



소아 청소년기에서의 족부 지표와 척추측만증과의 관계

송재황, 신우진, 문성준, 이진웅, 김태균

건양대학교 의과대학 건양대학교병원 정형외과학교실

Relationship between Bony Alignment of Foot and Scoliosis in Children and Adolescent

Jae Hwang Song, Woo Jin Shin, Sung Jun Moon, Jin Woong Yi, Tae Gyun Kim

Department of Orthopedic Surgery, Konyang University Hospital, Konyang University College of Medicine, Daejeon, Korea

Purpose: Foot alignment affects the overall balance and alignment of the body. This study examined the relationship between the foot parameters and scoliosis in children and adolescents through simple radiographs.

Materials and Methods: Two hundred and forty-one outpatients under 15 years old from 2013 to 2022 were evaluated. Patients with an abnormal leg length discrepancy or pelvic tilt were screened. The patients included were divided into four groups. Each group was tested to determine if they had scoliosis. The foot anterior-posterior/lateral X-rays were selected for the foot parameters, and the EOS system was used for the spline and pelvis parameters.

Results: A t-test of all groups showed no statistically significant difference as the p-value exceeded 0.05. An analysis of variance (ANOVA) comparing the Cobb's angle and foot parameters did not show a significant correlation. On the other hand, female and older patients had a higher Cobb's angle.

Conclusion: No direct relationship was noted between scoliosis and the foot parameters that could be measured radiographically among children and adolescents. In addition, no correction between the Cobb's angle and foot parameters was found.

Key Words: Pediatric, X-ray, Foot, Spine, Scoliosis

서 론

족부의 모양은 신체의 전반적인 균형 및 정렬 상태에 영향을 줄 수 있다.¹⁾ 한 연구에서는 발의 내측 아치가 무너진 환자들일수록 척추 및 골반의 기울어짐 그리고 하지정렬의 이상 빈도가 높다고 보고한 바 있으며,²⁾ 다른 연구에서는 편평발이 퇴행성 척추 질환의 독립적인 위험인자로 보고하기도 하였다.³⁾ 이렇듯 여러 문헌들을 보면 족부의 모양과 척추 정렬이 관련이 있다는 사실을 알 수 있다.³⁻⁶⁾

소아청소년에서 흔히 볼 수 있는 족부 질환으로는 편평발, 무지의 반증, 부주상골 증후군 등이 있고 척추질환으로는 척추측만증이 있다.^{7,8)} 위 족부 질환이 있는 환자들은 오래 걸거나 운동 시에 족부 통증을 호소하며 드물게 허리 및 골반 통증을 동시에 호소하는 환자들도 있는데 이때 척추 및 골반 방사선 사진을 촬영해 보면 척추측만증 및 골반 기울어짐, 다리 길이 차이 등이 있는 환자들을 볼 수 있다.⁸⁾

위와 같이 성인에서 족부 질환과 척추 측만 관련성을 알아보기 위해서 연구를 찾아보면 여러 논문이 있지만³⁻⁶⁾ 소아청소년에서 족부 정렬과 척추 측만과의 관계를 분석한 연구를 찾기는 어렵다. 이에 우리는 족부의 단순방사선사진으로 측정할 수 있는 여러 지표들을 통해 소아청소년기 환자들의 족부 지표와 척추측만과의 관계를 알아보 고자 한다.

Received October 6, 2023 Revised May 2, 2024 Accepted May 3, 2024

Corresponding Author: Tae Gyun Kim

Department of Orthopedic Surgery, Konyang University Hospital, 158 Gwanjeodong-ro, Seo-gu, Daejeon 35365, Korea

Tel: 82-42-600-9862, Fax: 82-42-545-2373, E-mail: ktk1113@kyuh.ac.kr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1073-4211>

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright © 2024 Korean Foot and Ankle Society.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

대상 및 방법

본 연구는 본원 임상연구심의위원회에 승인을 받았으며, 후향적 연구로 사전 동의는 면제되었다(IRB No.2022-03-031).

1. 대상

2013년 1월 2일부터 2022년 4월 11일까지 본원 외래로 내원한 환자들 중 15세 이하인 환자를 모집단으로 선정하였으며 전자 의무 기록을 통해 연구 대상자들의 성별, 나이, 키, 체중, 체질량지수 (body mass index, BMI), 추적관찰 기간을 수집하였다. 이 중 족부 기립 단순 방사선 촬영(foot standing X-ray)과 EOS 이미지를 동일한 날짜에 촬영한 환자를 연구 포함 기준으로 선정하였으며, 0세에서 7세 사이의 환자, 내원 당시 과거에 신경근육계통 질환을 진단받

은 적이 있는 환자, 선천성 골 변형 및 성장에 영향을 줄 수 있는 유 전 질환을 가지고 있는 환자(소아마비, 자폐), 하지에 양성 골 종양을 진단받은 적 있는 환자, 척추 또는 하지 골절 수술력이 있는 환자는 본 연구에서 제외하였다(Table 1).

족부 정렬 외에도 척추측만증에 영향을 줄 수 있는 지표에 대해서도 평가하기 위해 전체 연구 대상자 중 다리 길이 차이(lower leg discrepancy), 골반 기울어짐(pelvic tilt) 값이 5 mm 이상인 환자 들을 추출하였으며 각 항목들의 영향을 고려하고자 총 4개의 그룹으 로 나누어 분석하였으며(Fig. 1), 각 그룹에서 Cobb's angle을 측정 하여 척추측만증군($\geq 10^\circ$)과 비척추측만증군($< 10^\circ$)을 연구대상군과 대조군으로 선정하였다.

첫 번째 그룹은 전부를 포함한 241명, 두 번째 그룹은 비정상적인 다리 길이 차이가 있는 환자는 제외하여 208명, 세 번째 그룹은 비

Table 1. Demographic Data

	Group 1 (N=241)		Group 2 (N=208)		Group 3 (N=158)		Group 4 (N=142)	
	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI	Mean (SD)	95% CI
Age (yr)	10.7 (1.92)		10.2 (1.88)		10.1 (1.82)		10.0 (1.79)	
Sex (%)								
Female	141 (58.5)		125 (60.1)		94 (59.5)		84 (59.2)	
Male	100 (41.5)		83 (39.9)		64 (40.5)		58 (40.8)	
Height (cm)	145.8 (14.50)		145.0 (14.08)		146.5 (15.48)		145.5 (15.07)	
Weight (kg)	42.2 (12.47)		42.1 (12.05)		42.3 (11.69)		42.2 (12.02)	
BMI	19.7 (4.42)		19.8 (4.05)		19.6 (4.05)		19.8 (4.05)	
AP TFMA	14.5 (7.71)	13.5~15.4	14.9 (7.74)	13.9~16.0	14.5 (7.46)	13.3~15.6	14.9 (7.40)	13.7~16.1
TNCA	25.3 (10.14)	24.1~26.6	26.1 (9.70)	24.8~27.4	25.2 (9.99)	23.7~26.8	26.1 (9.54)	24.5~27.6
CP	14.6 (5.29)	14.0~15.3	14.6 (5.12)	13.9~15.3	14.8 (5.25)	14.0~15.6	14.7 (5.12)	13.9~15.6
L TFMA	16.0 (7.73)	15.1~17.0	16.3 (7.58)	15.3~17.3	16.5 (7.83)	15.3~17.7	16.8 (7.79)	15.5~18.1
NCO	65.3 (13.19)	63.6~67.0	65.2 (13.06)	63.5~67.0	64.4 (14.05)	62.2~66.6	64.5 (14.03)	62.2~66.9

Values are presented as number (%).

SD: standard deviation, CI: confidence interval, BMI: body mass index, AP TFMA: Anteroposterior-first metatarsal angle, TNCA: Talonavicular coverage angle, CP: Calcaneal pitch, L TFMA: Lateral talo-first metatarsal angle, NCO: Naviculocuboid overlap.

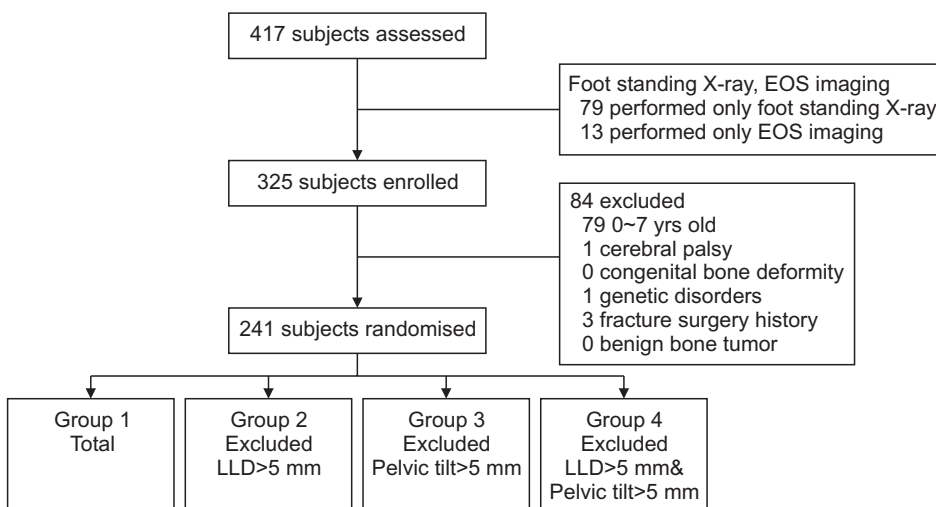


Figure 1. Flow chart of patient selection. LLD: lower leg discrepancy.

정상적인 골반 기울어짐이 있는 환자를 제외하여 158명, 네 번째 그룹은 비정상적인 다리 길이 차이와 골반 기울어짐 모두가 있는 환자를 제외하여 142명으로 나누었다.

2. 측정 지표

발의 일반적 정렬과 관련한 지표로 족부 정렬의 상태를 평가하기 위한 5가지의 족부 정렬 지표 Anteroposterior-first metatarsal angle (AP TFMA), Talonavicular coverage angle (TNCA), Calcaneal pitch (CP), Lateral talo-first metatarsal angle (L TFMA), Naviculocuboid overlap (NCO)을 측정지표로 선택하였다.⁹⁻¹²⁾ 영상은 족부 기립 단순 방사선 영상(foot standing anterior-posterior [AP]/lateral)을 이용하였다. 척추 지표로는 Cobb's angle 값을 측정하여 척추측만증 여부를 판단하고자 하였다. Cobb's angle은 단순 방사선 사진보다 확대 왜곡으로 인한 오차가 적은 EOS 이미지를 이용하여 측정하였으며 골반 및 하지에 대한 지표 또한 EOS 이미지에서 측정된 골반 기울어짐 값과 다리 길이 차이 값을 기준으로 하였다. EOS system은 소아청소년을 대상으로 척추측만증을 측정한 연구에서 gold standard인 computed tomography와 비교하여 reliability가 확보된 측정도구로 보고되었다.¹³⁾

5가지 족부 지표(AP TFMA, TNCA, CP, L TFMA, NCO)의 측정 방법은 다음과 같다. AP TFMA와 L TFMA는 각각 전후 방사선 영상 및 측면 방사선 영상에서 거골과 첫 번째 중족골을 세로방향으로 이은 선 사이의 각을 측정하였고, TNCA는 거골과 주상골의 관절면 사이의 각, CP는 바닥면을 잇는 선과 종골의 아래쪽 경계선이 이루는 각을 측정하였으며, NCO는 측면 방사선 영상에서 주상골과 입방골의 겹치는 세로 길이를 입방골의 세로 길이로 나눈 값을 측정값으로 산정하였다(Fig. 2). 이전에 족부 수술을 받거나 선천적인 골 변형, 유전 질환이 있었던 환자는 본 연구 대상자에서 제외되었기 때문에 모든 환자에서 양측 발의 족부 지표 값 차이는 미미하였으며(<1 mm) 측정 값과 방법의 통일을 위해 3명의 측정자가 한 달 간격으로 우측 발에 대해 측정한 값의 평균을 토대로 결과 값을 도출하였다.

척추 지표로 선택한 Cobb's angle은 EOS 측정 장비 시스템이 가장 오목한 부위의 척추 위쪽 경계면과 가장 볼록한 부위의 척추의 아래쪽 경계면에 수직인 선 사이의 각을 자동으로 측정된 각을 측정값으로 산정하였으며 척추측만이 현저하지 않아 자동 측정되지 않은 환자는 같은 방법으로 직접 각도를 측정하였다. Cobb's angle이 2개 이상 측정되는 환자는 그 측정 값 중 가장 큰 값을 해당 환자의 Cobb's angle 값으로 선택하였다. Cobb's angle 값이 10도 이상인 경우를 척추측만증으로 정의하였으며 대부분의 척추측만증 환자의 경우 10~20도 사이인 경증 단계 척추측만증으로 그 단계를 구분하지는 않았다.

골반 및 하지 지표로 선택한 골반 기울어짐과 다리 길이 차이 또한 EOS 측정 장비 시스템이 자동 측정된 수치를 측정값으로 선택하였다. 골반 기울어짐 값은 양쪽 고관절의 위쪽 수평선 간의 수직 높이 차이, 다리 길이 차이 값은 기능적으로는 양측 대퇴골의 기준 수평선들의 높이 차이, 해부학적으로는 양측의 대퇴골과 경골 길이 합 차

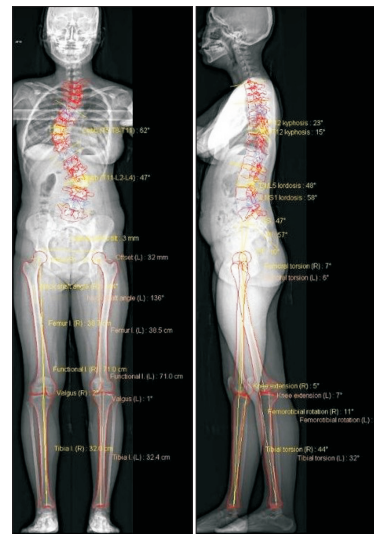


Figure 3. Parameters measured by EOS system.

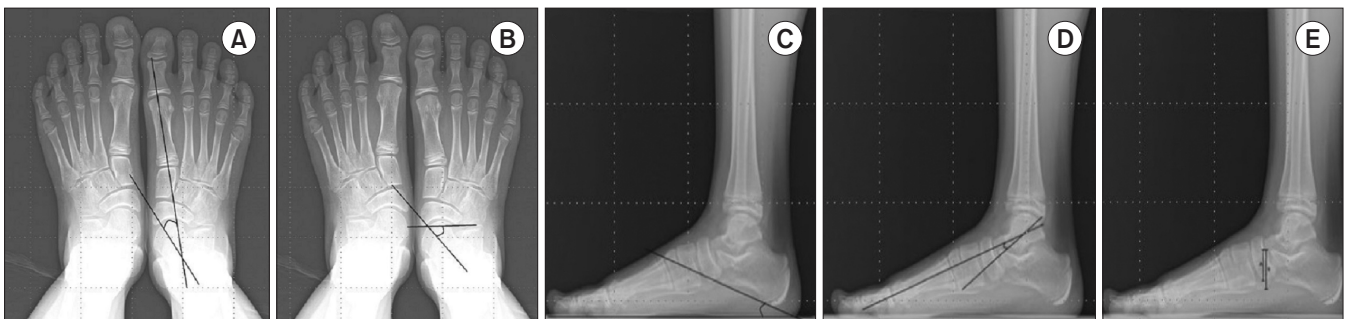




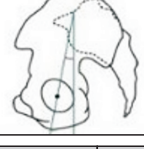


Figure 2. Simple radiography of standing anterior-posterior (AP) & lateral view foot parameters. AP TFMA (A), Talonavicular coverage angle (B) showed on standing AP parameters and Calcaneal pitch (C), Lateral talo-first metatarsal angle (D), Naviculocuboid overlap (E) showed on lateral view.

Pelvic parameters	Value		Pelvic parameters	Value	
Pelvic incidence (1)	57°		Lateral pelvic tilt (1)	3 mm	
Sacral slope (1)	47°		Pelvis axial rotation (2)	-4°	
Sagittal pelvic tilt (1)	10°				


Lengths (3)	Right	Left	
Femur length	38.7 cm	38.5 cm	
Tibia length	32.0 cm	32.4 cm	
Functional length	71.0 cm	71.0 cm	
Anatomical length	70.7 cm	70.9 cm	

Figure 4. Pelvic tilt, leg length discrepancy measured by EOS system.

이를 나타내었고 이 중 기능적 다리 길이 차이 값을 측정값으로 선정 하였다(Fig. 3, 4). 골반 기울어짐과 다리 길이 차이 값의 정상 범위는 0~5 mm로 선정하였으며 5 mm 이상인 경우를 비정상적인 측정 값이라고 선정하였다.^{14,15)}

3. 영상학적 방법

Foot standing AP 영상은 환자의 양쪽 발 중심선이 이루는 각도가 0도가 되도록 서 있는 상태에서 촬영하였고, lateral 영상은 한쪽 다리의 경골의 중심선이 발바닥과 이루는 각도가 90도를 이루되 다른 한쪽 발은 무게 중심을 잡을 수 있게 들은 상태에서 촬영하였다. EOS는 환자의 양측 두 번째 발가락이 평행을 이루되 한쪽 발이 다른 쪽 발보다 한 보 앞을 내딛고, 양 손은 눈 밑에 위치시켜 균형을 잡은 상태에서 촬영하였다.

단순 방사선 촬영은 본원 일반 영상 촬영실에서 단순 방사선 영상 촬영 장비(X-ray, digital radiography [DR], PHILIPS & X-ray, DR; SAMSUNG)를 통해 촬영되었으며 EOS 이미지는 EOS 전용 촬영실에서 전용 기기(EOSTM imaging device; ATEC)를 통해 촬영 되었다. EOS 기기는 척추 및 골반 양하지를 체중부하한 상태에서 환자의 흐름을 증폭시키는 Chamber를 이용하여 저선량 X-ray로 전후방 및 측면을 동시에 촬영할 수 있는 장치이다.¹⁶⁾ 저선량 X-ray를 이용하여 고해상도의 이미지를 얻을 수 있으며 전후방 및 측면 전체 골격부위를 1:1 비율로 촬영할 수 있고 3차원 기술을 통해서 골격 변형을 삼차원적으로 구현할 수 있는 장점으로 소아청소년을 대상으

Table 3. Interobserver Reliability between Three Orthopaedic Surgeon

	N	Mean	SD	F	p-value	Post hoc test
AP TFMA				2.228	0.108	
A	241	14.46	7.71			
B	241	14.50	7.67			
C	241	15.78	8.01			
TNCA				0.764	0.466	
A	241	25.34	10.14			
B	241	24.42	9.86			
C	241	25.43	9.93			
CP				6.845	0.001	C>A*
A	241	14.63	5.29			
B	241	15.23	5.36			
C	241	16.44	5.79			
L TFMA				2.017	0.134	
A	241	16.04	7.73			
B	241	16.64	10.56			
C	241	17.82	11.14			
NCO				1.097	0.334	
A	241	65.28	13.19			
B	241	66.21	13.36			
C	241	99.97	507.17			

SD: standard deviation, AP TFMA: Anteroposterior-first metatarsal angle, TNCA: Talonavicular coverage angle, CP: Calcaneal pitch, L TFMA: Lateral talo-first metatarsal angle, NCO: Naviculocuboid overlap.
 *After conducting post hoc test, we found that only CP had no interobserver reliability between orthopaedic surgeons.

로 널리 활용할 수 있을 뿐만 아니라 골격계의 시상면상 정렬 및 균형을 정확하게 측정할 수 있다.¹⁶⁾ 특히 전체 척추를 따라 선을 그리거나 양측 고관절의 중심에서 선을 보정할 수 있어 척추와 골반 영상의 시상면 정렬을 측정할 때 유용하게 사용될 수 있다.¹⁶⁾ 촬영된 영상에 대한 정보는 전자 의료영상시스템(INFINITT PACS M6 software: INFINITT Healthcare Co., Ltd.)을 이용하였다.

4. 통계학적 방법

본 연구에서는 구분된 4개의 그룹에서 비척추측만증군과 척추측만증군 간에 5가지 족부 지표들에 대한 t-검정을 시행하였고, 각 지표에 대한 3명의 정형외과 의사의 내적신뢰도를 확인하기 위하여

analysis of variance (ANOVA)를 시행하였다. 연구에서 사용된 통계 분석은 통계 분석 전문 소프트웨어(IBM SPSS Statistics 28.0.1; IBM Corp.)를 이용하였으며, 유의수준 0.05 미만을 통계학적으로 유의미한 값으로 간주하였다.

결 과

전체 연구 대상 환자 그룹인 그룹 1은 총 241명이었으며 평균 나이는 10.7세, 성별은 여성 141명, 남성 100명, 평균 키 145.8 cm, 평균 몸무게 42.2 kg, 평균 BMI 19.7, AP TFMA는 평균(표준편차), 95% confidence interval [CI]이 14.5 (7.71), 13.5~15.4, TNCA

Table 2. t-test Analysis of Group 1~4

	Group 1					Group 2				
	N	Average	SD	t	p-value	N	Average	SD	t	p-value
AP TFMA				-0.338	0.699				-0.146	0.884
Normal	135	14.29	7.694			118	14.78	7.869		
Problem	106	14.68	7.762			90	14.94	7.739		
TNCA				0.270	0.788				0.152	0.879
Normal	135	25.50	10.051			118	26.11	9.408		
Problem	106	25.15	10.294			90	25.90	10.196		
CP				-0.559	0.577				-0.237	0.813
Normal	135	14.46	4.718			118	14.51	4.412		
Problem	106	14.85	5.952			90	14.68	5.914		
L TFMA				-0.264	0.792				-1.007	0.315
Normal	135	15.92	7.378			118	15.79	7.098		
Problem	106	16.18	8.187			90	16.86	8.206		
NCO				0.818	0.414				0.552	0.582
Normal	135	65.90	13.992			118	65.55	14.018		
Problem	106	64.50	12.111			90	64.53	11.989		
	Group 3					Group 4				
	N	Average	SD	t	p-value	N	Average	SD	t	p-value
AP TFMA				-0.153	0.879				-0.287	0.775
Normal	94	14.40	7.395			84	14.65	7.589		
Problem	64	14.59	7.607			58	15.02	7.406		
TNCA				-0.442	0.659				-0.720	0.472
Normal	94	24.94	9.618			84	25.47	9.180		
Problem	64	25.66	10.573			58	26.65	10.197		
CP				-0.083	0.934				0.444	0.657
Normal	94	14.79	4.601			84	14.87	4.551		
Problem	64	14.86	6.115			58	14.48	5.835		
L TFMA				-0.985	0.326				-1.315	0.191
Normal	94	16.01	7.124			84	15.99	7.167		
Problem	64	17.26	8.778			58	17.74	8.645		
NCO				0.781	0.436				0.596	0.552
Normal	94	65.14	14.918			84	64.92	15.310		
Problem	64	63.36	12.710			58	63.48	12.345		

SD: standard deviation, AP TFMA: Anteroposterior-first metatarsal angle, TNCA: Talonavicular coverage angle, CP: Calcaneal pitch, L TFMA: Lateral talo-first metatarsal angle, NCO: Naviculocuboid overlap.

는 평균(표준편차), 95% CI가 25.3 (10.14), 24.1~26.6, CP는 평균(표준편차), 95% CI가 14.6 (5.29), 14.0~15.3, L TFMA는 평균(표준편차), 95% CI가 16.0 (7.73), 15.1~17.0, NCO는 평균(표준편차), 95% CI가 65.3 (13.19), 63.6~67.0이었으며, 비정상적인 다리 길이 차이를 가진 환자들을 제외한 그룹 2, 비정상적인 골반 기울어짐을 가진 환자들을 제외한 그룹 3, 비정상적인 다리 길이 차이와 골반 기울어짐을 모두 가진 환자들을 제외한 그룹 4에서도 각 항목의 평균 수치들은 유의미한 차이가 없었다(Table 1).

비척추측만증군(normal)과 척추측만증군(problem) 간에 각 족부 지표들에 대해 시행한 t-검정 결과값은 AP TFMA, TNCA, CP, L TFMA, NCO에서 모두 유의 수준 값이 0.05를 초과하였으며 그룹 2, 그룹 3, 그룹 4에서도 마찬가지로 유의 수준이 모두 0.05를 초과하여 통계학적으로는 유의미한 값을 나타내지 않았다(Table 2).

3명의 정형외과의사의 측정자 간의 내적신뢰도를 측정된 결과 AP TFMA, TNCA, CP, L TFMA, NCO에서는 각 그룹별 차이가 없었으며, 사후분석 결과 CP에서만 내적 신뢰도가 없는 것으로 확인되었다(Table 3).

고 찰

소아청소년기에 나타나는 근골격계 질환은 성장에 방해가 될 가능성이 있으며 교정이나 치료가 이루어지지 않았을 때는 성인이 되어서도 후유증이나 합병증이 발생할 수 있어 그 중요성이 대두되고 있다. 그중에서도 편평발, 무지외반증은 대표적인 소아청소년기의 족부 질환으로 다리 통증, 걸음걸이 이상, 성장 장애 등의 합병증이 남을 수 있다고 알려져 있고,¹⁷⁾ 척추측만증 또한 소아청소년기 발생할 수 있는 대표적인 질환으로 경도 이상에서의 척추측만증에 대해서는 조기 교정이 중요하다.

본 연구에서는 영상 검사로 측정할 수 있는 족부의 지표와 척추측만증이 유의미한 관계는 없으며 발의 여러 지표와 척추측만증의 진단 지표인 Cobb's angle과 직접적인 관련도 유의미하지 않은 것으로 밝혀졌다. 소아청소년기에서 척추와 족부 질환의 관계에 대해 살펴본 한 연구에서는 청소년기 척추측만증 환자에서 중족골 내반각(calcaneal valgus angle)이 비대칭적인 흉요추 회전각과 관련이 있다고 보고한 바 있고,¹⁸⁾ 또 다른 연구에서는 운동을 하는 10세에서 12세 사이 청소년에서 척추 변형과 편평발의 이환율이 높다고 보고한 바 있지만,⁵⁾ 방사선 영상을 통한 족부 지표와 척추 지표의 객관적 비교를 보고한 연구는 적다. 본 연구는 EOS 영상 이미지와 영상 지표들의 비교를 통해 소아청소년기에서 족부와 척추 정렬 상태에 대한 객관적인 관련성을 알아볼 수 있다는 점에서 의의가 있다.

흔히 소아 청소년에서 요족은 여러가지 근골격계 문제와 동반되는 것으로 알려져 있고¹⁹⁾ 편평발 또한 소아 청소년에서 흔히 볼 수 있는 질환으로 본 연구에서 측정 지표로 사용되었던 지표 중 하나인

CP는 값이 증가할 수록 요족(pes cavus)에 가까우며 값이 감소할수록 편평발(flat foot)에 가깝다고 볼 수 있다. 본 연구는 이에 CP와 척추측만증이 연관이 있을 것으로 예상하였으나 직접적인 연관성은 부족하였다. 족부 정렬이 아닌 다른 근골격계 질환과 척추측만증과의 연관성에 대해서는 분석할 수 없었기 때문에 추후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 다중회귀분석에서는 여성일수록, 나이가 많을수록 Cobb's angle 값이 증가한다는 통계학적결과가 도출되었으나 이는 내원한 환자군의 특성을 모두 포함한 것은 아니기 때문에 추가적인 고찰이 필요할 것으로 생각된다.

우리는 족부의 정렬 상태와 척추측만증과의 관계를 알 수는 있었으나 후향적인 연구로 족부 정렬과 척추측만증 중 어떤 것이 선행 요인으로 작용했는지 여부는 알 수가 없었다. 두 요인이 서로 상호작용한 것이 아닌 다른 요인이 두 요인에 작용했을 가능성도 배제할 수 없었다. 예를 들어 족부 정렬로 인한 골반의 정렬이 척추의 정렬에 영향을 미치는 경우,^{11,20)} 골반의 정렬 이상으로 인해 척추측만증이 발생하였으나 편평발이 이미 있었던 경우 등 여러 요인들의 상호작용을 영상 데이터만으로 비교 분석하기에는 한계가 있었다. 뿐만 아니라, 내원했던 환자들에 대한 단면 연구로서 코호트 연구로서의 의미를 가질 수 없어 연구 대상 환자들의 추시가 불가능한 점이 본 연구의 가장 큰 제한점이다. 또한 외래로 오는 환자들 대부분을 차지하여 키와 몸무게, BMI 등의 데이터가 충분히 수집되지 못하였다. BMI가 낮을수록 척추측만이 많이 생기나 성별에 따라서는 BMI가 높을수록 척추측만의 위험성이 높을 수 있다는 연구가 있지만,²¹⁾ 연구 대상자 중 외래로만 방문하여 환자 전원이 기본 신체 정보가 없었으며 족부 정렬과 척추측만증의 중요 관련 요인으로 작용할 수 있는 기본 신체 정보를 수집할 수 없었다는 한계가 있었다. 측정자 간, 측정자 내 신뢰성을 얻기 위해 여러 측정자가 간격을 두고 측정하였으며 5가지 지표 중 4개(AP TFMA, TNCA, L TFMA, NCO)에서는 통계학적으로 측정자 간 오류가 유의미하지 않은 것으로 나타났지만 1개의 지표(CP)에서 두 측정자 간의 측정 값이 유의미하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 단순 방사선 촬영 시 모든 환자들에 대해 true AP, true lateral view로 정확하게 측정할 수 없을 뿐만 아니라 촬영 시점에 따라 다른 영상 촬영기사가 촬영했다는 점 역시 한계점으로 생각할 수 있다. 길이 측정 또한 측정자가 컴퓨터 모니터 화면을 통해 측정하여 부정확한 측정이 이루어질 수 있다는 한계점이 있었다. 3차원 영상이 아닌 2차원 영상을 통해 값을 측정하였기 때문에 단순 방사선 촬영 사진상 겹쳐지는 부위는 측정 시 어려움이 있었다.

결 론

본 연구를 통해 소아청소년기에서 척추측만증 집단과 비척추측만

증 집단 간에서는 단순 방사선 영상 촬영을 통한 족부 정렬 지표가 유의미하게 차이가 있지 않다는 것을 알 수 있었으며 척추 지표의 측정 값과 족부 지표의 측정 값 사이에서도 유의미한 차이가 없는 것을 알 수 있었다.

ORCID

Jae Hwang Song, <https://orcid.org/0000-0001-5192-4965>

Woo Jin Shin, <https://orcid.org/0000-0002-4202-935X>

Sung Jun Moon, <https://orcid.org/0000-0002-2719-0081>

Jin Woong Yi, <https://orcid.org/0000-0003-1541-8357>

REFERENCES

1. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:1546-52. doi: 10.1093/gerona/60.12.1546.
2. Zafiroopoulos G, Prasad KS, Kouboura T, Danis G. Flat foot and femoral anteversion in children--a prospective study. *Foot (Edinb)*. 2009;19:50-4. doi: 10.1016/j.foot.2008.09.003.
3. Muzafarovna KS. With scoliosis in children, changes in the morphological parameters of the foot. *Res J Trauma Disabil Stud*. 2022;1:17-23.
4. Muzafarovna KS. Pathological changes of the foot in children with scoliosis. *J Humanit Artif Intell*. 2023;2:148-53.
5. Puzovic V, Rotim K, Jurisic V, Samardzic M, Zivkovic B, Savic A, et al. The prevalence of spine deformities and flat feet among 10-12 year old children who train basketball--cross-sectional study. *Coll Antropol*. 2015;39:625-9.
6. Muzaffarovna KS, Aleksandrova XE, Jumayevich TS. Morphofunctional features of the feet in children with scoliosis, depending on their constitutional, gender and age characteristics. *Turk Online J Qual Inq*. 2021;12:9505-13.
7. Krul M, van der Wouden JC, Schellevis FG, van Suijlekom-Smit LW, Koes BW. Foot problems in children presented to the family physician: a comparison between 1987 and 2001. *Fam Pract*. 2009;26:174-9. doi: 10.1093/fampra/cmp018.
8. Parr A, Askin G. Paediatric scoliosis: update on assessment and treatment. *Aust J Gen Pract*. 2020;49:832-7. doi: 10.31128/AJGP-06-20-5477.
9. Rehm J, Germann T, Akbar M, Pepke W, Kauczor HU, Weber MA, et al. 3D-modeling of the spine using EOS imaging system: inter-reader reproducibility and reliability. *PLoS One*. 2017;12:e0171258. doi: 10.1371/journal.pone.0171258.
10. Abrisham SMJ, Ardekani MRS, Mzarch MAB. Evaluation of the normal range of thoracic kyphosis and lumbar lordosis angles using EOS imaging. *Maedica (Bucur)*. 2020;15:87-91. doi: 10.26574/maedica.2020.15.1.87.
11. Mjaess G, Karam A, Labaki C, Karam M, Bakouny Z, Ghanimeh J, et al. What is the most reliable radiographic method to evaluate the longitudinal foot arch? Application in subjects with adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020;106:1263-8. doi: 10.1016/j.otsr.2019.11.024.
12. Park MS, Kwon SS, Lee SY, Lee KM, Kim TG, Chung CY. Spontaneous improvement of radiographic indices for idiopathic planovalgus with age. *J Bone Joint Surg Am*. 2013;95:e193(1-8). doi: 10.2106/JBJS.M.00301.
13. Al-Aubaidi Z, Lebel D, Oudjhane K, Zeller R. Three-dimensional imaging of the spine using the EOS system: is it reliable? A comparative study using computed tomography imaging. *J Pediatr Orthop B*. 2013;22:409-12. doi: 10.1097/BPB.0b013e328361ae5b.
14. Kanto M, Maruo K, Tachibana T, Fukunishi S, Nishio S, Takeda Y, et al. Influence of spinopelvic alignment on pelvic tilt after total hip arthroplasty. *Orthop Surg*. 2019;11:438-42. doi: 10.1111/os.12469.
15. Laeque M, Nirmale VK, Diwan CV. Study of prevalence of tibial length inequality on both sides. *Int J Recent Trends Sci Technol*. 2013;5:161-3.
16. Kim SB, Heo YM, Hwang CM, Kim TG, Hong JY, Won YG, et al. Reliability of the EOS imaging system for assessment of the spinal and pelvic alignment in the sagittal plane. *Clin Orthop Surg*. 2018;10:500-7. doi: 10.4055/cios.2018.10.4.500.
17. Kim JH. Prevention and treatment of hallux valgus. *J Korean Med Assoc*. 2013;56:1017-22. doi: 10.5124/jkma.2013.56.11.1017.
18. Kumar SJ, MacEwen GD. Torsional abnormalities in children's lower extremities. *Orthop Clin North Am*. 1982;13:629-39.
19. Ganeb SS, Egaila SES, Younis AA, El-Aziz AMA, Hashaad NI. Prevalence of lower limb deformities among primary school students. *Egypt Rheumatol Rehabil*. 2021;48:34. doi: 10.1186/s43166-021-00082-1.
20. Park J, Lee SG, Bae J, Lee JC. The correlation between calcaneal valgus angle and asymmetrical thoracic-lumbar rotation angles in patients with adolescent scoliosis. *J Phys Ther Sci*. 2015;27:3895-9. doi: 10.1589/jpts.27.3895.
21. Kim S, Uhm JY, Chae DH, Park Y. Low body mass index for early screening of adolescent idiopathic scoliosis: a comparison based on standardized body mass index classifications. *Asian Nurs Res (Korean Soc Nurs Sci)*. 2020;14:24-9. doi: 10.1016/j.anr.2019.12.003.