분을 동일한 구역으로 나누어 비틀림 형태에 대한 힘줄의 배열을 관찰하였으며, Ballal 등[8]은 영국인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 닿는곳 힘줄자국을 표시하여 확인하였다. Edama 등[4,6,7]은 일본인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄 닿는곳의 힘줄배열을 관찰하여 비틀림 형태를

분류하였다. Pekala 등[9]은 폴란드인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄 닿는곳의 비틀림 유형과 각도를 보고하였으며, Szaro 등[10]은 태아의 시신을 대상으로 현미경을 사용하여 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 확인한 결과 성인과 유사한 것을 보고하였다. 이와 같이, 선행 연구들에서 발꿈치힘줄의 비틀림 형태의 분류법과 여러 인구집단에서 발꿈치힘줄의 비틀림 형태에 대한 해부학적 특성 연구는 다양하게 제시되고 있으나 한국인을 대상으로 한 연구는 충분치 않은 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 한국인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄에서 닿는곳의 힘줄 분포에 따라 비틀림 형태를 분류하여 한국인의 체질인류학적 자료를 제시함과 동시에, 임상적으로 적용 가능한 해부학적 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 재료

국내 의과대학/의학전문대학원 해부학교실에 교육 및 연구 목적으로 기증되어 포르말린으로 고정된 한국인 시신 46구(남자 32구, 여자 14구)에서 다리의 장딴지와 발목에 기형, 훼손, 건조, 손상, 수술 등으로 인해 심한 변형을 보이는 대상을 제외한 87쪽의 발을 해부하였다. 조사한 표본의 평균 나이는 79.0 ± 9.3 세였으며, 남자 61쪽과 여자 26쪽, 오른발 44

Table 1. Distribution of age and sex in the Korean population (n = 87)

Age	Male	Female	Total
50~59	2	0	2
60~69	10	2	12
70~79	20	9	29
80~89	27	4	31
90~99	2	11	13
Total	61	26	87

The data refer to the number of specimens.

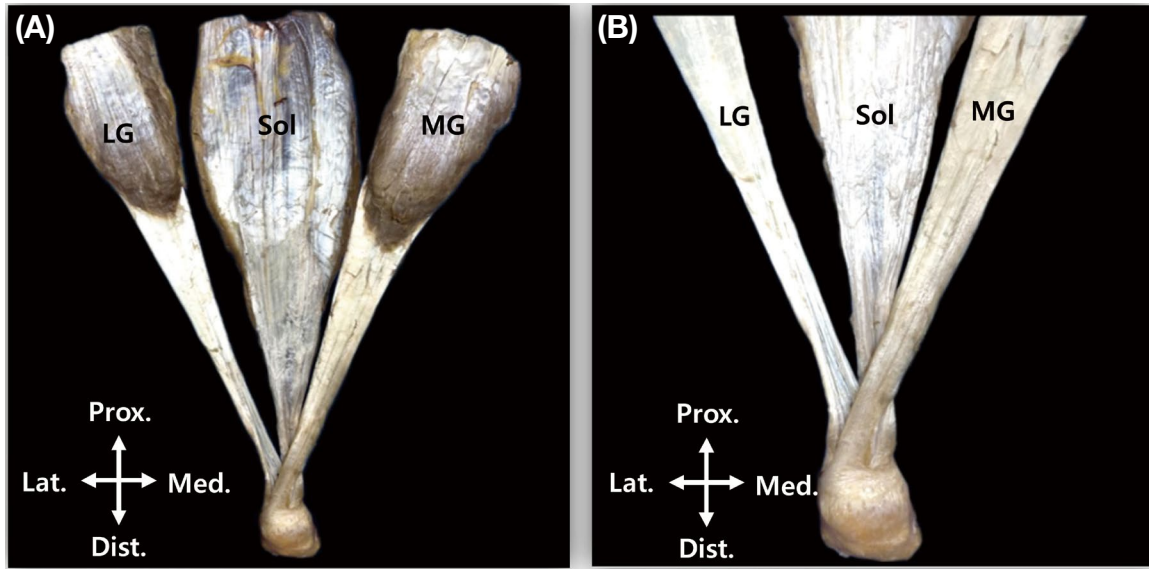


Fig. 1. Dissection of the left calcaneal tendon, posterior view. (A) Appearance of separated aponeurosis of triceps surae after dissection. (B) Torsion structure at the insertion site of left calcaneal tendon; Sol, soleus; LG, lateral gastrocnemius; MG, medial gastrocnemius; Lat, lateral; Med, medial; Prox, proximal; Dist, distal.

쪽과 왼발 43쪽이었다(Table 1). 본 연구는 한림대학교 춘천성심병원의 기관생명윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다(IRB: CHUNCHEON NON2023-001).

2. 연구 방법

1) 해부방법

발꿈치힘줄을 관찰하기 위해 종아리 뒤쪽 부위와 발꿈치 뼈주위의 피부(skin)를 절개하였고, 피부밑조직과 종아리근막을 차례로 제거하여 발꿈치힘줄을 노출시킨 후, 종아리세갈래근(triceps surae)을 이는곳으로부터 완전히 박리하고 가자미근과 장딴지근의 널힘줄을 분할선을 따라 발꿈치힘줄 닿는곳까지 조심스럽게 비절개박리(blunt dissection)하였다. 그 후, 장딴지근의 안쪽갈래와 가쪽갈래에서 나오는 두꺼운 힘줄섬유다발의 사이 경계를 구분하여 발꿈치힘줄 닿는곳까지 분리하였다(Fig. 1).

2) 발꿈치힘줄의 비틀림 유형 분류

발꿈치힘줄의 비틀림 형태 분류는 Edama 등[7]의 분류법을 사용하였다. 1유형은 약한 비틀림으로 발꿈치힘줄 닿는곳의 앞쪽층에 가자미근힘줄만이 닿는 형태, 2유형은 중간 비틀림으로 발꿈치힘줄 닿는곳의 앞쪽층에 가자미근힘줄과 가쪽장딴지근힘줄이 닿는 형태, 3유형은 심한 비틀림으로 발꿈치힘줄 닿는곳의 앞쪽층에 가쪽장딴지근힘줄만이 닿는 형태로 유형을 분류하였다(Fig. 2). 모든 유형의 분류는 2명의 관

찰자가 각각 독립적으로 분류기준에 따른 식별을 거쳐 분류하였으며, 관찰자 간 차이는 나타나지 않았다.

3. 자료 분석

통계 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 20 (IBM Corporation, Somers, NY, USA)을 사용하였으며. 발꿈치힘줄의 비틀림 유형에 따라 좌우와 성별 그리고 인구집단에 따른 차이에 대한 통계적 유의성을 Fisher의 정확검정(Fisher's exact test)을 사용하여 분석하였다. *p* 값이 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

1. 발꿈치힘줄의 비틀림 형태

발꿈치힘줄의 비틀림 형태는 몸쪽중심부에서 앞쪽층에는 가자미근, 뒤쪽층에는 장딴지근으로 시작하여 먼쪽으로 내려오면서 나선형으로 회전하여 발꿈치힘줄 닿는곳의 앞쪽층에는 가자미근힘줄과 가쪽장딴지근힘줄이 함께 닿는 형태 또는 가쪽장딴지근힘줄 만이 닿는 비틀림 형태를 확인하였다. 또한, 발꿈치힘줄 닿는곳의 앞쪽층에 가자미근힘줄만이 닿는 형태에는 뒤쪽층에서 안쪽장딴지근힘줄이 가쪽장딴지근힘줄과 함께 닿는 형태로 확인되었으며, 모든 표본에서 안쪽에서 가쪽방향으로 비틀리는 형태를 확인하였다.

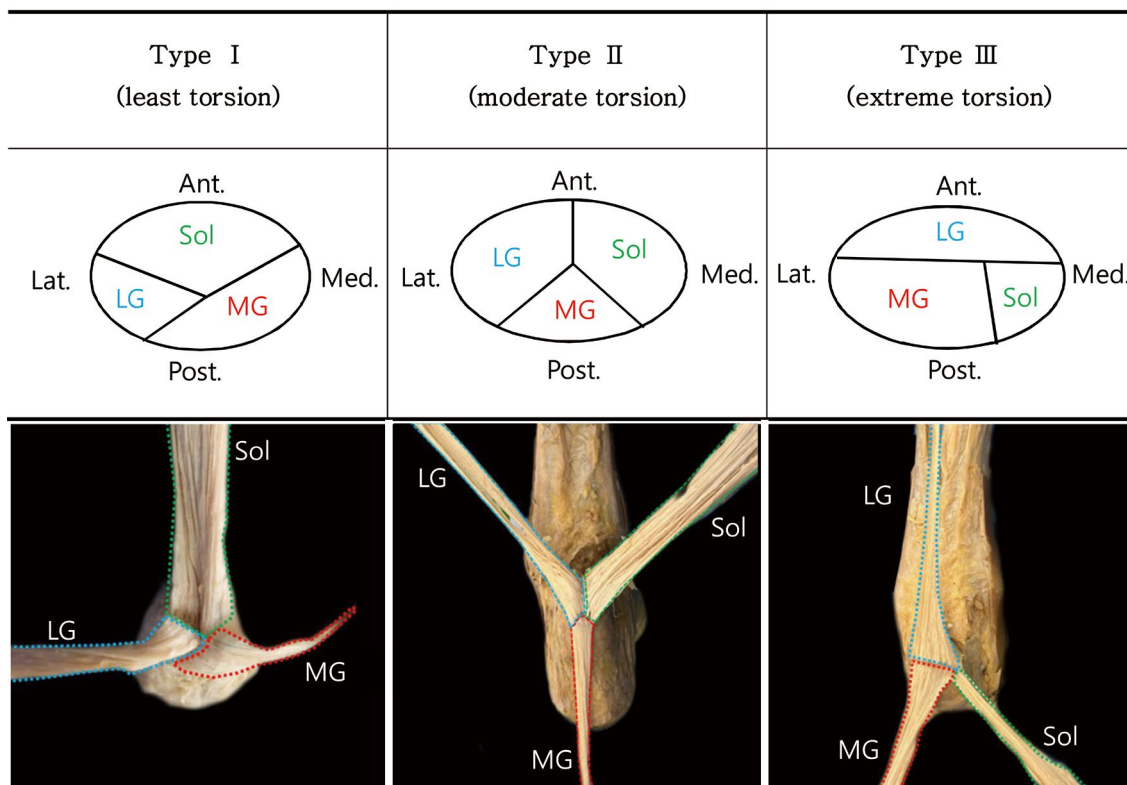


Fig. 2. Torsion types of calcaneal tendon by Edama's classification (2016). Edama et al (2016) classified into 3 torsion types of calcaneal tendon which fiber is attached to the anterior layer in the calcaneal tendon insertion. Type 1 (least torsion): only soleus attached to the anterior aspect of the calcaneal tendon insertion, Type 2 (moderate torsion): lateral gastrocnemius and soleus attached to the anterior layer, Type 3 (extreme torsion): only lateral gastrocnemius attached to the anterior layer, LG, fiber from the lateral head of the gastrocnemius; MG, fiber from the medial head of the gastrocnemius; Sol, fiber from the soleus; Ant, anterior; Post, posterior; Lat, lateral; Med, medial; Red dot line: fiber from the medial head of the gastrocnemius; Blue dot line: fiber from the lateral head of the gastrocnemius; Green dot line: fiber from the soleus.

Table 2. Classification according to the torsion types of calcaneal tendon

Type	Degree of torsion	Total
1	Least	21 (24.1)
2	Moderate	45 (52.8)
3	Extreme	21 (24.1)
Total		87 (100)

The data are presented as number(percent).

2. 발꿈치힘줄의 비틀림 유형별 빈도

한국인시신에서 발꿈치힘줄의 비틀림 유형을 확인한 결과, 1유형(약한 비틀림)과 3유형(심한 비틀림)은 각각 21쪽(24.1%)으로 동일하였고 2유형(중간 비틀림)이 45쪽(52.8%)으로 가장 많았다(Table 2).

3. 성별에 따른 발꿈치힘줄의 비틀림 유형 비교

발꿈치힘줄의 비틀림 유형을 성별에 따라 분석한 결과, 남자의 경우 1유형이 16쪽(26.2%), 2유형이 31쪽(50.8%), 3유형이 14쪽(23%)이었으며, 여자의 경우 1유형이 5쪽(19.2%), 2유형이 14쪽(53.8%), 3유형이 7쪽(26.9%)이었다. 성별에 따른 유형의 차이는 없었다(Table 3).

4. 다리의 위치에 따른 발꿈치힘줄의 비틀림 유형 비교

발꿈치힘줄의 비틀림 유형을 다리의 위치에 따라 분석한 결과, 오른다리의 경우 1유형이 9쪽(20.5%), 2유형이 24쪽(54.5%), 3유형이 11쪽(25%)이었으며, 왼다리의 경우 1유형은 12쪽(27.9%), 2유형이 21쪽(48.8%), 3유형이 10쪽(23.3%)이었다. 오른다리과 왼다리 간의 유형의 차이는 없었다(Table 4). 그러나 전체 표본(46구) 중 15구(32.7%)에서 양쪽다리의 발꿈치힘줄 비틀림 유형이 동일하였으며, 반

Table 3. Prevalence of torsion types of calcaneal tendon according to gender

Type	Male	Female	Total	<i>p</i>
1	16 (26.2)	5 (19.2)	21 (24.1)	0.863
2	31 (50.8)	14 (53.8)	45 (51.8)	
3	14 (23.0)	7 (27.0)	21 (24.1)	
Total	61 (100.0)	26 (100.0)	87 (100.0)	

The data are presented as number (percent).

Table 4. Prevalence of torsion types of calcaneal tendon according to body side

Type	Right side	Left side	Total	<i>p</i>
1	9 (20.5)	12 (27.9)	21 (24.1)	0.782
2	24 (54.5)	21 (48.8)	45 (51.8)	
3	11 (25.0)	10 (23.3)	21 (24.1)	
Total	44 (100.0)	43 (100.0)	87 (100.0)	

The data are presented as number (percent).

면, 26구(56.5%)는 발꿈치힘줄의 비틀림 유형이 비대칭으로 확인되었다. 5구(10.8%)는 다리의 장판지와 발목에 기형, 휘손, 건조, 손상, 수술 등으로 인해 심한 변형을 보였기 때문에 제외하였다.

5. 인구집단에 따른 발꿈치힘줄의 비틀림 유형 비교

발꿈치힘줄의 비틀림 유형에 대한 한국인과 일본인의 빈도를 비교한 결과, 한국인(51.8%)과 일본인(66.9%) 모두 2 유형의 빈도가 가장 높았으며, 한국인은 1유형과 3유형(각각 24.1%)의 빈도가 동일하였으나 일본인은 1유형(23.9%), 3유형(9.2%) 순으로 나타났고, 한국인과 일본인의 유형 빈도는 유의한 차이가 있었다($p=0.009$) (Table 5).

고 찰

본 연구는 한국인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 확인하기 위하여 힘줄이 닿는곳의 형태를 분류하였으며, 체질인류학적인 자료를 제공함과 동시에 임상적으로 적용 가능한 해부학적 기초자료를 확보하고자 하였다.

발꿈치힘줄의 비틀림 형태에 대해서는 Cummins 등[3]과 Edama 등[4]은 발꿈치힘줄이 발꿈치뼈 닿는곳의 힘줄배열에 따라 몸쪽에서 먼쪽으로 진행하면서 비틀림의 방향이 오

Table 5. Prevalence of the Korean and Japanese according to the torsion type of calcaneal tendon

Type	Korean (Current study)	Japanese (Edama, 2016)	<i>p</i>
1	21 (24.1)	31 (23.9)	0.009*
2	45 (51.8)	87 (66.9)	
3	21 (24.1)	12 (9.2)	
Total	87 (100)	130 (100)	

The data are presented as number (percent). *: $p < 0.05$

Table 6. Comparison with previous studies on the prevalence of torsion type of calcaneal tendon.

Study	n	Type 1 (%)	Type 2 (%)	Type 3 (%)
Cummins et al. 1946	100	52 (52.0)	35 (35.0)	13 (13.0)
Edama et al. 2014	25	21 (84.0)	4 (16.0)	0 (0.0)
Edama et al. 2015	110	55 (50.0)	47 (42.7)	18 (7.3)
Edama et al. 2016	132	31 (24.0)	87 (67.0)	12 (9.0)
Pekala et al. 2017	106	51 (48.1)	49 (46.2)	16 (5.7)
Our study	87	21 (24.1)	45 (52.7)	21 (24.1)

The data refer to the number of specimens.

른쪽 발꿈치힘줄은 시계 반대 방향, 왼쪽 발꿈치힘줄은 시계 방향으로 회전하는 양상으로 보고하였다. 본 연구에서는 몸쪽에서 앞쪽층에 가자미근, 뒤쪽층에 장판지근으로 시작하여 먼쪽으로 내려오면서 나선형으로 회전하여 닿는곳에 앞쪽층에 가자미근힘줄과 가쪽장판지근힘줄이 함께 닿는 비틀림 형태를 확인하였으며, 모든 표본에서 발꿈치힘줄이 안쪽에서 가쪽으로 비틀리는 형태를 확인하였다. 이처럼, 비틀림으로 인해 닿는곳의 발꿈치힘줄 배열은 몸쪽섬유다발의 배열과 비교하여 완전히 다른 배열을 이루었으며, 선행 연구[3,4]에서 보고한 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 본 연구에서도 동일하게 확인할 수 있었다.

본 연구에서 비틀림에 따른 유형을 분류한 결과는 2유형이 45쪽(51.8%)으로 가장 높은 빈도를 나타냈으며, 성인과 태아를 대상으로 한 Edama 등[7,11]의 연구 결과와 동일한 결과를 나타냈다. 반면 Cummins 등[3]은 52쪽(52%), Edama 등[4]은 21쪽(84%), Edama 등[6]은 55쪽(50%), Pekala 등[9]은 51쪽(48%)으로 1유형이 가장 높은 빈도의 유형으로 보고되었으며, 본 연구와 차이가 있었다(Table 6).

본 연구에서 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 분류하기 위한 분류법은 발꿈치뼈융기의 앞쪽층에 닿는 힘줄배열의 형태에 따라 3가지 유형으로 분류한 Edama 등[7]의 분류법을 사용

하였다. 선행 연구[4,6,9]에서 사용한 Cummins 등[3]의 분류법에서는 닿는곳의 앞쪽층에 가자미근힘줄과 장판지근힘줄이 함께 닿는 형태의 비율에 따라 비틀림 유형을 분류하였지만, Edama 등[7]의 분류법은 앞쪽층에 가자미근힘줄만이 닿는 형태 또는 가쪽장판지근힘줄만이 닿는 형태를 추가로 제시하여 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 확장한 분류법이다. 또한, Edama 등[7]의 분류법은 장판지근의 가쪽갈래와 안쪽갈래 그리고 가자미근, 세 개의 힘줄다발을 구분하여 유형을 분류하였기 때문에 가자미근힘줄뿐만 아니라, 가쪽과 안쪽장판지근힘줄 간의 비틀림 형태까지 확인할 수 있는 방법을 사용하였다. 그러나, Cummins 등[3]의 분류법은 가자미근과 장판지근 두 개의 힘줄다발을 구분하여 비틀림 형태를 분류하였기 때문에 분류법의 차이로 인하여 선행 연구[3,4,6,9]와 본 연구의 유형의 빈도가 다른 결과를 나타냈다고 사료되며, 본 연구에 사용한 분류법을 통하여 체질인류학적으로 발꿈치힘줄 닿는곳 앞쪽층에 가쪽장판지근힘줄과 가자미근힘줄이 함께 닿는 형태가 가장 빈번할 것으로 예측되었다.

발꿈치힘줄의 비틀림 유형을 성별에 따라 비교하였을 때, 본 연구에서는 한국인에서 남녀에 따른 유형의 차이는 없었고, Edama 등[7]의 일본인을 대상으로 한 연구에서도 동일한 연구 결과가 나타났다. 발꿈치힘줄의 비틀림 유형을 오른쪽과 왼쪽 다리를 비교하였을 때, 본 연구에서는 한국인에서 오른쪽과 왼쪽 다리에 따른 유형의 차이는 없었고, Edama 등[7]의 일본인을 대상으로 한 연구에서도 동일한 연구 결과가 나타났다. 본 연구에서는 발꿈치힘줄의 비틀림 유형에 따른 한국인과 일본인의 인구집단을 비교한 결과, 한국인과 일본인에서 인구집단 간의 유형의 빈도는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=0.009$) (Table 5).

발꿈치힘줄의 비틀림 형태의 차이와 관련된 임상적 의의를 고려한다면 발꿈치힘줄병증과의 관련성을 배제할 수는 없다. 최근 발꿈치힘줄병증은 발꿈치뼈의 과요힘에서 발꿈치힘줄의 긴장의 불균형이 중요한 요인으로 여겨진다고 보고되었고, 또한 발꿈치힘줄의 비틀림 구조가 원인이라고 보고하였다[7,12,13]. 또한, 삼입발꿈치힘줄병증은 Irwin 등[14]의 MRI를 이용한 연구에서 발꿈치뼈쪽에 닿는 발꿈치힘줄의 앞쪽 섬유에서 발목 운동 중 반복적인 스트레스가 가해지면서 염증이 발생한다고 하였으나, Lyman 등[15]은 시신을 이용한 연구에서 발목을 발등굽힘시켰을 때 발꿈치힘줄의 발꿈치뼈쪽 앞쪽섬유보다 피부쪽의 뒤쪽섬유에서 긴장이 더 컸다고 보고하였다. 하지만, 아직까지는 발꿈치힘줄의 비틀림 형태와 발꿈치힘줄병증과의 인과관계를 정확히 규명하는 생체역학적 연구나 임상 연구는 없는 실정이다. 따라서, 향후 발꿈치힘줄의 비틀림 형태와 발꿈치힘줄병증과의 관련성에 대한 추가적인 연구의 필요성을 제시하는 바이며 이에 본 연

구의 결과가 해부학적인 기초자료가 될 것으로 사료된다.

본 연구에서는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 46구의 시신에서 87쪽의 발만을 대상으로 한 연구 결과이므로 통계적인 차이를 검증하기에는 표본이 충분하지 않았으며, 보다 많은 표본을 확보하여 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 둘째, 본 연구는 기증된 시신만을 대상으로 하였기에 남녀의 비율이 차이가 있어 통계적인 차이를 검증하기에는 다소 부족할 수 있다. 추가적인 표본 확보를 통하여 남녀의 비율을 유사하게 맞추는 것이 필요할 것으로 사료된다. 셋째, 본 연구의 표본은 포르말린으로 고정된 시신의 힘줄을 사용하였으므로 생체 힘줄과는 형태의 차이가 존재할 가능성을 완전 배제할 수는 없다.

결론적으로, 본 연구는 한국인을 대상으로 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 파악하기 위해 힘줄의 닿는곳 형태를 분류하여 한국인의 체질인류학적 자료를 제시하였으며, 그와 더불어 발꿈치힘줄의 비틀림 형태의 차이가 발꿈치힘줄병증의 원인과 무관하지 않기에, 임상에 적용 가능한 해부학적 기초자료가 될 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Gray H. Gray's anatomy. New York: Barnes and Nobles Inc; 2010.
2. Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented anatomy. Chapter 7. 8th ed. Lippincott Williams and Wilkins; 2017.
3. Cummins EJ, Anson BJ. The structure of the calcaneal tendon (of Achilles) in relation to orthopedic surgery, with additional observations on the plantaris muscle. Surg Gynecol Obstet. 1946;83:107-16.
4. Edama M, Onishi H, Kumaki K, Kageyama I, Watanabe H, Nashimoto S. Effective and selective stretching of the medial head of the gastrocnemius. Scand. J Med Sci Sports. 2015; 25:242-50.
5. Szaro P, Witkowski G, Smiqliński R, Krajewski P, Ciszek B. Fascicles of the adult human Achilles tendon - an anatomical study. Ann Anat. 2009;191:586-93.
6. Edama M, Kubo M, Onishi H, Takabayashi T, Inai T, Yokoyama E, et al. The twisted structure of the human Achilles tendon. Scand J Med Sci Sports. 2015;25:e497-e503.
7. Edama M, Kubo M, Onishi H, Takabayashi T, Yokoyama E, Inai T, et al. Structure of the Achilles tendon at the insertion on the calcaneal tuberosity. J Anat. 2016;229:610-4.
8. Ballal MS, Walker CR, Molloy AP. The anatomical footprint of the Achilles tendon: a cadaveric study. Bone Joint J. 2016;96:1344-8.
9. Pękala PA, Henry BM, Ochoła A, Kopacz P, Tatoń G, Mły-

- niec A, et al. The twisted structure of the Achilles tendon unraveled: a detailed quantitative and qualitative anatomical investigation. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27:1705-15.
10. Paweł S, Witkowski G, Ciszek B. The twisted structure of the fetal calcaneal tendon is already visible in the second trimester. *Surg Radiol Anat*. 2021;43:1075-82.
 11. Edama M, Takabayashi T, Yokota H, Hirabayashi R, Sekine C, Maruyama S, et al. Classification by degree of twisted structure of the fetal Achilles tendon. *Surg. Radiol. Anat.* 2021; 43:1691-5.
 12. Lersch C, Grottsch A, Segesser B, Koebke J, Brüggemann G-P, Potthast W. Influence of calcaneus angle and muscle forces on strain distribution in the human Achilles tendon. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012;27:955-61.
 13. Bojsen-Moller J, Magnusson SP. Heterogeneous loading of the human Achilles tendon in vivo. *Exerc Sport Sci Rev*. 2015;43:190-7.
 14. Irwin TA. Current concepts review: insertional Achilles tendinopathy. *Foot Ankle Int*. 2010;31:933-9.
 15. Lyman J, Weinhold PS, Almekinders LC. Strain behavior of the distal achilles tendon: implications for insertional Achilles tendinopathy. *Am J Sports Med*. 2004;32:457-61.

간추림 : 발꿈치힘줄(calcaneal tendon)은 장딴지근(gastrocnemius muscle)과 가자미근(soleus muscle)의 결합으로 형성된 인체에서 가장 길고 강한 힘줄이며, 이는곳에서부터 닿는곳으로 내려오면서 나선형으로 회전하는 비틀리는 형태이다. 본 연구의 목적은 한국인 시신을 대상으로 발꿈치힘줄의 비틀림 형태를 분류하여 한국인의 체질인류학적 특성을 제시함과 동시에 임상에 적용 가능한 해부학적 기초자료를 제공하고자 한다. 포르말린으로 고정된 87쪽의 발(남성 61쪽, 여성 26쪽/ 평균나이 79.0±9.3세)을 사용하였다. 발꿈치힘줄의 비틀림 분류는 닿는곳의 힘줄배열을 관찰한 Edama 등(2016)의 분류법에 따라 3가지 유형으로 분류하였다. 1유형(약한 비틀림)은 발꿈치힘줄 닿는곳의 앞쪽 층에 가자미근힘줄만 닿는 형태, 2유형(중간 비틀림)은 가자미근힘줄과 가쪽장딴지근힘줄이 함께 닿는 형태, 닿는 3유형(심한 비틀림)은 가쪽장딴지근힘줄만 닿는 형태이다. 본 연구의 결과는 1유형(약한 비틀림)이 21쪽(24.1%), 2유형(중간 비틀림)이 45쪽(52.8%), 3유형(심한 비틀림)이 21쪽(24.1%)으로 나타났다. 발꿈치힘줄의 비틀림 유형은 성별과 다리 위치에 따라 차이는 없는 것으로 나타났으며, 한국인과 일본인에서 인구집단 간의 유형의 빈도는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p=0.009$). 결론적으로, 본 연구는 한국인시신의 발꿈치힘줄에서 비틀림 형태에 따른 유형을 분류하여 체질인류학적 특성을 제시하였고, 발목질환의 진단과 치료에 도움이 되는 해부학적 기초자료가 될 것으로 사료된다.

찾아보기 낱말 : 한국인시신, 발꿈치힘줄, 비틀림, 다리