



Altered Running Biomechanics in Youth Soccer Players with a Lateral Ankle Sprain History

Inje Lee^{1,2}, Sunghe Ha^{2,3} and Sae Yong Lee^{2,4,5*}

¹Kyungil University

²International Olympic Committee Research Centre KOREA

³Namseoul University

⁴Yonsei University

⁵Institute of Convergence Science

Article Info

Received 2022.09.07.

Revised 2022.12.02.

Accepted 2022.12.09.

Correspondence*

Sae Yong Lee

sylee1@yonsei.ac.kr

Key Words

Adolescent,
Football,
Gait,
Injury prevention,
Movement pattern

This work was supported by the Kyungil University Research Grant of 2022.

PURPOSE This study aimed to identify movement pattern differences in the running of youth soccer players with and without lateral ankle sprain (LAS) histories. **METHODS** A total of 12 participants were recruited and assigned to the LAS group or the control group. All participants were assessed for anthropometric data, and they filled in the subjective ankle function questionnaires. Then, reflective markers were attached to their bodies, and they were instructed to run at the preferred speed on the 9-m runway thrice. 3D joint angles for ankle, knee, and hip joints were exported, and their mean values and 95% confidence intervals were calculated. Ensemble curve analysis was conducted to compare running kinematics between the groups. **RESULTS** The LAS group exhibited fewer dorsiflexion angles and more inversion angles compared to the control group. Excluding the dorsiflexion deficits and more inverted ankles, there were no significant differences between the groups. **CONCLUSIONS** Although the ankle kinematic patterns found in this paper are not considered LAS risk factors, it will be able to identify precise LAS risk factors with prospective design (e.g., lower extremity movement patterns) as well as intrinsic risk factors.

서론

연구의 필요성 및 목적

청소년 운동선수는 급성장기를 거치며 골격계와 연부조직의 성장 속도 차이로 손상위험에 노출되기 쉽다(Hawkins & Metheny, 2001; Krabak et al., 2016; Micheli & Klein, 1991). 어릴 때부터 많은 운동량과 스포츠 손상을 경험하는 청소년 운동선수가 손상을 당하게 되면 신체기능 저하뿐 아니라 선수 경력에도 부정적인 영향이 발생할 수 있다. 은퇴 후 건강관련 삶의 질에 대한 선행연구에 따르면 은퇴선수는 동일한 연령대의 일반인과 비교했을 때 유의하게 낮은 건강관련 삶의 질이 관찰되었는데(Lee, Jeon, Lee, et al., 2020), 이는 청소년 시기부터 손상에 대한 예방 및 적절한 관리가 이

루어지지 않는다면 은퇴 후의 삶에 문제가 생길 수 있다는 것을 암시한다. 국내 가장 많은 활동인구를 보유한 팀스포츠팀인 축구의 경우, 공식 등록된 전문선수만 약 2만 5천여명이며 이중 82%가 유스 축구선수이고 이중 약 39%가 중등부 축구선수로 가장 많은 비중을 차지하고 있다(KFA, 2021). 절대적인 선수 수가 많다는 것은 손상 발생 수도 많아질 수 있음을 의미하며 연령별 선수층에서 중요한 연령대임을 의미할 수 있다. 따라서 중등부 축구선수에 대한 손상 예방은 선수의 성장과 경력뿐 아니라 은퇴 후의 건강관련 삶의 질을 위해서도 강조될 필요성이 있다.

국내 중등부 축구선수에 대한 손상 병역학 연구(epidemiological study)에 따르면 가장 빈번한 손상부위와 유형으로 발목과 인대 염좌(ligament sprain)이 보고되었다(Lee, Jeong, et al., 2020). 또한 중등부 축구선수의 발목 염좌에 대한 추가적인 병역학 연구를 통해 약 45%가 비접촉성으로 발생하여 손상 후 완전한 축구활동 복귀까지 약 3주의 시간이 소요되는 것으로 확인되었다(Lee, Jeon, Jeong, et al., 2020). 가장 큰 문제는 동일한 손상의 재발생률이 37%로 매우 높은 수치가 보고되었다는 것이다(Lee, Jeon, Jeong, et al., 2020).

© 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.

발목 염좌는 주로 과도한 뒤침(supination)으로 인해 외측의 발목 인대가 파열되는 손상이다. 이러한 외측 발목 염좌는 만성적으로 악화되어 휘청거림, 발목 불안정성, 빈번한 염좌를 야기하는 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability)으로 이어질 수 있고 (Hertel, 2002), 만성 발목 불안정성이 지속될 경우, 발목 관절의 퇴화와 움직임 패턴의 변화, 환자 보고 결과 및 건강관련 삶의 질의 악화가 발생할 수 있다(Gross & Marti, 1999; Lee et al., 2021; Lee et al., 2022). 또한 발목의 기능 부전을 보상하기 위해 몸쪽 관절 전략(proximal joint strategy)이 사용되어 다른 부위에 손상을 야기할 수 있다고 보고되고 있다(Dejong et al., 2020). 따라서 중등부 축구선수의 외측 발목 염좌를 사전에 예방하기 위한 근거기반 손상 예방 프로그램이 필요하지만 이를 위해 근거로 삼을 수 있는 연구가 부족한 실정이다.

근거기반 손상 예방 프로그램 개발을 위해서는 손상 기전 및 위험요인을 확인해야 한다(Finch, 2006). 선행연구에 따르면 손상 기전 및 위험요인을 확인하기 위해서는 내재적 위험요인에 더불어 신체 전체에 대한 생체역학적 특성과 관절에 집중된 생체역학적 특성 파악이 필수적이다(Bahr & Krosshaug, 2005). 전향적 연구디자인을 통해 인과관계를 설명하는 것이 최선이지만 연구대상자 모집 및 연구 수행의 어려움으로 인해 환자-대조군 연구(case-control study)가 선행되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 외측 발목 염좌의 위험요인 파악을 할 수 없다는 제한점이 있지만 환자-대조군 연구를 통해 청소년 축구선수의 달리기 움직임 패턴이 외측 발목 염좌 병력에 따라서 어떠한 생체역학적 차이가 있는지 확인하고자 한다.

연구방법

연구대상

본 연구는 Y대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았으며(7001988-202205-HR-1045-05), 모든 연구대상자와 법정대리인의 동의 후에 진행되었다. 본 연구를 위해 외측 발목 염좌 집단 6명과 대조군 6명이 모집되어 총 12명의 연구대상자가 실험에 참여하였다. 외측 발목 염좌 집단의 연구대상자 선정 기준은 다음과 같다: 1) 대한축구협회에 공식 등록된 중등부 축구선수임; 2) 대한축구협회에 공식 등록된 이래로 외측 발목 염좌 경험이 1회 이상 있음; 3) 본 연구를 수행하기 위한 달리기 과제 참여에 정상적으로 참여할 수 있음; 4) 최근 3개월 내 보행에 지장이 될만한 근골격계 손상 병력이 없음. 대조군의 연구대상자 선정 기준은 다음과 같다: 1) 대한축구협회에 공식 등록된 중등부 축구선수임; 2) 외측 발목 염좌 경험이 없음; 3) 본 연구를 수행하기 위한 달리기 과제 참여에 정상적으로 참여할 수 있음; 4) 최근 3개월 내 보행에 지장이 될만한 근골격계 손상 병력이 없음. 본 연구에서 외측 발목 염좌의 정의는 다음과 같다: 안쪽번짐으로 인해 염증 반응과 최소 하루 이상의 신체활동 지장이 동반되는 발목 외측 인대의 손상(Gribble et al., 2014). 집단별 연구대상자에 대한 인구통계학적 정보는 <Table 1>과 같다.

Table 1. Demographic characteristics of participants

Variable	LAS (n=6)	LAS Mean rank	Control (n=6)	Control Mean rank	Z	d	p
Age (years)	13.50 (0.84)	6.42	13.67 (0.82)	6.58	-0.087	-0.205	1.000
Career (years)	3.50 (0.84)	6.00	4.00 (1.55)	7.00	-0.517	-0.401	0.699
Height (m)	1.66 (0.05)	5.17	1.70 (0.04)	7.83	-1.288	-0.883	0.240
Weight (kg)	56.05 (10.29)	5.67	59.90 (9.64)	7.33	-0.801	-0.386	0.485
BMI (kg/m ²)	20.21 (2.57)	6.00	20.70 (2.70)	7.00	-0.480	-0.186	0.699
BMI-for-age percentile (%)	62.33 (21.81)	5.67	67.17 (16.75)	7.33	-0.801	-0.249	0.485
Leg length (cm)	87.00 (3.22)	5.50	88.92 (2.80)	7.50	-0.968	-0.292	0.394
Knee width (cm)	10.20 (0.62)	5.50	10.55 (0.61)	7.50	-0.962	-0.569	0.394
Ankle width (cm)	7.42 (0.39)	6.17	7.50 (0.39)	6.83	-0.322	-0.205	0.818
The number of LAS history (times)	2.33 (1.37)	9.50	0 (0)	3.50	-3.095	2.292	0.002*
FAAM-ADL (%)	95.04 (5.40)	4.50	100.00 (0)	8.50	-2.286	-1.299	0.065
FAAM-Sport (%)	89.88 (14.36)	5.00	100.00 (0)	8.00	-1.897	-0.997	0.180

* $p < 0.01$.

Values are expressed as mean (standard deviation).

Abbreviation: ADL, activities of daily living; BMI, body mass index; FAAM, foot and ankle ability measure; LAS, lateral ankle sprain.

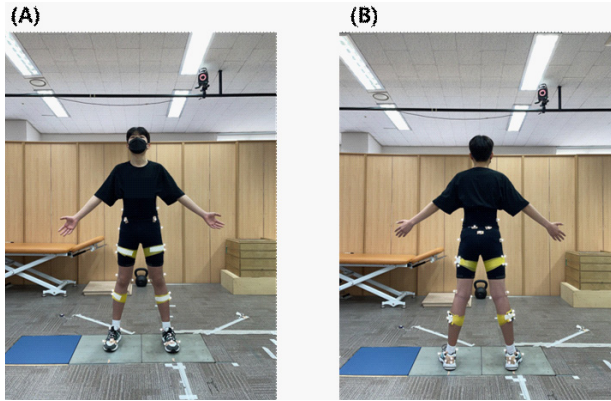


Fig. 1. Marker set for motion analysis
(A) Anterior view, (B) Posterior view

Table 2. Instruments for this study

Instrument	Specification	Unit
Infrared camera	VICON, MX-FX20, Oxford Metric Ltd., Oxford, UK.	8
Force plate	ORG-6, AMTI, Watertown, MA, USA.	1
Motion capture program	VICON NEXUS System, Oxford Metric Ltd., Oxford, UK.	1
Data processing program	Visual 3D Software, C-Motion Inc., MD, USA.	1
Analyzing program	Microsoft Excel, Microsoft Corp., Redmond, WA, USA.	1
Analyzing program	SPSS Statistics 25, IBM Corp., NY, USA.	1

연구절차

연구대상자에 대한 자발적 동의를 구한 후, 기초 정보 설문지 및 주관적 발목 기능 설문지 작성이 수행되었다. 기초 정보 설문지는 생년월일과 주로 사용하는 발, 포지션, 선수경력, 발목 염좌 경험 유무 및 횡수 등으로 구성되어 있으며, 주관적 발목 기능 설문지는 Foot and Ankle Ability Measure의 일상생활척도(activities of daily living)와 스포츠활동(sports)에 대한 설문지를 사용하였다(Martin et al., 2005). 설문지 작성을 완료한 후, 신장, 체중, 다리 길이, 발목 및 무릎 너비 등의 신체 측정이 수행되었으며 총 45개의 반사마커를 <Fig. 1>과 같이 신체 부위에 부착하였다. 달리기에 대한 마커 데이터 수집을 위해 연구대상자에게 과제에 대한 설명 후 준비운동과 과제 적응을 위해 각 5분의 시간이 제공되었다. 연구대상자는 신발을 신은 상태로 적외선 카메라 8대가 설치된 9m의 주행로를 따라 선호하는 속도로 달리도록 지시받았다. 선호속도는 9m 주행로에서 평소 컨디션 조절을 위해 달리는 속도로 3회 달리도록 지시한 후 속도를 계산하여 평균값을 기준으로 $\pm 5\%$ 범위 내에 들어오는 것으로 결정하였다. 따라서 선호속도는 2.68 ± 0.13 m/s로 설정되었다. 3회의 성공적인 데이터가 200 Hz의 샘플링률(sampling rate)로 수집되었으며 실험에 사용된 장비는 <Table 2>와 같다.

자료처리

마커 데이터 수집 후, 원자료(raw data)는 4차 저역 통과 버터워스 필터(4th order low-pass Butterworth filter)를 통해 13Hz의 분별점(cut-off frequency)으로 스무딩되었으며, 해당 분별점은 Power spectral density의 99%를 목표로 하여 결정되었다(Kram et al., 1998). 분석을 위한 보행주기(gait cycle)는 한걸음주기(stride)로 정의하였으며, 분석하고자 하는 발의 초기접지부터 동일한 발의 다음 초기접지까지를 0-100%로 정규화(normalization)하였다. 달리기에 대

Table 3. Results of preferred running speed and ankle kinematics at initial contact during running between the LAS and control groups

Variable	LAS (n=6)	LAS mean rank	Control (n=6)	Control mean rank	Z	d	p
Preferred speed (m/s)	2.68 (0.01)	7.25	2.67 (0.01)	5.75	-0.726	1.000	0.485
Ankle angle in SP at IC (°)	2.43 (9.89)	4.17	17.09 (7.81)	8.83	-2.242	-1.640	0.025*
Ankle angle in FP at IC (°)	11.55 (9.95)	7.83	3.96 (1.39)	5.17	-1.281	-1.608	0.240
Ankle angle in TP at IC (°)	-14.40 (17.67)	6.83	-11.44 (6.05)	6.17	-0.321	0.224	0.818
Knee angle in SP at IC (°)	-14.33 (6.10)	6.17	-11.92 (7.25)	6.83	-0.321	-0.360	0.818
Knee angle in FP at IC (°)	0.72 (4.73)	6.00	1.07 (3.65)	7.00	-0.481	-0.083	0.699
Knee angle in TP at IC (°)	1.42 (16.64)	8.00	-8.87 (3.17)	5.00	-1.444	0.859	0.180
Hip angle in SP at IC (°)	-32.90 (11.47)	6.17	-31.08 (9.62)	6.83	-0.321	-0.172	0.818
Hip angle in FP at IC (°)	1.69 (4.75)	6.33	2.45 (2.85)	6.67	-0.160	-0.194	0.937
Hip angle in TP at IC (°)	1.13 (9.09)	6.50	2.32 (5.58)	6.50	0.000	-0.158	1.000

*p<0.05.

Values are expressed as mean (standard deviation).

Abbreviation: FP, frontal plane; IC, initial contact; SP, sagittal plane; TP, transverse plane.

Positive values indicate dorsiflexion, inversion, extension, varus, internal rotation, and adduction while negative values mean plantar flexion, eversion, flexion, valgus, external rotation, and abduction.

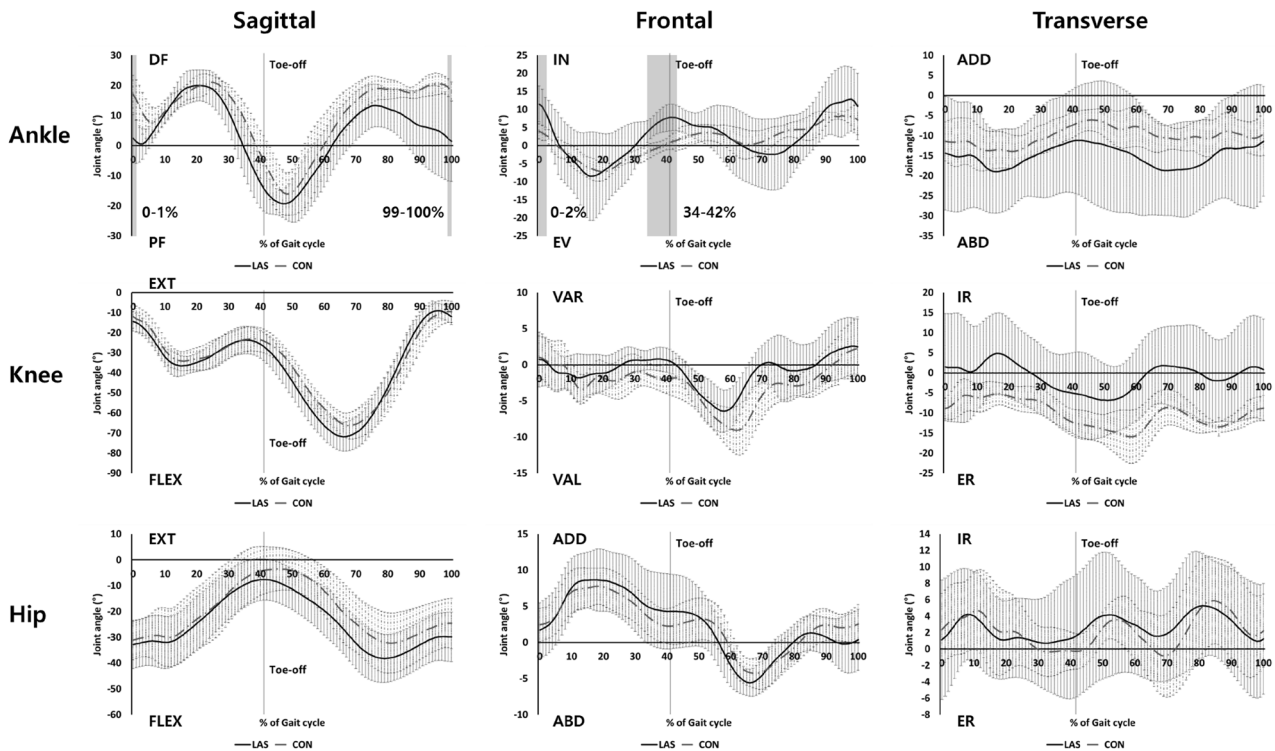


Fig. 2. Results of ensemble curve analysis on 3D lower extremity kinematics during running between the LAS and control groups. Values are expressed as mean \pm 95% confidence interval. Light gray boxes indicate significant differences between groups. Abbreviation: ABD, abduction; ADD, adduction; DF, dorsiflexion; ER, external rotation; EV, eversion; EXT, extension; FLEX, flexion; IN, inversion; IR, internal rotation; PF, plantar flexion; VAL, valgus; VAR, varus.

한 각 구간(interval)은 다음과 같이 정의하였다(Neumann, 2017): 초기디딤기(early stance), 0-15%; 중간디딤기(mid stance), 16-30%; 흔들기전(pre swing), 31-40%; 초기흔들기(early swing), 41-70%; 후기흔들기(late swing), 71-100%. 3차원 발목, 무릎 및 엉덩관절의 관절 각도(joint angle)에 대한 시계열데이터(time-series data)의 평균과 95% 신뢰구간을 산출하였으며, 보행주기의 0%를 초기접지로 정의하여 초기접지 시 발목 각도(discrete point)를 산출하였다.

통계분석

통계분석을 위해 LAS 그룹은 발목 염좌 병력이 있는 다리를 분석에 사용하였으며 대조군은 주로 사용하는 발을 분석에 사용하였다. 집단별 인구통계학적 정보와 특정 시점에서 하지 관절 각도의 비교를 위해 Mann-Whitney U 검정을 수행하였으며 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다. 또한 발목 관절 각도는 그룹 간 평균 크기 차이를 확인하기 위해 Cohen's d 를 통해 효과크기를 산출하였다. 효과크기는 다음과 같이 해석된다: 작음(small), $0.2 \leq d < 0.5$; 중간(medium), $0.5 \leq d < 0.8$; 큼(large), $d \geq 0.8$. 시계열데이터의 경우, 앙상블 곡선 분석(ensemble curve analysis)을 통해 집단별 평균과 95% 신뢰구간(confidence interval)을 나열하여 95% 신뢰구간끼리 겹치지 않는 구간을 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 정의하였다.

연구결과

달리기 과제 시 그룹 간 속력에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다($p > 0.05$) (Table 3). 그룹 간 달리기 중 초기접지 시 발목 관절 각도는 LAS 그룹이 대조군에 비해 유의하게 작은 발등굽힘 각도를 보였으며($p = 0.017$), 다른 변인에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다($p > 0.05$) (Table 3). 그룹 간 초기접지 시 하지 관절 각도에 대한 효과크기 산출 결과, 발목에서는 시상면과 이마면, 무릎에서는 수평면에서 큰 효과크기가 확인되었으며, 그 외 다른 변인에서는 작은 효과크기가 관찰되었다(Table 3).

시계열데이터 비교를 위한 앙상블 곡선 분석에서는 LAS 그룹이 시상면에서는 유의하게 작은 발등굽힘 패턴을 보였으며(0-1%, 99-100%), 이마면에서는 유의하게 큰 안쪽돌림 패턴을 보였다(0-2%, 34-42%) (Figure 2). 이외 다른 관절과 운동면에서는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

논의

본 연구는 외측 발목 염좌 병력 여부에 따라서 중등부 축구선수의 3차원 달리기 운동학적 변인에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위해 수행되었다. 본 연구에서의 결과를 통해 외측 발목 염좌 병력이 있는 중등부 축구선수는 달리기 시 유의한 발등굽힘 결손과 큰 안쪽돌림

패턴을 보여주는 것으로 확인되었다.

국내 유스 축구선수들의 달리기 움직임 패턴에 대한 본 연구의 결과는 성인을 대상으로 한 선행연구와 일치하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 LAS 그룹이 대조군과 비교했을 때 보행 시 발등굽힘 결손과 안쪽돌림된 발목 패턴이 나타나는 것으로 관찰되었으며, 만성 발목 불안정성을 가진 성인에 대한 연구도 같은 경향성이 보고되었다(Chinn et al., 2013; Delahunt et al., 2006; Drewes, McKeon, Kerrigan, et al., 2009; Drewes, McKeon, Paolini, et al., 2009; Lee et al., 2022). 이는 발목 염좌에 있어서 청소년과 성인의 움직임 패턴에는 큰 차이가 없는 것을 암시할 수 있으며 어릴 때부터 발목 염좌 손상 기전을 예방할 수 있는 교육을 수행하며 관리해야 함을 의미할 수 있다. 만성 발목 불안정성이 있는 사람에 대한 체계적 문헌고찰 및 메타분석 연구에서는 영당이 근육의 근력 약화가 특징적이라고 보고하고 있고(Dejong et al., 2020), 발목 염좌 병력이 있으나 이후 잔여 증상 없이 정상적으로 기능을 회복한 코퍼(coper)는 만성 발목 불안정성 환자에 비해 달릴 때 더 큰 무릎의 안쪽돌림 모멘트(internal rotator moments)를 사용하는 것으로 보고되었다(Lee et al., 2022). 따라서, 발목 염좌와 관련된 움직임 패턴은 발목 움직임 교육도 중요하지만 몸쪽 관절에서의 접근도 필요할 수 있으며 이러한 보상작용이 전향적으로 어떠한 긍정적 및 부정적 효과를 야기하는지에 대한 후속 연구도 수행될 필요가 있을 것이다.

외측 발목 염좌를 경험한 경향이 있는 청소년 선수와 성인은 공통적으로 보행 시 발등굽힘 결손과 더 큰 안쪽돌림된 발목 패턴을 보여주었다(Chinn et al., 2013; Delahunt et al., 2006; Drewes, McKeon, Kerrigan, et al., 2009; Drewes, McKeon, Paolini, et al., 2009; Lee et al., 2022). 특히 본 연구에서 관찰된 한걸음주기 동안 유의한 차이가 관찰된 구간은 초기디딤기의 초기접지와 후기흔들기의 마지막 구간, 흔들기전이었다. 초기접지는 한걸음주기의 시작이며 초기접지가 안정적으로 이루어져야 이후의 한걸음주기가 문제없이 수행될 수 있으므로 매우 중요한 시점이다. 이러한 초기접지를 준비하기 위해 후기흔들기부터 초기접지를 준비해야 하는데 LAS 그룹은 후기흔들기의 마지막 구간부터 초기접지까지 대조군에 비해 발등굽힘이 부족한 상태인 것으로 확인되었다. 발목의 해부학적 구조상 발등굽힘은 관절면의 적합성을 증가시켜 안정성이 높아지고 가동성은 낮아지는 특성을 가지고 있다(Hertel, 2002). 따라서 발등굽힘이 부족한 LAS 그룹의 특성은 안정적으로 한걸음주기를 준비하지 못하고 시작하지 못하는 것으로 확인되었으며, 이것이 외측 발목 염좌가 발생할 수 있는 주요한 기전으로 생각된다. 또한 흔들기전은 발꿈치떼기(heel-off)와 발가락떼기(toe-off)가 포함된 밀기(push-off) 단계로 설명된다(Neumann, 2017). 이 단계에서 주요한 동작은 발바닥굽힘(plantar flexion)이며 이는 발목의 열린관절 상태(open-packed position)를 야기하고 관절의 안정성은 떨어지는 상태가 된다(Hertel, 2002). 따라서 관절의 안정성이 저하되는 밀기 단계에서 안쪽돌림이 과하게 수행될 경우 외측 발목 염좌가 발생할 환경에 노출될 수 있을 것이다. 청소년 시기에는 신경근 조절 및 자세 조절 능력의 완전한 발달이 이루어지지 않았기 때문에(John et al., 2019; Quatman-Yates et al., 2012), 이러한 손상 기전에 노출이 되었을 때 빠른 동작 수정 능력이 부족할 수 있으므로 조심해야 하는 운동학적 기전이라 볼 수 있다.

청소년은 신체 능력의 성숙이 완성되지 않았기 때문에 불완전한 신경근 조절 능력을 보일 수 있지만 더 큰 문제는 손상 후 감각운동

신경 체계의 변화가 발생할 수 있다는 것이다(Ward et al., 2015). 따라서 아직 신경근 조절 능력의 완전한 성숙을 이루지 못한 청소년이 근골격계 손상을 당하여 감각운동신경 체계의 변화가 발생하게 된다면 움직임 조절 능력에 문제가 생길 수 있으며 이는 일관성 저하를 초래하게 된다. 선행연구에서는 외측 발목 염좌를 겪은 후 만성으로 악화된 사람에게서 달리기 시 발목 움직임의 증가된 가변성(variability)을 보고하였다(Hamacher et al., 2016). 본 연구에서 한걸음주기에 걸친 가변성의 통계적 차이를 분석하지는 않았으나 전체적으로 LAS 그룹의 95% 신뢰구간이 대조군에 비해 매우 큰 것을 확인할 수 있었다. 따라서 선행연구와 본 연구의 결과를 고려할 때, 외측 발목 염좌가 청소년 축구선수 움직임의 가변성에 어떠한 영향을 미치는지를 확인할 수 있는 후속연구가 필요하다고 생각된다.

여러 선행연구에서는 외측 발목 염좌 병력이 있는 사람에게서 몸쪽 관절의 보상 패턴이 나타남을 확인하였다(Dejong et al., 2020; Lee et al., 2022). 본 연구에서는 발목 움직임 패턴 외에 다른 관절에서 그룹 간 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 만성 발목 불안정성 그룹과 코퍼 그룹, 대조군 간 보행 생체역학을 비교한 선행연구에서도 운동학적 변인(kinematics)에서 발목 외 다른 관절에서의 차이는 관찰되지 않았으나 운동역학적(kinetics)으로 코퍼 그룹의 몸쪽 관절 전략이 관찰되었다. 따라서 외측 발목 염좌 병력 여부에 따라 청소년 축구선수의 관절모멘트(joint moments) 분석도 수행될 필요가 있을 것이다. 또한 달리기보다 스포츠 특이적인 과제를 수행할 때 생체역학적 차이를 관찰한다면 손상 기전에 대한 상세한 기초 정보들이 도출될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 작은 표본수로 진행되어 연구결과를 일반화하기에는 어려울 수 있다. 둘째, 운동학적 변인만 분석하여 다른 움직임 패턴에 대한 해석은 불가능하다. 이러한 제한점에도 불구하고 작은 표본수임에도 유의하게 관찰된 그룹 간 차이와 움직임 패턴은 임상적으로 중요한 의미를 가질 수 있을 것이며 움직임에서 최종 결과물인 운동학적 패턴 분석을 시작으로 추후에 관절모멘트나 파워, 근전도 분석 등이 수행될 수 있는 기반을 마련하였다는 강점이 있다. 후속 연구에서는 더 큰 표본수를 통해 운동역학적 분석 및 실제 손상 상황이 발생할 수 있는 스프린트, 방향 전환, 착지 등의 스포츠 특이적 과제를 전향적으로 분석할 필요가 있을 것이다.

결론 및 제언

본 연구의 결과는 외측 발목 염좌 병력이 있는 국내 중등부 축구선수에게서 발등굽힘 결손과 발목의 더 큰 안쪽돌림 패턴이 있음을 보여주었다. 이러한 발목 운동학적 패턴은 연구디자인의 제한점으로 인해 외측 발목 염좌를 유발하는 위험요인이라고 단정할 수 없다. 따라서 청소년 축구선수의 외측 발목 염좌에 대한 근거기반 손상 예방 프로그램 개발을 위해 후속연구에서 전향적인 분석을 통한 인과관계를 파악함으로써 위험요인을 도출할 필요가 있을 것이며, 내재적 위험요인에 더하여 하지의 생체역학적 움직임 패턴도 확인한다면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: I Lee, SY Lee; Data curation: I Lee, S Ha; Formal analysis: I Lee, S Ha; Funding acquisition: I Lee; Methodology: I Lee, SY Lee; Projectadministration: I Lee; Visualization: I Lee, S Ha; Writing-original draft: I Lee; Writing-review&editing: SY Lee

참고문헌

- Bahr, R., & Krosshaug, T. (2005).** Understanding injury mechanisms: A key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine, 39*(6), 324-329.
- Chinn, L., Dicharry, J., Hertel, J. (2013).** Ankle kinematics of individuals with chronic ankle instability while walking and jogging on a treadmill in shoes. *Physical Therapy in Sport, 14*(4), 232-239.
- Dejong, A. F., Koldenhoven, R. M., Hertel, J. (2020).** Proximal adaptations in chronic ankle instability: Systematic review and meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 52*(7), 1563-1575.
- Delahunt, E., Monaghan, K., Caulfield, B. (2006).** Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional instability of the ankle joint. *The American Journal of Sports Medicine, 34*(12), 1970-1976.
- Drewes, L. K., McKeon, P. O., Kerrigan, D. C., Hertel, J. (2009).** Dorsiflexion deficit during jogging with chronic ankle instability. *Journal of Science and Medicine in Sport, 12*(6), 685-687.
- Drewes, L. K., McKeon, P. O., Paolini, G., Riley, P., Kerrigan, D. C., Ingersoll, C. D., Hertel, J. (2009).** Altered ankle kinematics and shank-rear-foot coupling in those with chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation, 18*(3), 375-388.
- Finch, C. (2006).** A new framework for research leading to sports injury prevention. *Journal of Science and Medicine in Sport, 9*(1-2), 3-9.
- Gribble, P. A., Delahunt, E., Bleakley, C., Caulfield, B., Docherty, C., Fourchet, F., ... & Wikstrom, E. (2014).** Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: A position statement of the International Ankle Consortium. *Journal of Athletic Training, 49*(1), 121-127.
- Gross, P., & Marti, B. (1999).** Risk of degenerative ankle joint disease in volleyball players: Study of former elite athletes. *International Journal of Sports Medicine, 20*(1), 58-63.
- Hamacher, D., Hollander, K., Zech, A. (2016).** Effects of ankle instability on running gait ankle angles and its variability in young adults. *Clinical Biomechanics, 33*, 73-78.
- Hawkins, D., & Metheny, J. (2001).** Overuse injuries in youth sports: Biomechanical considerations. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 33*(10), 1701-1707.
- Hertel, J. (2002).** Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training, 46*(2), 133-141.
- John, C., Rahlf, A. L., Hamacher, D., Zech, A. (2019).** Influence of biological maturity on static and dynamic postural control among male youth soccer players. *Gait & Posture, 68*, 18-22.
- Korea Football Association (2021).** Registered players in KFA: Nov 2020.
- Krabak, B. J., Snitily, B., & Milani, C. J. (2016).** Understanding and treating running injuries in the youth athlete. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports, 4*(2), 161-169.
- Kram, R., Griffin, T. M., Donelan, J. M., Chang, Y. H. (1998).** Force treadmill for measuring vertical and horizontal ground reaction forces. *Journal of Applied Physiology, 85*(2), 764-769.
- Lee, I., Ha, S., Chae, S., Jeong, H. S., Lee, S. Y. (2022).** Altered biomechanics in individuals with chronic ankle instability compared with copers and controls during gait. *Journal of Athletic Training, 57*(8), 760-770.
- Lee, I., Jeon, H. G., Jeong, H. S., Kang, T. K., Lee, S. Y. (2020).** An epidemiological study of ankle sprains in youth soccer. *Journal of Sport and Leisure Studies, 82*, 425-432.
- Lee, I., Jeon, H., Lee, S. Y., Ha, S. (2020).** A study on health-related quality of life in retired athletes. *The Korean Journal of Physical Education, 59*(4), 381-390.
- Lee, I., Jeong, H. S., Lee, S. Y. (2020).** Injury profiles in Korean youth soccer. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(14), 5125.
- Lee, I., Lee, S. Y., Ha, S. (2021).** Alterations of lower extremity function, health-related quality of life, and spatiotemporal gait parameters among individuals with chronic ankle instability. *Physical Therapy in Sport, 51*, 22-28.
- Martin, R., Irrgang, J., Burdett, R., Conti, S., VanSwearingen, J. (2005).** Evidence of validity for the foot and ankle ability measure. *Foot and Ankle International, 26*(11), 968-983.
- Micheli, L. J., & Klein, J. (1991).** Sports injuries in children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine, 25*(1), 6-9.
- Neumann, D. (2017).** *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (3th ed.). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Quatman-Yates, C. C., Quatman, C. E., Meszaros, A. J., Paterno, M. V., Hewett, T. E. (2012).** A systematic review of sensorimotor function during adolescence: A developmental stage of increased motor awkwardness? *British Journal of Sports Medicine, 46*(9), 649-655.
- Ward, S., Pearce, A. J., Pietrosimone, B., Bennell, K., Clark, R., Bryant, A. L. (2015).** Neuromuscular deficits after peripheral joint injury: A neurophysiological hypothesis. *Muscle & Nerve, 51*(3), 327-332.

유스 축구선수들의 외측 발목 염좌 병력 유무에 따른 달리기 생체역학 차이

이인제^{1,2}, 하성희^{2,3}, 이세용^{2,4,5*}

¹경일대학교 스포츠재활의학과, 조교수

²국제올림픽위원회 한국연구센터, 연구원

³남서울대학교 바이오헬스컨디셔닝학과, 강사

⁴연세대학교 체육교육학과, 부교수

⁵연세대학교 미래융합연구원, 연구책임자

[목적] 본 연구는 외측 발목 염좌 병력이 있는 중등부 축구선수와 외측 발목 염좌 병력이 없는 중등부 축구선수 간 달리기 시 움직임 패턴의 차이 여부를 확인하기 위해 수행되었다.

[방법] 외측 발목 염좌 병력이 있는 중등부 축구선수(lateral ankle sprain, LAS 그룹) 6명과 대조군 6명을 모집하여 총 12명이 본 연구에 참여하였다. 모든 연구대상자는 신체계측 및 주관적 발목 기능 설문지를 작성하였으며 이후 동작분석을 위해 반사마커를 신체에 부착한 후 3회의 달리기 동작을 촬영하였다. 한걸음주기 동안의 발목, 무릎, 엉덩관절 각도가 산출되었으며 그룹별 평균 및 95% 신뢰구간을 산출하여 앙상블 곡선 분석을 수행하였다.

[결과] LAS 그룹은 대조군에 비해 달리기 시 초기접지, 흔들기전, 후기흔들기 동안 유의하게 작은 발목의 발등굽힘 각도와 큰 안쪽들림 각도를 보여주었다. 그 외 다른 관절과 운동면에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

[결론] 본 연구의 결과를 통해 관찰된 발목의 운동학적 특성이 외측 발목 염좌의 위험요인이라고 제시할 수 없으나, 후속연구에서 본 연구의 결과를 토대로 내재적 위험요인에 하지의 생체역학적 움직임 패턴도 추가한 전향적 분석을 수행한다면 보다 정확한 외측 발목 염좌의 위험요인을 도출할 수 있을 것으로 생각된다.

주요어

보행, 부상 예방, 움직임 형태, 청소년, 축구