

Effects of Y-Balance Test Difference of the Ankle Dorsi-flexion Range of Motion in K3 Soccer Players

Gyu-Ho Choi*, Jin-Wook Lee**

*Ph.D., Dept. of Physical Education in General Graduate School, Dankook University, Gyeong-gi, Korea

**Professor, Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Chungnam, Korea

[Abstract]

The purpose of this study was to determine the relationship with the Y-Balance Test, which evaluates dynamic balance ability according to the ankle joint dorsiflexion range of motion in a non-weight bearing posture. This study involved 27 male soccer players who regularly participate in the K3 League with more than 10 years of soccer experience. The Pearson Rank Correlation Coefficient was used to verify the relationship between ankle joint dorsiflexion and dynamic balance ability. The results of this study showed significant differences in PLRD ($P<.05$) and CS ($P<.01$) in the HADR group. A significant correlation between ankle joint dorsi-flexion range of motion and severity was found only in PMRD, PLRD, and CS. Therefore, a decrease in ankle joint dorsi-flexion is associated with a decrease in balance ability. In order to prevent injuries in soccer players, it is believed that regular evaluation of ankle joint range of motion as well as training to improve knee and hip joint strength and proprioception are necessary.

▶ **Key words:** Soccer Player, Ankle Injury, Ankle Range of Motion, Dorsi-flexion, Y-Balance Test

[요 약]

본 연구의 목적은 비 체중지지 자세 상태에서 발목관절 발등굽힘 관절가동범위에 따라 동적 균형 능력을 평가하는 Y-Balance Test와의 관계를 규명하고자 하였다. 본 연구에는 10년 이상의 축구경력을 가진 K3리그에 정기적으로 참여하는 남자축구선수 27명이 참여하였다. 발목관절의 발등굽힘과 동적균형 능력과의 관계를 검증하기 위해 The Pearson Rank Correlation Coefficient를 사용하였다. 본 연구의 결과 HADR군에서 PLRD($P<.05$)와 CS($P<.01$)에서 유의한 차이가 나타났으며, 발목관절 발등굽힘의 관절가동범위와 PMRD, PLRD 및 CS에서만 중증도의 유의한 상관관계가 나타났다. 따라서 발목관절 발등굽힘의 감소는 균형 능력 감소와 관련이 있으며, 축구선수의 손상을 예방하기 위해서는 정기적인 발목관절 관절가동범위의 평가뿐만 아니라 무릎과 엉덩관절의 근력 및 고유수용감각을 향상시키기 위한 트레이닝이 필요할 것으로 생각된다.

▶ **주제어:** 축구선수, 발목손상, 발목가동범위, 발등굽힘, 동적균형

-
- First Author: Gyu-Ho Choi, Corresponding Author: Jin-Wook Lee
 - *Gyu-Ho Choi (gyuhochoi@dankook.ac.kr), Dept. of Physical Education in General Graduate School, Dankook University
 - **Jin-Wook Lee (rugby14@hanmail.net), Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University
 - Received: 2023. 10. 05, Revised: 2023. 11. 01, Accepted: 2023. 11. 01.

I. Introduction

축구는 세계에서 가장 인기 있는 스포츠인 동시에 프로 및 아마추어 수준 모두에서 높은 스포츠 손상률과 관련이 있으며[1], 다양한 생리적, 사회심리적 이점을 제공하고 있지만 불행히도 스포츠 손상 위험도가 높다[2]. 축구 경기는 다양한 전술 및 빠른 공수 전환과 거친 몸싸움이 전개되기 때문에 체력 수준의 감소는 경기력 저하 및 손상을 유발하며[3], 1000시간의 경기 시간당 13~35건의 손상이 발생한다[4,5]. 손상 중 하체는 가장 흔한 손상 부위로 발목관절은 모든 스포츠 손상에서 최대 3분의 1 이상이 유발되며[6,7], 축구는 다양한 움직임 패턴이 필요하기 때문에[8], 다른 스포츠에 비해 발과 발목관절 염좌 손상이 많이 발생한다[2,9].

선행연구에 의하면 4년간(2007~2011) 프리미어리그(EPL) 손상 보고 중 발과 발목관절 손상이 20%로 높은 손상률을 보이며[10] 이 중 50%는 훈련 및 경기에 참여하지 못한다고 보고하고 있다[9]. 또한 발목 염좌(sprain) 손상은 재손상률이 6배 높게 유발되기 때문에[11], 발목 손상을 예방하기 위한 노력이 필요하다[12]. 발목 염좌 손상을 예방하기 위한 방법으로 신경근 운동[13], 인지 및 균형 운동, 불안정한 관절의 테이핑 적용은 효과적인 방법으로 제시하고 있다[14].

Xixirry 등 [15]은 고유수용성감각 장애, 신경근 조절 장애, 근력 결핍, 자세 조절 감소는 발목관절의 기능적 불안정성을 초래할 수 있다고 하였다. 균형 운동은 발목관절 고유수용기에서 중추신경계로 구심성 신호와 감각 피드백을 촉진하여[16] 고유수용성 감각을 개선시킴으로써 발목관절의 안정성을 향상시키고 발목관절 손상을 예방할 수 있는 효과적인 방법으로 제안하였다 [17].

따라서 하체와 발목 손상을 예방하기 위해 동적, 정적 균형 및 발목관절 가동범위와 관련된 변수 등의 예측 가능한 위험 요소를 식별하는 것이 중요하다[18].

현장에서는 발목관절 염좌의 손상률을 감소시키기 위해 시즌 전 신체의 기능적인 테스트를 실행하는 것은 손상을 예방할 수 있는 방법이 될 수 있으며, 손상 위험 증가와 관련된 결함을 확인하기 위해 편리하게 사용 가능한 스크리닝 도구인 Y-Balance Test(YBT)가 사용되고 있다.

YBT는 발목관절의 동적 균형과 비대칭을 평가하고[19] 하체 관절의 신경근 결손 및 생체 역학적 이상 및 시상면에서의 관절가동범위를 파악하고 발목 손상을 예측하는 도구로 사용되고 있다[20,21]. 선행연구에 의하면 YBT의 종합 점수가 89.6% 미만은 비접촉 손상률이 증가하며[22],

앞쪽, 뒤안쪽, 뒤가쪽 방향에서 사지 도달거리의 비대칭은 하지 손상 중 발목관절의 손상 위험을 2배 증가시키고[8], 양측의 하지 비대칭은 동적 균형의 결손과 하체 손상 위험과 관련 있다고 하였다[23].

또한 하체 손상의 또 다른 중요한 위험 요소는 발목관절의 가동 범위(ROM) 감소로[24], 발목관절 손상의 위험은 정상 가동 범위($11.2^{\circ} \sim 25^{\circ}$) 미만의 발등굽힘 관절가동범위와 관련이 있다[25,26]. 이러한 제한된 발목관절 발등굽힘의 각도는 이전의 발목관절 손상을 입은 선수에게 나타나며 적절한 관리가 이루어지지 않게 되면 만성 발목 불안정성을 야기할 수 있다[27,28]. 또한 발목 염좌 및 아킬레스 건병증 기타 발목관절 손상의 원인뿐만 아니라[23], 무릎관절에도 영향을 미친다[29].

Dvorak와 Junge [5]은 발등굽힘 가동범위의 제한은 YBT에서 앞쪽 도달거리가 감소하는 원인이며, 하체 손상 및 기계적(mechanical) 또는 감각 운동 시스템(sensorimotor system) 제한과 관련 있기 때문에 발목관절 발등굽힘 관절가동범위(ROM) 측정이 필요하다[30].

따라서 발등굽힘의 관절가동범위를 제한하는 효과를 평가하기 위한 임상적 테스트를 식별하는 것은 발과 발목 및 하체관절 손상을 예방하기 위해 매우 중요하다.

본 연구는 발목관절의 발등굽힘 관절가동범위 차이가 동적균형 능력을 평가하는 YBT에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 한다.

II. Method

1. Reserach Methods

1.1 Subjects

본 연구의 대상자는 G도 C시를 연고로 K3리그에 참여하는 10년 이상의 축구 경력을 가진 남자 축구선수 27명을 대상으로 발목관절 발등굽힘 관절가동범위가 15도 이상인 대상자를 높은 그룹(HADR) 14명과 12도 이하인 대상자를 낮은 그룹(LADR) 13명으로 분류해 구성하였다. 본 실험에 앞서 대상자들에게 실험에 대한 방법과 내용을 충분히 설명하였고 실험에 참여한다는 동의서 또한 작성하였다. 최근 3개월 안에 발목관절 손상 및 스포츠 손상으로 인한 수술을 실시한 선수는 본 연구 대상에서 제외하였으며 본 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1.과 같다.

Table 1. Subject Characteristic

| Group | Age(yr) | Hight(cm) | Wight(kg) | fat(%) | SMM(kg) | Career(yr) | RADFR(°) |
|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| HADR(n=14) | 25.50±2.68 | 180.14±4.29 | 74.70±5.72 | 10.02±2.68 | 37.14±1.97 | 14.57±2.97 | 17.28±1.26 |
| LADR(n=13) | 24.53±2.84 | 182.46±5.72 | 80.11±6.34 | 12.72±3.32 | 38.46±2.72 | 14.07±3.17 | 11.53±0.87 |
| t | .621 | .216 | .262 | .774 | 1.683 | .229 | 3.965 |
| P | .375 | .243 | .015* | 0.28* | .161 | .680 | .000*** |

Mean±S.D. HADR : High Ankle Dorsi Flexion ROM, LADR : Low Ankle Dorsi Flexion ROM, RADFR : Right Ankle Dorsi Flexion Range of Motion. *p<.05, **p<.01, ***p<.001.

2. Measurement

2.1 Body Composition

신장과 체중측정은 자동신장체중계(DS-103, DONGSHIN JENIX, Korea)를 이용해 측정하였으며 체성분 측정기(270, Inbody, Korea)를 사용해 체지방률 및 골격근량을 측정하였다. 측정은 기상 후 즉시 측정하였으며 측정 전 음식물의 섭취는 제한하였고 대상자들에게 착용하고 있는 모든 약제사리 및 금속 장치는 모두 제거하고 측정하였다.

2.2 Ankle Range of Motion

발목관절 발등굽힘 측정은 고니오미터(The Therapy Connection Inc, Windham, NH, USA)를 사용하여 측정하였으며 비체중 지지자세에서 무릎을 90도 굽힌 상태로 베드에 걸터앉아 실시하였고 고정자의 축은 가쪽 복사뼈에 위치하고 움직임자는 5번째 발가락 허리뼈와 평행하게 위치시켜 발목관절 발등굽힘 가동범위를 측정하였다.

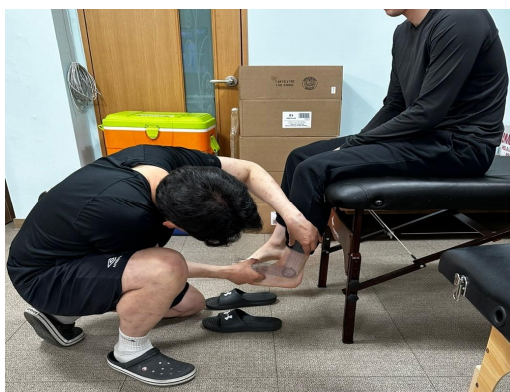


Fig. 1. Ankle Dorsi Flexion ROM Measurement

고니오미터는 발목관절 관절가동범위를 측정하는데 자주 사용되고 있으며 이를 이용한 발목관절의 가동범위 측정은 높은 수준의 평가자내 신뢰도(Intratester reliability, 발등굽힘(ICC=.90), 발바닥굽힘(ICC=.86) 및 중간 등급의 평가자간 신뢰도(Intertester reliability, 발등굽힘(ICC=.50), 발바닥굽힘(ICC=.72)를 보여주었다[31].

2.3 Y-Balance Test

FMS사의 YBT Kit(Functional Movement. Inc, Chattham VA, USA)를 이용하여 측정하였다. 6번의 연습 측정 후 측정하였고 맨발로 서서 각 방향으로 3회 실시하였으며[19]. 앞쪽 도달거리(Anterior reach: AR), 뒤안쪽(Posteromedial reach: PMR), 뒤가쪽(Posterolateral reach: PLR)을 1cm 단위로 가장 좋은 값의 도달거리를 기록하였다. 다리길이는 테이블에 누운 자세에서 앞위엉덩뼈가시(Anterior Superior Iliac Spine)부터 안쪽 복사뼈(Medial Malleolus)까지의 거리를 측정하였다[31].

각 방향의 최대값은 원자료를 이용하였으며 정규화 된 도달거리=(도달거리/다리길이)x100와 종합점수=(앞쪽 도달거리+뒤안쪽 도달거리+뒤가쪽 도달거리)/100(3x다리길이)를 계산하였다[32].

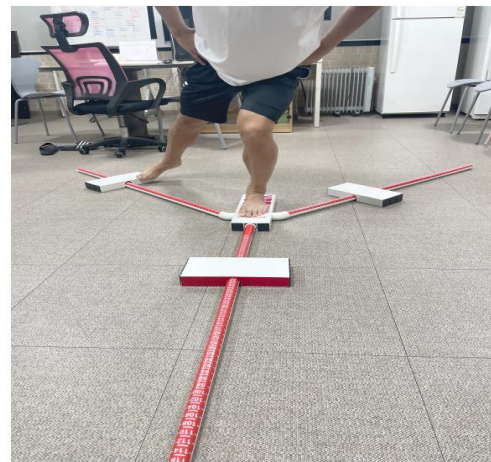


Fig. 2. Y-Balance Test Measurement

3. Data Analysis

통계분석은 IBM SPSS(Version 27.0) 프로그램을 이용하여 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 발목관절 발등굽힘 관절가동범위와 YBT 차이를 규명하기 위해 t-검증(Independent t-test)을 실시하였으며, 발등굽힘 관절가동범위와 YBT간에 상관관계를 검증하기 위해 The Pearson Rank Correlation Coefficient를 사용하고 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. Results

1. Normalized Reach Distance and Composite Score of the YBT

앞쪽 도달거리(ARD), 뒀안쪽 도달거리(PMRD), 뒀가쪽 도달거리(PLRD) 및 종합점수(CS)는 Table 2. 와 같으며, HADR군에서 PLRD($P<.05$)와 CS($P<.01$)에서 유의한 차이가 나타났다.

2. Correlation of the Ankle Dorsiflexion ROM and Normalized Reach Distance and Composite Score of the YBT

발목관절 발등 굽힘의 가동범위와 뒀안쪽 도달거리(PMRD), 뒀가쪽 도달거리(PLRD) 및 종합점수(CS)는 Table 3.와 같으며 중등도의 유의한 상관관계가 나타났다.

IV. Discussion

축구 경기 중 발목관절 손상은 가장 흔한 손상이며 경기 중 발생률은 12~23%로 높은 손상률을 보이며[25] 경기 수준이 낮아질수록 35% 더 높은 손상률을 보이고 있다[33]. 무엇보다도 발목관절 손상 후 1년 이내 재손상률이 높으며 [34] 손상을 입은 적은 없지만 발목관절의 통증을 야기하는 경우가 22%에 달해 축구선수에게 발목관절의 관리와 재손상을 예방하는 것이 중요하다[35]. 또한 발목관절 손상을 입은 사람은 발목관절의 발등굽힘 관절가동범위가 제한되기 때문에 이 연구는 발등굽힘 관절가동범위에 따

라 동적균형 능력을 평가하는 YBT와의 관계를 알아보고자 하였다.

동적 균형은 경기 중 변화하는 상황이나 연속적인 조건에서 자세의 안정성과 균형을 회복하는 능력으로[36] 체성 감각 및 전정기관 그리고 시각 시스템에서 제공하는 감각 정보 등이 필요하다[17,37]. 선행연구에 의하면 균형 능력을 유지하기 위해 하체의 근력과 운동감각은 매우 중요하며[38] 하체의 근육 활성화는 동적 균형 능력에서 중요한 역할을 한다. Phuaklikhit 등[39]의 의하면 동적균형 테스트(YBT)에서 뒀안쪽(PMR)과 뒀가쪽(PLR) 방향의 정규화된 도달거리 점수와 종합점수(CS)는 유의한 양의 상관관계를 보였다. 이에 대한 근거는 다른 방향보다 뒀안쪽(PMR)과 뒀가쪽(PLR) 방향에서 자세조절을 위해서는 더 높은 수치의 앞정강근의 활성화가 필요하기 때문이라 생각된다[41]. Hubbard 등[40]은 만성 발목 불안정성(Chronic Ankle Instability: CAI)을 가진 젊은 성인 남녀를 대상으로 기능적 불안정성과 동적균형의 상관관계를 연구한 결과 발등 굽힘 근력 및 엉덩관절의 별림근과 폼근이 동적균형 테스트시 뒀안쪽(PMR)과 뒀가쪽(PLR) 도달거리와 높은 상관관계를 보고하였다.

이러한 결과는 동적 균형의 결손은 엉덩관절의 별림근 및 폼근 강화를 통해 동적 균형(뒀안쪽과 뒀가쪽 도달거리)의 능력이 향상될 것을 보고하였고, Hertel 등[42]은 CAI 환자의 동적 균형 변화를 감지하는데 사용하기에 뒀안쪽(PMR)과 뒀가쪽(PLR) 방향이 가장 민감하고 신뢰할 수 있다고 하였다. 또한 엉덩관절의 굽힘 능력은 뒀안쪽(PMR)과 뒀가쪽(PLR) 도달거리에서 정규화된 도달거리의 88.6%와 94.5%를 설명하고 있으며[41], Bullock-Saxton

Table 2. Normalized Reach Distance and Composite Score of the YBT

| Group | ARD(%) | PMRD(%) | PLRD(%) | CS |
|------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| HADR(n=14) | 69.59±12.22 | 108.76±10.19 | 116.24±9.82 | 97.83±4.27 |
| LADR(n=13) | 66.23±2.98 | 103.97±5.37 | 108.38±7.45 | 92.86±4.88 |
| t | .000 | 2.165 | 1.119 | .264 |
| P | .457 | .144 | .028* | .009** |

Mean±S.D. ARD : Anterior Reach Distance, PMRD : Posteromedial Reach Distance, PLRD : Posterolateral Reach Distance, CS : Composite Score, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$.

Table 3. Correlation of the Ankle Dorsiflexion ROM and Normalized Reach Distance and Composite Score of the YBT

| Variables | | ARD(%) | PMRD(%) | PLRD(%) | CS |
|-----------|---|--------|---------|---------|--------|
| RADFR(°) | r | .173 | .395 | .435 | .559 |
| | p | .388 | .041* | .023* | .002** |

Mean±S.D. ARD : Anterior Reach Distance, PMRD : Posteromedial Reach Distance, PLRD : Posterolateral Reach Distance, CS : Composite Score, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$.

등[43]은 엉덩관절의 펌근 근력은 발등 굽힘과 발바닥쪽 굽힘과 상관관계가 있다고 하였고, 만성 발목 불안정성 환자들에게서 펌근의 약화가 보인다고 하였다. 또한 발목관절의 손상은 무릎과 엉덩관절 굽힘 관절가동범위가 감소하여 뒤가쪽 도달거리(PLRD)가 감소하고[32] 이에 따라 발목관절의 손상이 증가한다고 보고 하였다[44].

본 연구 결과 발목관절 발등굽힘 관절가동범위가 좋은 HADR군에서 뒤가쪽 도달거리(PLRD)와 종합점수(CS)가 유의하고 높았고, 오른쪽 발등굽힘(RADFR)과 동적균형(YBT) 상관관계에서 뒤안쪽 도달거리(PMRD) 뒤가쪽 도달거리(PLRD)에서 유의한 중증도의 상관관계를 보여 Phuaklikhit 등[39]이 실시한 선행연구와 유사한 결과를 보였다.

이러한 결과는 동적균형을 조절하는데 무릎과 엉덩관절의 근육군이 활성화 시키며, 중간 볼기근은 골반의 높이와 벌림과 모음을 조절하고 큰 볼기근은 자세를 유지시키며, 넙다리내갈래근과 햄스트링은 무릎각도를 조절하여 균형을 보조하였기 때문이라 생각한다[45]. 선행연구의 결과를 통해 동적 균형은 다관절(엉덩, 무릎, 발목)기능적 능력에 의해 균형을 유지하는 것을 알 수 있지만 특히 축구선수는 과사용으로 인한 발목관절의 발등굽힘의 감소는 위아래 관절의 보상작용을 유발하고 경기력 감소 및 스포츠 손상의 위험을 증가시킨다.

따라서 발등굽힘과 동적균형(YBT)의 종합점수(CS)사이의 관계를 고려할 필요가 있는데 이는 종합점수와 하지 손상 위험률 사이의 연관성 때문이다[46]. Plisky 등[31]은 동적균형에서 낮은 종합점수(CS)는 스포츠 손상에 노출될 확률이 높다고 보고하였고, 모든 선수의 앞쪽(AR), 뒤안쪽(PMR), 뒤가쪽(PLR) 도달거리 차이가 4cm 이상 정규화 된 전방도달거리의 감소와 양측 뒤안쪽(PMR), 뒤가쪽(PLR) 방향의 도달거리의 감소는 하지 손상과 유의한 관련이 있다고 보고하였다.

선행연구에 의하면 하지의 동적균형 테스트(YBT)와 앞쪽(AR) 도달거리는 발목관절 발등굽힘 관절가동범위의 체중 지지와 런지 테스트간의 양의 상관관계가 있음을 확인하였다[47]. 또한 Rafagnin 등[20]은 우세다리에서는 동적균형 테스트의 앞쪽 도달거리와 발목관절 발등굽힘 사이의 양의 상관관계가 나타났으며, 비 우세 다리에서는 동적균형 테스트와 발목관절 발등굽힘 앞쪽 도달거리 방향의 종합점수에서 통계적으로 유의한 차이가 발견되었다. 이러한 결과는 본 연구와 대조되는 결과로 그에 따른 이유는 이와 같다.

YBT에 의한 동적 균형 테스트를 수행하는 동안 발목 전략은 발목 관절 주변의 근육을 활성화하여 균형의 변화

를 교정하는 균형 제어에 사용되는 최초의 메커니즘이며 [45], 무릎과 엉덩관절 전략은 발목 조정 후 균형 제어를 돕는 두 번째 메커니즘이다[48].

특히 뒤안쪽(PMR), 뒤가쪽(PLR) 방향의 도달범위 몸통의 굽힘은 많으나 반대쪽 가쪽굽힘과 동측 가쪽 굽힘은 최소화하며[49] 이때 무릎과 엉덩관절의 근육들이 활성화하여 먼 쪽 관절의 불안정성을 보상하는데 도움이 된다[50].

Earl와 Hertel[51]은 넙다리내갈래근이 앞쪽(AR) 도달 범위에서 큰 근활성화를 보이는 반면 뒤넙다리근은 뒤안쪽(PMR), 뒤가쪽(PLR) 방향의 도달거리에서 큰 근활성화 보고해 축구선수의 하체 근력이 앞쪽(AR) 도달 범위를 상쇄시킨 것으로 생각된다.

또한 본 연구에서는 동적균형(YBT)의 종합점수(CS)가 LADR군에서 손상을 예측할 수 있는 점수인 89점보다 높았기(92.86±4.88) 때문인 것으로 생각되며, 추가적인 근거로는 Norkin 등[52]의 의하면 성인의 경우 체중지지 자세에서 정상적인 발등굽힘 관절가동범위는 약 22~25도라고 하였고 비 체중지지 자세에서 성인의 경우 발목관절의 관절가동범위가 약 15~20도 제시하였는데[52] 본 연구는 비 체중지지 자세에서 발목관절의 발등굽힘 가동범위를 측정하였고 이는 체중지지 자세에서의 발등굽힘 관절가동범위보다 관절가동범위의 값이 차이가 있었기 때문에 유의한 상관관계가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

따라서 본 연구의 결과를 종합하면 뒤안쪽(PMRD) 및 뒤가쪽(PLRD) 그리고 종합점수(CS)에서 유의한 상관관계가 있음을 알 수 있으며, 동적균형능력의 향상은 축구선수의 손상 예방에 중요한 요인이며, 정상적인 발등굽힘 관절가동범위 확보가 중요할 뿐만 아니라 무릎과 엉덩관절의 근력 및 고유수용감각을 향상시키기 위한 트레이닝이 필요할 것으로 생각된다.

V. Conclusions

본 연구의 결과를 종합하면 본 연구의 목적은 발목관절의 발등굽힘 관절가동범위에 따라 동적 균형능력을 평가하는 YBT와의 관계를 규명하고자 하였다. 이 연구 결과 HADR군에서 PLRD($P<.05$)와 CS($P<.01$)에서 유의한 차이가 나타났으며, 발목관절 발등 굽힘의 가동범위와 뒤안쪽 도달거리(PMRD), 뒤가쪽 도달거리(PLRD) 및 종합점수(CS)만 중증도의 유의한 상관관계가 나타났다. 따라서 발목관절 발등굽힘의 감소는 균형능력 감소와 관련이 있으며, 축구선수의 손상을 예방하기 위해서는 정기적인 발목

관절 관절가동범위의 평가뿐만 아니라 무릎과 엉덩관절의 근력 및 고유수용감각을 향상시키기 위한 트레이닝이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 본 연구의 대상자는 C시를 연고로 하는 10년 이상의 축구 경력을 가진 젊은 연령층의 남성 축구선수로 한정했기 때문에 타 지역 및 다양한 연령층에 일반화하는 것은 제한점이 따를 것으로 생각된다. 둘째, 발목관절 가동범위 측정 시 엉덩관절과 무릎관절에서 발생하는 움직임은 본 연구자가 통제하지 못하였다. 추후 후속 연구에서는 만성 발목 불안정성을 가진 축구선수들을 대상으로 발목관절 가동범위와 동적균형 그리고 하지 근력과의 어떠한 관계가 있는지에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] A. Amason, SB. Sigurdsson, A. Gudmundsson, I. Holme, L. Engebretsen, R. Bahr, "Physical fitness, injuries, and team performance in soccer," *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 36, NO. 2, pp. 278-285, February 2004. DOI: 10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA.
- [2] S. Drawer, CW. Fuller, "Evaluating the level of injury in English professional football using a risk based assessment process," *Br J Sports Med.* Vol. 36, No. 6, pp. 446-451. April 2002. DOI: 10.1136/bjism.36.6.446.
- [3] T. Soligard, G. Myklebust, K. Steffen, I. Holme, H. Silvers, M. Bizzini, and T.E. Andersen, "Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial," *Vol. 337, No. 2, pp. 95-99, December 2008.* DOI : 10.1136/bmj.a2469.
- [4] J. Chomiak, A. Junge, L. Peterson, J. Dvorak, "Severe injuries in football players. Influencing factors," *Am J Sports Med.* Vol. 28, No. 5, pp. 58-68 September 2000. DOI: 10.1177/28.suppl_5.s-58.
- [5] J. Dvorak, A. Junge, "Football injuries and physical symptoms. A review of the literature," *Am J Sports Med.* Vol. 28, No. 5, pp. 3-9, September 2000. DOI: 10.1177/28.suppl_5.s-3.
- [6] E. Giza, C. Fuller, A. Junge, J. Dvorak, "Mechanisms of foot and ankle injuries in soccer," *Am J Sports Med.* Vol. 31, No. 4, pp. 550-554. July 2003. DOI: 10.1177/03635465030310041201.
- [7] T. Badekas, SA. Papadakis, N. Vergados, SP. Galanakis, A. Siapkara, M. Forgrave, N. Romansky, S. Mirones, HI. Trnka, M. Delmi, "Foot and ankle injuries during the Athens 2004 Olympic Games," *J Foot Ankle Res.* Vol. 2, No. 9, pp. 1-8. April 2009. DOI: 10.1186/1757-1146-2-9.
- [8] G. Melam, A. Alhusaini, V. Perumal, S. Buragadda, K. Kaur, "Comparison of static and dynamic balance between football and basketball players with chronic ankle instability," *Saudi J Sports Med.* Vol. 16, No. 3, pp. 199-204. September 2016. DOI: 10.4103/1319-6308.187557.
- [9] J. Dvorak, A. Junge, W. Derman, and M. Schwellnus, "Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup," *British journal of sports medicine.* Vol. 45, No. 8, pp. 626-630, Jun 2011. DOI : 10.1136/bjism.2010.079905.
- [10] N. Jain, D. Murray, S. Kemp, & J. Calder, "Frequency and trends in foot and ankle injuries within an English Premier League Football Club using a new impact factor of injury to identify a focus for injury prevention," *Foot and ankle surgery.* Vol. 20, No. 4, pp. 237-240. December 2014. DOI: 10.1016/j.fas.2014.05.004.
- [11] T. F. Tyler, M. P. Mchugh, M. R. Mirabella, M. J. Mullaney, and S. J. Nicholas, "Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players: the role of previous ankle sprains and body mass index," *The American journal of sports medicine.* Vol. 34, No. 3, pp. 471-475, March 2006. DOI : 10.1177/0363546505280429.
- [12] E. M. Hartley, M. C. Hoch, and M. C. Boling, "Y-balance test performance and BMI are associated with ankle sprain injury in collegiate male athletes," *Journal of science and medicine in sport.* Vol. 21, No. 7, pp. 676-680, July 2018. DOI : 10.1016/j.jsams.2017.10.014.
- [13] F. Mohammadi, "Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players," *Am J Sports Med.* Vol. 35, No. 6, pp. 922-926. June 2007. DOI: 10.1177/0363546507299259.
- [14] A. Junge, D. Rösch, L. Peterson, T. Graf-Baumann, and J. Dvorak, "Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players," *The American journal of sports medicine,* Vol. 30, No. 5, pp. 652-659, October 2002. DOI : 10.1177/03635465020300050401.
- [15] M. G. Xixirry, M. Riberto, and L. S. Manoel, "Analysis of y balance test and dorsiflexion lunge test in professional and amateur soccer players," *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* Vol. 25, No. 6, pp. 490-493, December 2019. DOI : 10.1590/1517-869220192506208308.
- [16] K. Postle, D. Pak, TO. Smith. "Effectiveness of proprioceptive exercises for ankle ligament injury in adults: a systematic literature and meta-analysis," *Man Ther.* Vol. 17, No. 4, pp. 285-291, August 2012. DOI: 101016/j.math.2012.02.016.
- [17] D. A. Marshall, E. Lopatina, S. Lacny, C. A. Emery, "Economic impact study: neuromuscular training reduces the burden of injuries and costs compared to standard warm-up in youth soccer," *Br J Sports Med.* Vol. 50, No. 22, pp. 1388-1393. November 2016. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095666.
- [18] C. L. Docherty, B. M. Gansneder, B. L. Arnold, "Development

- and reliability of the ankle instability instrument," *J Athl Train*. Vol. 41, No. 2, pp. 154-158. June 2006. DOI: PMC1472648.
- [19] K. Kiesel, P. J. Plisky, and M. L. Voight, "Can serious injury in professional football be predicted by a preseason functional movement screen?," *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*. Vol. 2, No. 3, pp. 147-158, August 2007.
- [20] C. Z. Rafagnin, A. D. S. Ferreira, G. F. Telles, T. Lemos de Carvalho, D. J. D. A. Alexandre, & L. A. C. Nogueira, "Anterior component of Y-Balance test is correlated to ankle dorsiflexion range of motion in futsal players: A cross-sectional study," *Physiotherapy Research International*. Vol. 19, No. 5, pp. 1-7, June 2023. DOI: 10.1002/pri.2028.
- [21] P. J. Plisky, P. P. Gorman, R. J. Butler, K. B. Kiesel, K. B., F. B. Underwood, and B. Elkins, "The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test," *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*. Vol. 4, No. 2, pp. 92-99, May 2009. DOI : 10.1007/s11606-017-4028-8.
- [22] R. J. Butler, M. E. Lehr, M. L. Fink, K. B. Kiesel, and P. J. Plisky, "Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: an initial study," *Sports health*, Vol. 5, No. 5, pp. 417-422, September 2013. DOI : 10.1177/1941738113498703.
- [23] J. W. Youdas, T. J. McLean, D. A. Krause, "Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain," *J Sport Rehabil*. Vol. 18, No. 3, pp. 358-374, August 2009. DOI: 10.1123/jsr.18.3.358.
- [24] C. J. Powden, J. M. Hoch, and M. C. Hoch, "Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: a systematic review," *Manual therapy*, Vol. 20, No. 4, pp. 524-532, August 2015. DOI : 10.1016/j.math.2015.01.004.
- [25] A. Junge, & J. Dvorak, "Soccer injuries: a review on incidence and prevention," *Sports medicine*. Vol. 34, No. 13, pp. 929-938, September 2004. DOI: 10.2165/00007256-200434130-00004.
- [26] R. A. Elveru, J. M. Rothstein, R. L. Lamb, "Goniometric reliability in a clinical setting Subtalar and ankle joint measurements," *Phys Ther*. Vol. 68, No. 5, pp. 672-677, May 1998. DOI: 10.1093/ptj/68.5.672.
- [27] A. M. Moseley, J. Crosbie, & R. Adams, "High-and low-ankle flexibility and motor task performance. *Gait & posture*," Vol. 18, No. 2, pp. 73-80, October 2003. DOI: 10.1016/S0966-6362(02)00196-0.
- [28] A. Reid, T. B. Birmingham, G. Alcock, "Efficacy of mobilization with movement for patients with limited dorsiflexion after ankle sprain: a crossover trial," *Physiother Can*. Vol. 59, No. 3, pp. 166-72, August 2007 DOI: 103138/ptc.59.3.166.
- [29] L. J. Backman, P. Danielson, "Low range of ankle dorsiflexion predisposes for patellar tendinopathy in junior elite basketball players: a 1-year prospective stud," *Am J Sports Med*. Vol. 39, No. 12, pp. 2626-2633 September 2011. DOI: 10.1177/0363546511420552.
- [30] M. W. Cornwall, and T. G. McPOIL, "Effect of ankle dorsiflexion range of motion on rearfoot motion during walking," *Journal of the American Podiatric Medical Association*, Vol. 89, No. 6, pp. 272-277, Jun 1999. DOI : 10.7547/87507315-89-6-272.
- [31] M. C. Hoch, G. S. Staton, J. M. M. McKeon, C. G. Mattacola, and P. O. McKeon, "Dorsi flexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability," *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 15, No. 6, pp. 574-579, November 2012. DOI : 10.1016/j.jsams.2012.02.009.
- [32] P. J. Plisky, M. J. Rauh, M. J., T. W. Kaminski, & F. B. Underwood, "Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players," *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*. Vol. 36, No. 12, pp. 911-919. December 2006. DOI: 10.2519/jospt.2006.2244.
- [33] L. Peterson, A. Junge, J. Chomiak, T. Graf-Baumann, & J. Dvorak, "Incidence of football injuries and complaints in different age groups and skill-level groups," *The American journal of sports medicine*. Vol. 28, No. 5, pp. 51-57, September 2000. DOI: 10.1177/28.suppl_5.s-51.
- [34] E. Delahunt, & A. Remus, "Risk factors for lateral ankle sprains and chronic ankle instability," *Journal of athletic training*. Vol. 54, No. 6, PP. 611-616, June 2019. DOI: 10.4085/1062-6050-44-18.
- [35] R. D. Hawkins, & C. W. Fuller, "A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs," *British journal of sports medicine*. Vol. 33, No. 3, pp. 196-203, June 1999. DOI: 10.1136/bjism.33.3.196.
- [36] C. D. Davlin, "Dynamic balance in high level athletes. Perceptual and motor skills," Vol. 98, No. 3, pp. 1171-1176, June 2004. DOI: 10.2466/pms.98.3c.1171-1176.
- [37] N. Kanekar, & A. S. Aruin, "Aging and balance control in response to external perturbations: role of anticipatory and compensatory postural mechanisms," Vol. 36, No. 3, pp. 1067-1077. June 2014. DOI: 10.1007/s11357-014-9621-8.
- [38] R. Hammami, A. Chaouachi, I. Makhlof, U. Granacher, & D. G. Behm, "Associations between balance and muscle strength, power performance in male youth athletes of different maturity status," *Pediatric Exercise Science*. Vol. 28, No. 4, pp. 521-534. August 2016. DOI: 10.1123/pes.2015-0231.
- [39] C. Phuaklikhit, & T. Junsri, "The correlation of centre of mass evaluation utilising accelerometry-based measurement and the clinical dynamic balance test in professional football athletes with chronic ankle instability," *Heliyon*. Vol. 9, No. 6, pp. 1-8, June 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17318.
- [40] T. J. Hubbard, L. C. Kramer, C. R. Denegar, & J. Hertel, "Correlations among multiple measures of functional and mechanical instability in subjects with chronic ankle instability,"

- Journal of athletic training. Vol. 42, No. 3, pp. 361-366. July 2007. DOI: PMC1978473.
- [41] R. Robinson, & P. Gribble, "Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test," Journal of sport rehabilitation. Vol. 17, No. 4, pp. 347-357. November 2008. DOI: 10.1123/jsr.17.4.347.
- [42] J. Hertel, R. A. Braham, S. A. Hale, & L. C. Olmsted-Kramer, "Simplifying the star excursion balance test: analyses of subjects with and without chronic ankle instability," Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. Vol. 36, No. 3, pp. 131-137, March 2006. DOI: 10.2519/jospt.2006.36.3.131.
- [43] J. E. Bullock-Saxton, V. Janda, & M. I. Bullock, "The influence of ankle sprain injury on muscle activation during hip extension," International journal of sports medicine. Vol. 15, No. 6, pp. 330-334, August 1994. DOI: 10.1055/s-2007-1021069.
- [44] P. A. Gribble, J. Hertel, & C. R. Denegar, "Chronic ankle instability and fatigue create proximal joint alterations during performance of the Star Excursion Balance Test," International journal of sports medicine. Vol. 28, No. 3, pp. 236-242, May 2006. DOI: 10.1055/s-2006-924289.
- [45] B. L. Zeller, J. L. McCrory, W. Ben Kibler, & T.L. Uhl, "Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat," The American journal of sports medicine. Vol. 31, No. 3, pp. 449-456, May 2003. DOI: 10.1177/03635465030310032101.
- [46] P. A. Gribble, J. Hertel, & P. Plisky, "Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review," Journal of athletic training. Vol. 47, No. 3, pp. 339-357, May 2012. DOI:10.4085/1062-6050-47.3.08.
- [47] W. H. Choi, B. G. Kim, S. K. Lim, "Relationship between Y Balance Test and mobility of lower extremity in college baseball players," The Korea Journal of Sports Science. Vol. 30, No. 5, pp. 1187-1197, September 2021. DOI: 10.35159/kjss.2021.10.30.5.1187.
- [48] S. A. Horan, S. L. Watson, C. P. Carty, M. Sartori & B. K. Weeks, "Lower-limb kinematics of single-leg squat performance in young adults," Physiotherapy Canada. Vol. 66, No. 3, pp. 228-233, January 2014. DOI: 10.3138/ptc.2013-09.
- [49] M. H. Kang, G. M. Kim, O. Y. Kwon, J. H. Weon, J. S. Oh, D. H. An, "Relationship between the kinematics of the trunk and lower extremity and performance on the Ybalancetest," PM & R. Vol. 7, No. 11, pp. 1152-1158. MAY 2015. DOI: 10.1016/j.pmrj.2015.05.004.
- [50] S. de la Motte, B. L. Arnold, S. E. Ross, "Trunk-rotation differences at maximal reach of the star excursion balance test in participants with chronic ankle instability," J. Athl. Train. Vol. 50, No. 4, pp.358-365, April 2015. DOI: 10.4085/1062-6050-49.3.74.
- [51] J.E. Earl, J. Hertel, "Lower-extremity muscle activation during the star excursion balance tests," J. Sport Rehabil. Vol. 10, No. 2, pp. 93-104. October 2001. DOI: 10.1123/jsr.10.2.93.
- [52] C.C. Norkin, & D.J. White, "Measurement of joint motion: a guide to goniometry," FA Davis. 2016.2005. DOI: 10.1109/TPDS.2005.38

Authors



Gyu-Ho Choi, Ph.D Course, Department of Physical Education, Dankook University Graduate School. I currently work as an exercise therapist in an orthopedic department and my job is an athletic trainer.

My areas of interest are sports medicine, sports injury, exercise prescription, and sports performance improvement.



Jin-Wook Lee received B.S. degree in Korea University. in 1999. He received his M.S. degree in sports medicine Ph.D. degree in physical education from the University of Dankook in 2010 and 2017, respectively.

Dr. Lee is a Assistant Professor at the Dept. of Exercise Prescription & rehabilitation, Dankook University, Korea. His research interests in sports medicine, exercise prescription, sports rehabilitation, exercise physiology.