

Original Article

The Effects of Injury Experience in Lower Extremities on Joint Range of Motion, Muscle Extensibility, and Dynamic Stability in Elite Volleyball Players

Taegyu Kim¹, Eunkuk Kim², Du Ruofei³ and Hokyung Choi^{4*}

¹Pukyong National University

²SRG Hospital,

³Zhengzhou University

⁴Korea Institute of Sport Science

Article Info

Received 2023. 08. 23.

Revised 2023. 09. 22.

Accepted 2023. 10. 18.

Correspondence*

Hokyung Choi

hkchoi@kspo.or.kr

Key Words

Volleyball, Injury, Dorsiflexion, Extensibility, Dynamic stability

PURPOSE This study investigates the impact of injury experience on ankle dorsiflexion, quadriceps extensibility, and dynamic stability in elite adolescent and adult volleyball players. **METHODS** A total of 485 players (adolescents=337, adults=115) reported lower extremities injuries, with measurements taken for ankle dorsiflexion and quadriceps extensibility using the weight-bearing lunge test and Ely's test, respectively. The Y-balance test was used for dynamic stability. Measurements were conducted on the injured leg of players with knee and/or ankle injuries and the dominant leg of healthy players. Four groups were classified based on injury experience, and comparisons were made between both legs. Additionally, the variables of adolescent players were compared to those of adults. **RESULTS** Adolescent players with knee injuries exhibited a larger difference in ankle dorsiflexion between both legs, while adult players with ankle injuries demonstrated an asymmetry of ankle dorsiflexion. Regardless of age, players with knee or ankle injuries displayed lower dynamic stability compared to healthy players. Notably, adults with knee injuries showed a larger difference in dynamic stability between both legs. **CONCLUSIONS** To prevent and rehabilitate volleyball-related injuries, comprehensive injury risk factors, including age, should be managed in the injury prevention strategies.

서론

배구는 축구 다음으로 세계에서 가장 인기 있는 스포츠 중 하나로, 상대선수의 움직임에 반응하여 빠르게 방향전환(change of direction)하거나 점프하는 동안 스파이크(spike) 또는 브로킹(blocking)을 실시해야 하는 등 매우 복잡한 움직임이 요구된다(Verhagen et al., 2004; Wasser et al., 2021). 이러한 종목의 특성으로 인해 배구선수들은 훈련이나 시합 중에 급성(acute) 부상을 경험하기도 하고 오랜 시간에 걸쳐 다양한 만성(chronic) 부상을 경

험하기도 한다(Wasser et al., 2021). 배구선수의 부상 관련 연구(Migliorini et al., 2019)에 따르면 1,000시간 훈련 또는 시합에 참여하는 동안 4.21건의 부상이 발생하는데, 하지(lower limb), 상지(upper limb), 체간(trunk), 머리(head) 순으로 부상이 발생한다고 설명하고 있다. 특히, 하지 부상은 발목관절과 무릎관절에서 흔히 발생하는데, 발목관절은 브로킹(blocking) 등 점프 후 착지하는 과정에서 상대팀 선수나 팀 동료선수의 발을 밟아 발생하는 급성 인대부상이 다른 종목에 비해 흔히 발생하고 무릎관절은 넵다리네갈레근(quadriceps) 힘줄 부착부위의 미세손상과 관련된 무릎힘줄건증(patellar tendinopathy, jumper's knee) 등이 흔히 발생한다(Migliorini et al., 2019). 또한, 발목관절의 급성 인대부상은 만성 불안정성(instability)으로 이어질 수 있는데, 이는 점프 후 착지 동작에서 무릎관절의 움직임을 제한하여 무릎관절의 부상위험도를 더

© 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.

욱 높이기도 한다(Migliorini et al., 2019; Theisen & Day, 2019). 부상의 최소화를 위해서는 부상 예방 전략이 훈련 단계에서부터 적용이 되어야 하며 효과적인 부상 예방 전략을 마련하기 위해서는 부상과 관련된 위험요인(risk factor)에 대한 탐색이 필요하다(Nilstad et al., 2014).

발목관절(ankle joint)은 서 있거나 걸을 때 또는 기타 활동에서 발생하는 체중과 관련된 힘을 흡수 또는 전달하거나 움직임의 추진력을 만들어 내는 등 신체(body)와 지면(supporting surface) 사이의 상호작용(interaction)에 있어 중요한 역할을 한다(Almansoof et al., 2023). 발목관절의 움직임, 특히 발등굽힘(dorsiflexion)은 스포츠 관련 기술에서 필수적인 요소로, 특히 능동적인 발등굽힘은 균형 및 시각-운동 협응(visuomotor coordination)과 관련된 뇌 영역의 활성화와 관련이 있는 것으로 보고된 바 있으며 코어의 심부근육과 넙다리내갈래근의 활성화도 관련이 있다고 보고되었다(Almansoof et al., 2023; Chon et al., 2010; Jiang et al., 2012). 발등굽힘(dorsiflexion)의 제한은 자세조절능력(postural control)을 저하시키거나(Burns et al., 2017), 신체에서 만들어 낸 운동에너지(kinetic energy)를 비효율적으로 전달시킬 뿐만 아니라(Shitara et al., 2021), 무릎관절 등 하지 부상의 예측인자로 활용되기도 한다(Burns et al., 2017). 또한, 이는 엉덩관절(hip joint)의 모음(adduction)과 안쪽돌림(internal rotation) 및 무릎관절의 벌림(abduction)으로 설명되는 무릎관절 바깥굽음(knee valgus) 각도의 증가와도 관련이 높는데(Hewett et al., 2005), 바깥굽음 각도의 증가는 무릎넙다리관절(patellofemoral joint) 통증과 앞십자인대(anterior cruciate ligament) 손상 등 하지의 부상으로 이어질 수 있다(da Costa et al., 2021). 더욱이, 양측의 발등굽힘 각도 차이는 시합 또는 훈련이 참가하지 못하는 심각한 수준의 손상을 유발할 수 있는 위험요인(risk factor)인 것으로 보고되었다(Teyhen et al., 2020). 따라서, 발목관절 발등굽힘의 관절가동범위를 확인하는 것은 하지 부상을 예방하거나 재발전략을 마련에 있어 중요한 요인이 될 수 있을 것이다(da Costa et al., 2021).

근육의 신장성(extensibility)은 근력, 지구력, 스피드, 협응성(coordination) 등과 함께 운동선수의 경기력(performance)에 영향을 미치는 요인으로 간주되는데, 실제 점프, 스프린트 등과 같은 스포츠 기술관련 체력이 우수한 선수의 하지근육 신장성이 그렇지 않은 선수에 비해 더 큰 경향을 보이는 것으로 확인되었다(Cejudo et al., 2020). 또한, 근육의 단축(tightness)과 이로 인한 관절가동범위 제한은 부상의 위험도를 높이는 것으로 설명되었는데(Cejudo et al., 2020), 특히 넙다리내갈래근의 신장성(extensibility) 감소는 무릎넙다리관절의 압박력(patellofemoral compression)을 증가시키거나 무릎힘줄건증(patellar tendinopathy)을 유발하는 주요인자로 알려져 있고(Mellinger & Neurohr, 2019), 청소년선수에게 발병률이 높은 무릎관절의 정강뼈거친면 뼈연골증(osgood-schlatter disease) 위험요인 중 하나인 것으로 보고되었다(Takei et al., 2023).

하지의 근력(strength)과 가동성(mobility) 및 균형능력(balance)이 요구되는 하지의 동적안정성(dynamic stability)을 평가함으로써 선수 개인의 잠재적인 부상위험도를 확인하거나 부상 후 스포츠 현장 복귀 시점을 판단할 수 있다(Brumitt et al., 2019; Luedke et al., 2020). 이러한 하지의 동적안정성을 평가하기 위해 한발로 균형을 잡은 상태에서 나머지 한발을 세 방향으로 뻗어 그 거리를 측정

하는 검사인 Y-균형검사(Y balance test in lower quarter, YBT-LQ)가 흔히 사용되는데, Y-균형검사를 통해 부상이 없는 선수의 기준 자료(normative data)와 비교하여 결함(deficits) 여부를 확인하거나 양측의 비대칭성(asymmetry)을 확인한다(Brumitt et al., 2019). 축구와 크로스컨트리 종목의 대학선수를 대상으로 Y-균형검사를 실시한 연구에서 앞으로 뻗는 거리의 양측차이가 4cm 이상인 선수의 비접촉성 부상(non-contact injury) 발생률이 그렇지 않은 선수보다 높은 것으로 나타났고(Smith et al., 2015), Y-균형검사의 종합점수(composite score)가 89.6% 이하인 선수가 그렇지 않은 선수에 비해 시즌 동안 비접촉성 하지부상을 경험할 확률이 높다고 설명하였다(Butler et al., 2013).

비접촉성 전방십자인대 부상 등과 같이 스포츠 참여로 인해 발생하는 하지부상은 연령이 낮을수록 발생률이 높으나(Chia et al., 2022), 관절가동범위는 연령이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이는 반면(Malina et al., 2004) 양하지의 동적안정성, 특히 앞으로 뻗는 거리의 차이는 청소년이 성인보다 더 큰 것으로 보고(Boyle et al., 2016) 되었으므로 연령에 따른 하지부상 위험요인의 차이를 확인할 필요가 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 하지 부상이 흔히 발생하는 엘리트 배구선수를 대상으로 하지 부상의 위험요인으로 알려진 발목관절 발등굽힘과 넙다리내갈래근의 신장성 및 하지의 동적안정성이 청소년선수와 성인선수의 무릎관절 부상 및 발목관절 부상과 어떠한 연관성이 있는지 확인함으로써 배구선수의 하지 부상 예방을 위한 효과적인 전략 마련에 유용한 정보를 제공하고자 한다.

연구 방법

연구절차

본 연구는 단면연구 설계(cross-sectional design)로, 먼저 잘 훈련된 조사자가 개별면담을 통해 연구대상자의 성별, 나이, 운동경력, 신체부위별 부상 경험여부 등에 대한 정보를 수집한 후 신장, 체중, 체지방률을 측정하였고, 발목관절의 발등굽힘과 넙다리내갈래근의 신장성 및 하지 동적안정성을 각각 확인하였다. 발목관절과 무릎관절 부상을 경험한 선수의 손상측 하지(injured leg)와 부상을 경험하지 않은 선수의 우세측 하지(dominant leg)에 대해 측정값을 비교분석하였고, 부상 유무에 따라 양하지의 차이값 또한 확인하였다.

연구대상

본 연구는 한국배구연맹과 대한배구협회에 등록된 엘리트 배구선수 473명을 대상으로 실시하였다. 수집된 정보를 기반으로 하여 무릎관절 부상을 경험한 선수(injured knee)와 발목관절 부상을 경험한 선수(injured ankle), 무릎관절과 발목관절 부상을 모두 경험한 선수(both injured) 및 부상을 경험하지 않은 선수(non-injured)로 분류하였고(Table 1), 무릎관절과 발목관절 부상이 서로 반대측(opposite side)에서 발생한 선수(2명)와 무릎관절 또는 발목관절을 수술하였거나 허리 등의 부위에 부상이 있는 선수(19명) 자료는 제외하여 최종적으로 452명(청소년선수 337명, 성인선수 115명) 선수의 자료

Table 1. Characteristic subjects

		(n, %; Mean $\pm$ SD)						
Group		Sex		Age (yrs.)	Career (yrs.)	Height (cm)	Weight (kg)	Body Fat (%BW)
		M	F					
Adolescent (n=337)	Injured Knee (n=95)	50 (52.6)	45 (47.4)	15.49 $\pm$ 1.59	5.08 $\pm$ 2.03	176.72 $\pm$ 9.21	67.34 $\pm$ 9.98	16.92 $\pm$ 5.67
	Injured Ankle (n=91)	40 (44.0)	51 (56.0)	15.03 $\pm$ 1.89	4.61 $\pm$ 2.23	174.21 $\pm$ 10.12	64.44 $\pm$ 10.28	18.14 $\pm$ 7.23
	Non-Injured (n=105)	56 (53.3)	49 (46.7)	15.28 $\pm$ 2.11	4.73 $\pm$ 2.28	175.72 $\pm$ 9.60	66.28 $\pm$ 11.21	16.96 $\pm$ 5.95
	Both injured (n=46)	18 (39.1)	28 (60.9)	15.46 $\pm$ 1.72	5.35 $\pm$ 1.95	175.13 $\pm$ 9.71	66.46 $\pm$ 10.97	18.06 $\pm$ 6.03
Adult (n=115)	Injured Knee (n=36)	19 (52.8)	17 (47.2)	26.19 $\pm$ 4.61	14.83 $\pm$ 4.05	184.93 $\pm$ 9.47	77.11 $\pm$ 12.14	16.76 $\pm$ 6.70
	Injured Ankle (n=36)	17 (47.2)	19 (52.8)	24.67 $\pm$ 4.41	13.33 $\pm$ 4.41	184.86 $\pm$ 8.81	77.21 $\pm$ 10.89	17.77 $\pm$ 5.62
	Non-Injured (n=28)	14 (50.0)	14 (50.0)	24.89 $\pm$ 5.78	14.36 $\pm$ 5.43	183.86 $\pm$ 10.82	74.89 $\pm$ 11.50	17.46 $\pm$ 6.26
	Both injured (n=15)	10 (66.7)	5 (33.3)	28.10 $\pm$ 4.60	16.47 $\pm$ 5.15	187.47 $\pm$ 9.34	80.80 $\pm$ 11.08	15.93 $\pm$ 6.64

를 분석에 활용하였다. 본 연구에서는 부상을 배구와 관련된 훈련 또는 시합 중에 발생하고 통증(pain)과 기능장애(dysfunction)을 호소하며 의료진의 관심이 필요한 부상으로 정의하였다(Kim et al., 2018). 모든 선수는 본 연구의 절차와 목적에 대해 상세한 설명을 들은 후 자발적으로 동의한 선수를 대상으로 선수 본인 또는 법정대리인의 서명을 받은 후 진행하였으며, 모든 연구절차는 P대학교 기관생명윤리위원회로부터 승인을 받았다.

발목관절의 발등굽힘(dorsiflexion) 검사

발목관절의 발등굽힘(dorsiflexion) 각도를 확인하기 위해 런지 검사(weight-bearing lunge test)를 실시하였다(Smith et al., 2019). 검사자는 피험자에게 측정하고자 하는 발을 앞쪽에 두고 발뒤꿈치를 지면에 붙인 상태에서 발의 긴축(long axis)과 일직선으로 무릎관절이 앞으로 최대한 이동하도록 교육하였고, 가장 긴 발가락 끝과 무릎의 수평 돌출부(horizontal projection) 사이의 거리(단위: cm)를 측정하였다(Smith et al., 2019). 모든 피험자에게 3회 연습할 기회를 부여하였고, 연습이 종료된 후 1회 측정에 대한 값을 분석에 활용하였다. 런지 검사(weight-bearing lunge test)는 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability)가 좋은(good) 수준(ICC=0.65-0.99)이고, 검사자 내 신뢰도(intrarater reliability) 또한 우수(excellent)한 수준(ICC=0.96)인 것으로 보고되었다(Powden et al., 2015; Smith et al., 2019).

넙다리네갈래근(quadriceps femoris)의 신장성(extensibility) 검사

넙다리네갈래근의 신장성을 확인하기 위해 2명의 검사자에 의해 엘리스 검사(Ely's test)를 실시하였다(Bates et al., 2023). 한 명의 검

사자가 피험자에게 검사대 위에 엎드린 자세를 취한 후 엉덩관절(hip joint)을 중립자세(neutral position)를 유지한 상태에서 최대한 무릎관절을 굽힘하도록 교육하였고, 나머지 한 명의 검사자는 각도계(goniometer)를 사용하여 가쪽관절융기(lateral condyle)에서 큰돌기(great trochanter)와 가쪽복사뼈(lateral malleolus)를 잇는 가상선의 사잇각을 측정하였다(Bates et al., 2023). 엘리스 검사(Ely's test)는 검사자 간 신뢰도와 검사자 내 신뢰도 모두 좋은(good) 수준(각각 ICC=0.69와 ICC=0.66)인 것으로 보고되었다(Peeler & Anderson, 2008).

하지의 동적안정성(dynamic stability)

하지의 동적안정성(dynamic stability)을 확인하기 위해 Y-균형검사 키트(Move2Perform, Evansville, IN, USA)를 사용하여 하지 Y-균형검사(YBT-LQ)를 실시하였다. 검사 전, 피험자의 다리길이(leg length, LL)를 측정하기 위해 검사자는 피험자에게 편안하게 선 자세에서 정면을 응시하도록 지시하였고 측정하고자 하는 측에 대해 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)의 가장 아래부분(inferior tip)에서 안쪽복사뼈(medial malleolus)의 끝부분(distal end)까지를 측정(단위: cm)하였다(Lai et al., 2017). 이후 피험자는 측정하고자 하는 측의 엄지발가락이 검사키트 박스의 빨간색 선보다 뒤쪽에 위치할 수 있도록 하여 한발서기를 실시하였고, 이 자세를 유지하면서 반대편 발을 앞쪽(anterior, A), 뒤안쪽(posteromedial, PM) 및 뒤편쪽(posterolateral, PL) 방향으로 최대한 뻗도록 하여 도달 거리를 측정(단위:cm)하였다(Lai et al., 2017). 2회 연습 이후에 3번을 측정하여 가장 큰 값을 분석에 활용하였고, 검사를 진행하는 동안 한 발 서기를 유지하지 못하여 반대측 발이 바닥에 닿거나 동작을 실시한 이후 시작 자세로 되돌아오지 못하는 경우에는 실패로 간주하였다. 각 방향으로 뻗은 거리를 피험자 본인의 다리길이에

Table 2. Differences of ankle dorsiflexion according to injury experience

		(Mean±SD)		
		Adolescent	Adult	<i>t</i> (<i>p</i>)
Ankle (unit:cm)	Injured Knee ^a	11.40 ±3.64	12.97 ±2.89	-2.323 (.022)
	Injured Ankle ^b	11.16 ±3.31	10.58 ±3.93	0.839 (.403)
	Non-Injured ^c	11.15 ±3.48	11.93 ±3.67	-1.041 (.300)
	Both injured ^d	10.82 ±3.66	12.80 ±2.40	-1.959 (.055)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	0.294 (.830)	3.350 (.022)	
	<i>Post hoc</i>	-	a,d>b	
Diff (unit:cm)	Injured Knee ^a	1.64 ±1.75	1.68 ±1.68	-0.110 (.912)
	Injured Ankle ^b	1.39 ±1.71	2.71 ±2.44	-2.962 (.005)
	Non-Injured ^c	1.07 ±0.97	1.52 ±1.40	-1.604 (.118)
	Both injured ^d	1.62 ±1.64	2.23 ±1.90	-1.324 (.191)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	2.786 (.041)	2.780 (.044)	
	<i>Post hoc</i>	a,d>c	b>a,c	

대해 표준화(단위: %LL)하였고, 표준화한 세 방향의 거리에 대한 평균값인 종합점수(composite score)도 산출하였다.

자료분석

수집된 모든 자료는 SPSS ver. 25.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 우선, 각 집단의 모든 측정값에 대해 정규성 검정을 실시하였고, 그 결과 모든 측정값이 정규성 가정을 만족하여 모수검정 방법을 사용하였다. 청소년선수와 성인선수에게 대해 4개의 집단에 따른 발목관절의 발등굽힘 각도와 넙다리네갈래근 신장성 및 하지의 동적안정성 차이를 확인하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, LSD 검증을 통해 사후검증을 실시하였다. 집단별 청소년선수와 성인선수의 측정변인 차이를 확인하기 위해 독립 t-검정(independent t-test)을 실시하였으며, 모든 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구결과

청소년선수와 성인선수의 집단별 발목관절의 발등굽힘 차이

청소년선수와 성인선수의 집단에 따른 발목관절의 발등굽힘 차이를 비교분석한 결과(Table 2), 청소년선수의 경우 네 집단간 발목

Table 3. Differences of quadriceps extensibility according to injury experience

		(Mean±SD)		
		Adolescent	Adult	<i>t</i> (<i>p</i>)
Knee Flexion (unit:°)	Injured Knee ^a	127.82 ±9.96	129.00 ±8.73	-0.625 (.533)
	Injured Ankle ^b	127.62 ±7.88	129.19 ±9.34	-0.958 (.340)
	Non-Injured ^c	128.23 ±9.29	131.61 ±8.56	-1.737 (.085)
	Both injured ^d	129.94 ±10.44	130.67 ±9.85	-0.239 (.812)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	0.702 (.552)	0.562 (.641)	
	<i>Post hoc</i>	-	-	
Diff (unit:°)	Injured Knee ^a	4.16 ±3.99	4.33 ±3.23	-0.236 (.814)
	Injured Ankle ^b	4.66 ±4.05	4.03 ±3.46	0.819 (.415)
	Non-Injured ^c	4.17 ±3.77	4.89 ±3.71	-0.903 (.368)
	Both injured ^d	5.41 ±4.70	6.20 ±4.68	-0.564 (.575)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	1.277 (.282)	1.395 (.248)	
	<i>Post hoc</i>	-	-	

관절의 발등굽힘 차이는 보이지 않았으나($F=0.294$, $p=.830$), 양측 차이는 무릎관절 부상집단(1.64 ± 1.75 cm)과 무릎발목관절 부상집단(1.62 ± 1.64 cm)이 부상없는 집단(1.07 ± 0.97 cm)보다 큰 것으로 확인되었다($F=2.786$, $p=.041$). 성인선수의 경우 무릎관절 부상집단(12.97 ± 2.89 cm)과 무릎발목관절 부상집단(12.80 ± 2.40 cm)의 발목관절 발등굽힘이 발목관절 부상집단(10.58 ± 3.93 cm)보다 큰 것으로 확인되었고($F=3.350$, $p=.022$), 양측차이는 발목관절 부상집단(1.52 ± 1.40 cm)이 무릎관절 부상집단(1.68 ± 1.68 cm)과 부상없는 집단(1.52 ± 1.40 cm)보다 큰 것으로 확인되었다($F=2.780$, $p=.044$).

특히, 무릎관절 부상집단에서는 성인선수(12.97 ± 2.89 cm)의 발목관절 발등굽힘이 청소년선수(11.40 ± 3.64 cm)보다 큰 것으로 확인되었고($t=-2.323$, $p=.022$), 발목관절 부상집단에서는 성인선수의 양측차이(2.71 ± 2.44 cm)가 청소년선수(1.39 ± 1.71 cm)보다 큰 것으로 확인되었다($t=-2.962$, $p=.005$).

청소년선수와 성인선수의 집단별 넙다리네갈래근 신장성 차이

청소년선수와 성인선수의 집단에 따른 넙다리네갈래근 신장성 차이를 비교분석한 결과(Table 3), 청소년선수와 성인선수 모두 네 집단간 차이를 보이지 않았고(각각 $F=0.702$, $p=.552$ 와 $F=0.562$, $p=.641$), 양측차이 또한 집단간 차이를 보이지 않았다(각각 $F=1.277$, $p=.282$ 와 $F=1.395$, $p=.248$). 각 집단에서도 청소년선수

Table 4. Differences of composite score in Y-balance test according to injury experience

(Mean±SD)				
Variables	Adolescent	Adult	<i>t</i> (<i>p</i>)	
YBT (unit:%LL)	Injured Knee ^a	89.71 ±10.76	77.80 ±7.40	6.109 (.001)
	Injured Ankle ^b	88.15 ±12.00	78.34 ±7.16	5.603 (.001)
	Non -Injured ^c	93.65 ±11.51	82.65 ±8.22	4.741 (.001)
	Both injured ^d	89.11 ±9.91	82.34 ±6.33	2.480 (.016)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	4.455 (.004)	3.287 (.023)	
	<i>Post hoc</i>	c>a,b,d	c,d>a, c>b	
Diff (unit:%LL)	Injured Knee ^a	3.33 ±3.14	4.81 ±3.70	-2.302 (.023)
	Injured Ankle ^b	3.83 ±4.06	3.95 ±3.05	-0.152 (.879)
	Non -Injured ^c	4.18 ±3.49	2.55 ±2.05	3.159 (.002)
	Both injured ^d	4.05 ±4.14	2.62 ±1.81	1.296 (.200)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	0.982 (.402)	3.889 (.011)	
	<i>Post hoc</i>	-	a>c,d	

LL: leg length

와 성인선수의 넓다리네갈래근 신장성 차이는 보이지 않았고, 양측 차이 또한 청소년선수와 성인선수 간 차이를 보이지 않았다.

청소년선수와 성인선수의 집단별 하지 동적안정성 차이

청소년선수와 성인선수의 집단에 따른 하지 동적안정성 차이를 비교분석한 결과(Table 4~7), 종합점수에서 는 청소년선수 중 부상을 경험한 세 집단이 부상없는 집단($93.65 \pm 11.51\%$ LL)보다 낮은 것으로 확인되었으나($F=4.455$, $p=.001$), 양측차이는 집단간 차이를 보이지 않았다($F=0.982$, $p=.402$). 성인선수 중 무릎관절 부상 집단($77.80 \pm 7.40\%$ LL)과 발목관절 부상집단($78.34 \pm 7.16\%$ LL)이 부상없는 집단($82.65 \pm 8.22\%$ LL)보다 낮은 것으로 확인되었고($F=3.287$, $p=.023$), 양측차이는 무릎관절 부상집단($4.81 \pm 3.70\%$ LL)이 부상없는 집단($2.55 \pm 7.40\%$ LL)과 무릎발목관절 부상집단($2.62 \pm 1.81\%$ LL)보다 큰 것으로 확인되었다($F=3.889$, $p=.011$). 또한 집단에 관계없이 청소년선수의 종합점수가 성인선수보다 높은 것으로 확인되었으나, 부상없는 집단의 양측차이는 성인선수($2.55 \pm 2.05\%$ LL)보다 청소년선수($4.18 \pm 3.49\%$ LL)가 큰 것으로 확인된 반면($t=3.159$, $p=.002$), 무릎관절 부상집단의 양측차이는 성인선수($4.81 \pm 3.70\%$ LL)가 청소년선수($3.33 \pm 3.14\%$ LL)보다 큰 것으로 확인되었다($t=3.159$, $p=.002$).

하지 동적안정성 중 앞쪽편음(YBT-A)에서는 청소년선수 중 무릎

Table 5. Differences of anterior reach in Y-balance test according to injury experience

(Mean±SD)				
Variables	Adolescent	Adult	<i>t</i> (<i>p</i>)	
YBT (unit:%LL)	Injured Knee ^a	60.91 ±10.03	52.94 ±6.59	4.408 (.001)
	Injured Ankle ^b	62.28 ±12.21	52.20 ±6.78	5.857 (.001)
	Non -Injured ^c	65.31 ±13.50	55.64 ±7.41	3.641 (.001)
	Both injured ^d	59.93 ±8.90	55.80 ±6.12	1.670 (.100)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	3.375 (.019)	1.951 (.126)	
	<i>Post hoc</i>	c>a,d	-	
Diff (unit:%LL)	Injured Knee ^a	3.96 ±3.34	4.64 ±3.30	-1.045 (.298)
	Injured Ankle ^b	5.26 ±5.90	4.23 ±3.24	1.240 (.217)
	Non -Injured ^c	4.36 ±5.22	3.93 ±2.79	0.423 (.673)
	Both injured ^d	4.39 ±5.27	5.67 ±6.43	-0.771 (.444)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	1.100 (.349)	0.787 (.504)	
	<i>Post hoc</i>	-	-	

LL: leg length

관절 부상집단($60.91 \pm 10.03\%$ LL)과 무릎발목관절 부상집단($59.93 \pm 8.90\%$ LL)이 부상없는 집단($65.31 \pm 13.50\%$ LL)보다 낮은 것으로 확인되었으나($F=3.375$, $p=.019$), 양측 차이는 집단간 차이를 보이지 않았다($F=1.100$, $p=.349$). 성인선수의 앞쪽편음은 네 집단에 따른 차이를 보이지 않았고($F=1.951$, $p=.126$), 양측 차이도 집단간 차이를 보이지 않았다($F=0.787$, $p=.504$). 또한, 무릎발목관절 부상집단을 제외한 세 집단에서는 청소년선수의 앞쪽편음이 성인선수보다 큰 것으로 확인되었으나, 모든 집단에서의 양측차이는 성인선수와 청소년선수의 차이를 보이지 않았다.

하지 동적안정성 중 뒤안쪽편음(YBT-PM)에서는 청소년선수 중 발목관절 부상집단($102.38 \pm 19.52\%$ LL)이 부상없는 집단($110.64 \pm 16.75\%$ LL)보다 낮은 것으로 확인되었으나($F=3.817$, $p=.010$), 양측 차이는 집단간 차이를 보이지 않았다($F=1.847$, $p=.138$). 성인선수의 뒤안쪽편음은 네 집단에 따른 차이를 보이지 않았으나($F=1.576$, $p=.199$), 양측차이는 무릎관절 부상집단($6.44 \pm 5.90\%$ LL)이 부상없는 집단($3.32 \pm 2.36\%$ LL)보다 큰 것으로 확인되었다($F=2.934$, $p=.037$). 또한, 집단에 관계없이 청소년선수의 뒤안쪽편음이 성인선수보다 높은 것으로 확인되었으나, 부상없는 집단과 무릎발목관절 부상집단에서는 청소년선수의 양측차이(각각 $6.33 \pm 6.29\%$ LL과 $7.70 \pm 6.03\%$ LL)는 성인선수(각각 $3.32 \pm 2.36\%$ LL과 $4.33 \pm 2.99\%$ LL)보다 큰 것으로 확인되었다(각각 $t=3.971$, $p=.001$ 과 $t=2.856$, $p=.037$).

Table 6. Differences of posteromedial reach in Y-balance test according to injury experience

				(Mean±SD)
Variables		Adolescent	Adult	<i>t</i> (<i>p</i>)
YBT (unit:%LL)	Injured Knee ^a	106.87 ±15.90	94.47 ±10.43	5.203 (.001)
	Injured Ankle ^b	102.38 ±19.52	96.31 ±7.77	2.484 (.014)
	Non -Injured ^c	110.64 ±16.75	99.46 ±10.78	4.279 (.001)
	Both injured ^d	106.76 ±14.15	98.07 ±8.08	2.255 (.028)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	3.817 (.010)	1.576 (.199)	
	<i>Post hoc</i>	c>b	-	
Diff (unit:%LL)	Injured Knee ^a	5.55 ±4.82	6.44 ±5.90	-0.936 (.351)
	Injured Ankle ^b	7.20 ±6.68	5.06 ±4.93	1.723 (.087)
	Non -Injured ^c	6.33 ±6.29	3.32 ±2.36	3.971 (.001)
	Both injured ^d	7.70 ±6.03	4.33 ±2.99	2.856 (.006)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	1.847 (.138)	2.934 (.037)	
	<i>Post hoc</i>	-	a>c	

LL: leg length

하지 동적안정성 중 뒤가쪽뻗음(YBT-PL)은 청소년선수에서 집단간 차이를 보이지 않았고($F=1.737$, $p=.159$), 양측 차이 또한 집단간 차이를 보이지 않았다($F=2.260$, $p=.081$). 성인선수의 뒤가쪽뻗음은 무릎관절 부상집단($85.83 \pm 9.88\%$ LL)과 발목관절 부상집단($86.40 \pm 10.56\%$ LL)이 부상없는 집단($92.89 \pm 8.96\%$ LL)과 무릎발목관절 부상집단($93.00 \pm 8.46\%$ LL) 보다 작은 것으로 확인되었고($F=40432$, $p=.006$), 양측 차이는 무릎관절 부상집단($7.44 \pm 5.64\%$ LL)이 부상없는 집단($4.32 \pm 2.84\%$ LL)과 무릎발목관절 부상집단($3.53 \pm 2.20\%$ LL)보다 큰 것으로 확인되었다($F=3.208$, $p=.026$). 또한, 무릎발목관절 부상집단을 제외하고 세 집단에서는 청소년선수의 뒤안쪽뻗음이 성인선수보다 높은 것으로 확인되었으나, 무릎관절 부상집단의 양측차이는 성인선수($7.44 \pm 5.64\%$ LL)가 청소년선수($5.06 \pm 5.06\%$ LL)보다 큰 반면($t=-2.328$, $p=.021$), 부상없는 집단과 무릎발목관절 부상집단에서는 청소년선수(각각 $7.27 \pm 6.59\%$ LL와 $6.00 \pm 5.28\%$ LL)가 성인선수(각각 $4.32 \pm 2.84\%$ LL와 $3.53 \pm 2.20\%$ LL)보다 큰 것으로 확인되었다(각각 $t=3.514$, $p=.001$ 와 $t=2.560$, $p=.013$).

Table 7. Differences of posterolateral reach in Y-balance test according to injury experience

				(Mean±SD)
Variables		Adolescent	Adult	<i>t</i> (<i>p</i>)
YBT (unit:%LL)	Injured Knee ^a	101.38 ±16.86	85.83 ±9.88	6.509 (.001)
	Injured Ankle ^b	99.73 ±18.52	86.40 ±10.56	5.040 (.001)
	Non -Injured ^c	104.96 ±16.49	92.89 ±8.69	3.730 (.001)
	Both injured ^d	100.61 ±15.32	93.00 ±8.86	1.821 (.074)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	1.737 (.159)	4.432 (.006)	
	<i>Post hoc</i>	-	c,d>a,b	
Diff (unit:%LL)	Injured Knee ^a	5.06 ±5.06	7.44 ±5.64	-2.328 (.021)
	Injured Ankle ^b	6.21 ±6.50	6.06 ±6.22	0.120 (.904)
	Non -Injured ^c	7.27 ±6.59	4.32 ±2.84	3.514 (.001)
	Both injured ^d	6.00 ±5.28	3.53 ±2.20	2.560 (.013)
	<i>F</i> (<i>p</i>)	2.260 (.081)	3.208 (.026)	
	<i>Post hoc</i>	-	a>c,d	

LL: leg length

논의

본 연구는 엘리트 배구선수를 대상으로 무릎관절 및 발목관절 부상에 따른 발목관절 가동범위와 넙다리네갈래근의 신장성 및 동적안정성의 차이를 확인하고자 하였다. 그 결과, 청소년선수의 경우 무릎관절 부상을 경험한 선수의 발목관절 가동범위 비대칭성이 큰 반면, 성인선수는 발목관절 부상을 경험한 선수의 발목관절 가동범위 비대칭성이 차이가 큰 것으로 확인되었다. 또한, 연령에 관계없이 무릎관절 또는 발목관절 부상을 경험한 선수는 그렇지 않은 선수에 비해 동적안정성이 낮은 것으로 확인되었고, 특히 무릎관절 부상을 경험한 성인선수는 동적안정성의 비대칭성이 큰 것으로 나타났다.

발목관절의 발등굽힘(dorsiflexion) 각도가 클수록 점프 후 착지 동작에서 무릎관절의 굽힘을 더 증가하게 되는데, 이는 지면반발력(ground reaction force)을 상쇄시켜 앞집사인대나 무릎힘줄 등의 하지 연부조직 손상 위험을 낮추게 한다(Almansoor et al., 2023). 발목관절의 발등굽힘이 10° 이하가 되면 보행하는 동안 동측 골반의 회전 각도가 작아지는 등 하지와 골반의 움직임(kinematics)이 부정적으로 변형된다고 보고되었고(Aquino et al., 2022), 양측의 발등굽힘 각도 차이가 6.5° 이상인 사람이 그렇지 않은 사람에 비해 근골격계 부상(musculoskeletal injuries) 발생률이 4-5배 높은 것으로 확인되었다(Teyhen et al., 2020). 본 연구에서도 발목관절 부상을 경험한 성인 배구선수의 발등굽힘 비대칭성이 가장 큰

것(2.71cm)으로 확인된 반면, 청소년 배구선수는 무릎관절 부상을 경험(1.64cm)하였거나 무릎관절과 발목관절 모두 부상을 경험(1.62cm)하였을 때 발등굽힘의 비대칭성이 더 큰 것으로 확인되었다. 성장이 빠르게 진행되는 청소년기에는 근-힘줄의 유연성이 상대적으로 감소되는데(Patel & Baker, 2006), 이는 부상과도 관련성이 높으므로 청소년 배구선수의 무릎관절 부상을 예방하는 데에 발목관절의 발등굽힘 각도 증가와 양측의 비대칭성 감소도 고려되어야 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

건강한 20-30대 성인을 대상으로 발목관절의 발등굽힘 각도를 확인하기 위해 런지 검사(weight-bearing lunge test)를 실시한 결과 여성은 12.1-13.9cm이었고 남성은 13.6-14.9cm인 것으로 확인되어(Gohil & Tilaye, 2022), 본 연구에서 부상을 경험하지 않은 성인선수(11.93cm)가 건강한 비운동선수보다 발목관절 발등굽힘이 덜 되는 것으로 나타났다. 또한, 평균 연령 15.6세인 건강한 여자 배구선수를 대상으로 실시한 연구에서도 런지 검사 결과가 13.4cm인 것으로 확인되어(Langarika-Rocafor et al., 2017), 본 연구에서 부상을 경험하지 않은 청소년선수(11.15cm)도 선행연구의 결과에 비해 발등굽힘이 덜 되는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 성별에 따라 관절가동범위의 차이가 있는 것과 관련이 있을 것으로 생각된다(Gohil & Tilaye, 2022). 즉, 여성은 에스트로겐 수치가 더 높아 수분 보유력이 높고 지방조직 비율이 높으며 상대적으로 근육량이 낮아 해부학적으로 더 넓은 범위의 관절가동범위를 갖고 있는데(Gohil & Tilaye, 2022), 선행연구와는 달리 본 연구에서는 성별을 고려하지 않고 가동범위를 확인하였으므로 선행연구의 결과와 차이가 있을 것으로 판단된다. 따라서, 성별에 따라 발목관절 발등굽힘의 차이를 확인한다면 더 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

하지 부상을 경험한 사람에게 근육의 단축(tightness)이 발견되기도 한다(Olivencia et al., 2020). 근육의 단축은 관절의 생체역학(articular biomechanics)을 변화시켜 근기능(muscular function)에 부정적인 영향을 미치게 되고 이는 다시 재부상으로 이어질 수 있다(Olivencia et al., 2020). 건강한 성인을 대상으로 넵다리네갈래근 신장성을 확인하기 위해 엘리스 검사(Ely's test)를 실시한 연구에서는 무릎관절 굽힘 각도가 평균 124°인 것으로 보고하였으나(Peeler & Anderson, 2008), 본 연구에서는 부상경험이 없는 청소년 및 성인선수의 무릎관절 굽힘 각도는 각각 128.23°와 131.61°로 확인되어 선행연구보다 약간 높은 수치를 보였을 뿐만 아니라 부상경험 여부에 따른 차이 또한 확인되지 않았다. 넵다리네갈래근의 신장성 감소는 무릎힘줄의 긴장(strain)을 증가시켜 무릎힘줄 건증(patellar tendinopathy)의 부상발생률을 증가시키는 것(Janssen et al., 2015)으로 보고된 바와 같이 넵다리네갈래근의 신장성은 특정 부상과 관련성이 높으므로 무릎관절에서 발생하는 부상을 세분화하여 넵다리네갈래근의 신장성을 비교분석한다면 의미 있는 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

하지 Y-균형검사(YBT-LQ)는 부상을 예측하거나 부상이 발생할 수 있는 가능성을 탐색하는 도구로 사용되고 있다(Luedke et al., 2020). 건강한 성인선수를 대상으로 하지 Y-균형검사를 실시한 연구(Stiffler et al., 2015)에서는 종합점수(composite score)가 82.1-91.8%LL인 것으로 확인되었고 앞쪽뻗음(YBT-A)은 61.6-69.4%LL, 뒀안쪽뻗음(YBT-PM)과 뒀가쪽뻗음(YBT-PL)은 각각 97.9-113.1%LL과 83.9-96.6%LL인 것으로 확인되었다. 본 연구

에서는 부상을 경험하지 않은 성인선수의 경우 앞쪽뻗음(55.4%LL)을 제외한 종합점수(82.65%LL)와 뒀안쪽뻗음(98.07%LL)과 뒀가쪽뻗음(93.00%LL)이 선행연구의 결과와 유사한 것으로 확인되었다. 반면, 건강한 성인여자 배구선수를 대상으로 실시한 연구(Brumitt et al., 2019)의 종합점수(95.0-101.6%LL)와 앞쪽뻗음(64.6-69.1%LL), 뒀안쪽뻗음(101.4-111.7%LL) 및 뒀가쪽뻗음(96.4-105.1%LL)보다 낮은 것으로 확인되었다. 이러한 차이는 성별에 따라 하지 Y-균형검사에 차이가 있다고 보고된 바(Gribble & Hertel, 2003)와 관련이 있을 것으로 생각된다. 추후 하지 Y-균형검사(YBT-LQ) 측정값을 비교하는 연구를 진행할 때에는 성별을 고려할 필요가 있을 것으로 생각된다.

남자 축구선수 중 발목관절의 인대손상을 경험한 선수는 동적안정성 검사 중 앞쪽뻗음이 적게 수행된다고 보고된 바 있고(Gribble et al., 2016), 발목관절 인대손상이 있는 남자 대학선수의 앞쪽뻗음은 54.4%LL 이하인 것으로 확인되었다(Hartley et al., 2018). 본 연구에서도 청소년 배구선수의 경우 무릎관절 및 발목관절 부상경험이 있는 선수(59.93%LL-60.91%LL)가 부상이 없는 선수(65.31%LL)보다 앞쪽뻗음이 감소되어 있음을 확인할 수 있었으나 성인 배구선수의 경우에는 부상여부에 따른 앞쪽뻗음의 차이를 보이지 않았다. 또한, 앞쪽뻗음의 양쪽 비대칭성(4cm 이상)이 있으면 하지 부상발생률이 2배 정도 높아진다고 보고되었던 반면(Smith et al., 2015), 남자 농구선수를 대상으로 하지 부상과 동적안정성을 확인한 연구에서는 앞쪽뻗음의 비대칭성과 하지 부상발생률의 연관성이 낮다고 설명하였다(Brumitt et al., 2018). 이렇듯 하지 부상과 앞쪽뻗음의 연관성에 대한 선행연구의 결과가 일치하지 않는 것은 하지부상과 관련하여 수집된 표본(sample)의 특성 차이와 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉, 본 연구를 포함한 일부 선행연구(Gribble et al., 2016; Hartley et al., 2018)에서는 이전에 경험한 부상에 대한 정보를 기반으로 동적안정성 검사를 실시하였으나 최초 부상시기를 고려하지 않아 측정값에 영향을 미칠 수 있는 손상 이후 적응(adaptation) 정도를 고려하지 못하였다. 또한, 일부 선행연구(Brumitt et al., 2018; Smith et al., 2015)는 전향적 코호트 연구(prospective cohort study)로 진행되어 부상관련 자료를 수집하였으나, 접촉성 또는 비접촉성 등 부상발생 기전(mechanism)을 고려하지 않아 선행연구의 결과가 일치하지 않는 것으로 판단된다. 추후 연구에서는 최초 부상시기와 부상발생 기전 등을 고려하여 동적안정성 차이를 확인할 필요가 있을 것으로 생각된다. 이와 더불어 런지 검사(weight-bearing lunge test) 결과와 동적안정성(dynamic stability) 검사 결과가 매우 밀접한 연관성이 있다고 보고된 바(Hoch et al., 2012; Kang et al., 2015)와 같이 발목관절 발등굽힘 각도에 따른 동적안정성 차이와 함께 부상발생에 대해 전향적 연구를 실시한다면 하지부상 위험요인 간의 관계를 파악하는 데에 정보를 제공할 수 있을 것이다.

앞서 언급한 바와 같이 배구선수에게는 반복적인 점프와 복합적인 움직임이 요구되는데, 이로 인해 하지 부상발생 위험에 항상 노출되어 있다(Verhagen et al., 2004; Wasser et al., 2021). 이러한 부상위험도를 낮추기 위해서는 부상과 관련된 위험요인을 파악하여 적절한 수준으로 관리할 필요가 있다(James et al., 2014). 일부 연구에서는 하지의 여러 부위 중 한 부위에서 발생한 부상 유무에 따라 관절가동범위 등의 위험요인(risk factor)의 차이를 확인하였으나(Brumitt et al., 2019; Hartley et al., 2018), 본 연구에서는 성

인선수뿐 아니라 청소년선수를 포함하여 발목관절과 함께 무릎관절 부상 유무를 동시에 확인하였고, 하지 부상 관련 위험요인과 연관성을 확인함으로써 연령 및 부상 부위에 따른 특성을 확인하고자 하였다. 그러나, 본 연구에서는 우세측 하지에서 부상이 발생할 가능성이 높다는 선행연구 결과(Promsri et al., 2019)를 근거로 부상을 경험한 선수의 손상측과 부상을 경험하지 않은 선수의 우세측을 비교하였으나, 부상을 경험한 선수의 우세측에서 발생한 하지 부상으로 제한하여 부상을 경험하지 않은 선수의 우세측과 하지부상의 위험요인을 분석한다면 더욱 정확한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 부상의 최초 시점이나 부상 정도 및 회복 기간 등을 확인하지 못한 상태에서 부상이 발생한 이후 관절가동범위나 근육의 신장성, 동적안정성을 확인하는 것은 하지의 위험요인과 부상의 인과관계(casual relations)를 명확하게 설명하는 데에 어려움이 있으므로(Keller et al., 2018), 추후 연구에서는 최초 부상 발생 시점이나 부상 정도 및 회복 기간을 고려하여 표본(sample)을 수집하거나 건강한 운동선수를 대상으로 전향적 코호트 연구를 실시한다면 배구선수의 하지 부상예방에 더욱 의미 있는 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

결론 및 제언

엘리트 배구선수를 대상으로 무릎관절 및 발목관절 부상에 따른 발목관절 가동범위와 넵다리네갈래근의 신장성 및 동적안정성의 차이를 확인한 결과, 청소년선수의 경우 무릎관절 부상을 경험한 선수의 발목관절 가동범위 비대칭성이 큰 반면, 성인선수는 발목관절 부상을 경험한 선수의 발목관절 가동범위 비대칭성이 차이가 큰 것으로 확인되었다. 또한, 연령에 관계없이 무릎관절 또는 발목관절 부상을 경험한 선수는 그렇지 않은 선수에 비해 동적안정성이 낮은 것으로 확인되었고, 특히 무릎관절 부상을 경험한 성인선수는 동적안정성의 비대칭성이 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 하지 부상의 재활 및 예방에 있어 연령을 고려하여 하지의 부상위험요인을 관리해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 추후연구에서는 엘리트 배구선수를 대상으로 하지 부상과 관련된 다양한 위험요인에 대해 측정하고 하지 부상발생에 대해 전향적 코호트 연구를 실시한다면 부상예방 전략을 마련하는 데에 의미 있는 정보를 제공할 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: T Kim, E Kim, H Choi, Data curation: D Ruofei, Formal analysis: T Kim, D Ruofei, H Choi, Visualization: D Ruofei, Writing-original draft: T Kim, H Choi, Writing-review&editing: T Kim, H Choi

참고문헌

- Almansoor, H. S., Nuhmani, S., & Muaidi, Q. (2023). Role of ankle dorsiflexion in sports performance and injury risk: A narrative review. *Electronic Journal of General Medicine*, 20(5), em521.
- Aquino, M. R. C., Resende, R. A., Kirkwood, R. N., Souza, T. R., Fonseca, S. T., & Ocarino, J. M. (2022). Spatial-temporal parameters, pelvic and lower limb movements during gait in individuals with reduced passive ankle dorsiflexion. *Gait & Posture*, 93, 32-38.
- Bates, K., Zeppieri, G., Young, C., Bruner, M., Moser, M., Farmer, K. W., & Pozzi, F. (2023). Preseason lower extremity range of motion, flexibility, and strength in relation to in-season injuries in NCAA division I gymnasts. *The Physician and Sportsmedicine*. <https://doi.org/10.1080/00913847.2023.2215775>
- Boyle, M. J., Butler, R. J., & Queen, R. M. (2016). Functional movement competency and dynamic balance after anterior cruciate ligament reconstruction in adolescent patients. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 36(1), 36-41.
- Brumitt, J., Heiderscheit, B. C., Manske, R. C., Niemuth, P. E., Mattocks, A., & Rauh, M. J. (2018). Preseason functional test scores are associated with future sports injury in female collegiate athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1692-1701.
- Brumitt, J., Patterson, C., Dudley, R., Sorenson, E., Hill, G., & Peterson, C. (2019). Comparison of lower quarter Y-balance test scores for female collegiate volleyball players based on competition level, position, and starter status. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(3), 415-423.
- Burns, K. N., Pierson, M. A., Roos, K. G., & Nakajima, M. A. (2017). Relationship between ankle dorsiflexion range of motion and dynamic postural control. *Journal of Athletic Training*, 52(6), S138.
- Butler, R. J., Lehr, M. E., Fink, M. L., Kiesel, K. B., & Plisky, P. J. (2013). Dynamic balance performance and noncontact lower extremity injury in college football players: An initial study. *Sports Health*, 5(5), 417-422.
- Cejudo, A., Moreno-Alcaraz, V. J., De Ste Croix, M., Santonja-Medina, F., & Sainz de Baranda, P. (2020). Lower-limb flexibility profile analysis in youth competitive inline hockey players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4338.
- Chia, L., De Oliveira Silva, D., Whalan, M., McKay, M. J., Sullivan, J., Fuller, C. W., & Pappas, E. (2022). Non-contact anterior cruciate ligament injury epidemiology in team-ball sports: a systematic review with meta-analysis by sex, age, sport, participation level, and exposure type. *Sports Medicine*, 52(10), 2447-2467.
- Chon, S.-C., Chang, K.-Y., & You, J. S. H. (2010). Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: A preliminary, randomised, controlled study. *Physiotherapy*, 96(2), 130-136.
- da Costa, G. V., de Castro, M. P., Sanchotene, C. G., Ribeiro, D. C., de Brito Fontana, H., & Ruschel, C. (2021). Relationship between passive ankle dorsiflexion range, dynamic ankle dorsiflexion range and lower limb and trunk kinematics during the single-leg squat. *Gait & Posture*, 86, 106-111.
- Gohil, R., & Tilaye, P. (2022). Normative data for calf muscle flexibility tested by weight bearing lunge test in age group of 20-30 years - Pilot study. *International Journal of Health Sciences and Research*, 12(2), 71-75.
- Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003). Considerations for normalizing measures of the star excursion balance test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 7(2), 89-100.
- Gribble, P. A., Terada, M., Beard, M. Q., Kosik, K. B., Lepley, A. S., McCann, R. S., ... & Thomas, A. C. (2016). Prediction of lateral ankle sprains in football players based on clinical tests and body mass index. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(2), 460-467.
- Hartley, E. M., Hoch, M. C., & Boling, M. C. (2018). Y-balance test performance and BMI are associated with ankle sprain injury in collegiate male athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(7), 676-680.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., ... & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501.
- Hoch, M. C., Staton, G. S., McKeon, J. M. M., Mattacola, C. G., & McKeon, P. O. (2012). Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(6), 574-579.
- James, L. P., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2014). Injury risk management plan for volleyball athletes. *Sports Medicine*, 44(9), 1185-1195.
- Janssen, I., Steele, J. R., Munro, B. J., & Brown, N. A. T. (2015). Previously identified patellar tendinopathy risk factors differ between elite and sub-elite volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(3), 308-314.
- Jiang, T., Wu, W., Wang, X., Weng, C., Wang, Q., & Guo, Y. (2012). Activation of brain areas following ankle dorsiflexion versus plantar flexion: Functional magnetic resonance imaging verification. *Neural Regeneration Research*, 7(7), 501-505.
- Kang, M.-H., Lee, D.-K., Park, K.-H., & Oh, J.-S. (2015). Association of ankle kinematics and performance on the Y-balance test with inclinometer measurements on the weight-bearing-lunge test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(1), 62-67.
- Keller, R. A., De Giacomo, A. F., Neumann, J. A., Limpisvasti, O., & Tibone, J. E. (2018). Glenohumeral internal rotation deficit and risk of upper extremity injury in overhead athletes: A meta-

- analysis and systematic review. *Sports Health*, 10(2), 125-132.
- Kim, T., Cha, J.-H., & Park, J.-C. (2018).** Association between in-game performance parameters recorded via global positioning system and sports injuries to the lower extremities in elite female field hockey players. *Cluster Computing*, 21(1), 1069-1078.
- Lai, W. C., Wang, D., Chen, J. B., Vail, J., Rugg, C. M., & Hame, S. L. (2017).** Lower quarter Y-balance test scores and lower extremity injury in NCAA division I athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(8). <https://doi.org/10.1177/2325967117723666>
- Langarika-Rocafort, A., Emparanza, J. I., Aramendi, J. F., Castellano, J., & Calleja-González, J. (2017).** Intra-rater reliability and agreement of various methods of measurement to assess dorsiflexion in the weight bearing dorsiflexion lunge test (WBLT) among female athletes. *Physical Therapy in Sport*, 23, 37-44.
- Luedke, L. E., Geisthardt, T. W., & Rauh, M. J. (2020).** Y-balance test performance does not determine non-contact lower quadrant injury in collegiate american football players. *Sports*, 8(3), 27.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004).** *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mellinger, S., & Neurohr, G. A. (2019).** Evidence based treatment options for common knee injuries in runners. *Annals of Translational Medicine*, 7(Suppl 7), S249. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.04.08>
- Migliorini, F., Rath, B., Tingart, M., Niewiera, M., Colarossi, G., Baroncini, A., & Eschweiler, J. (2019).** Injuries among volleyball players: A comprehensive survey of the literature. *Sport Sciences for Health*, 15(2), 281-293.
- Nilstad, A., Andersen, T. E., Bahr, R., Holme, I., & Steffen, K. (2014).** Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(4), 940-948.
- Olivencia, O., Godinez, G. M., Dages, J., Duda, C., Kaplan, K., & Kolber, M. J. (2020).** The reliability and minimal detectable change of the ely and active knee extension tests. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(5), 776-782.
- Patel, D. R., & Baker, R. J. (2006).** Musculoskeletal injuries in sports. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 33(2), 545-579.
- Peeler, J., & Anderson, J. E. (2008).** Reliability of the ely's test for assessing rectus femoris muscle flexibility and joint range of motion. *Journal of Orthopaedic Research*, 26(6), 793-799.
- Powden, C. J., Hoch, J. M., & Hoch, M. C. (2015).** Reliability and minimal detectable change of the weight-bearing lunge test: A systematic review. *Manual Therapy*, 20(4), 524-532.
- Promsri, A., Longo, A., Haid, T., Doix, A.-C. M., & Federolf, P. (2019).** Leg dominance as a risk factor for lower-limb injuries in downhill skiers - A pilot study into possible mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3399.
- Shitara, H., Tajika, T., Kuboi, T., Ichinose, T., Sasaki, T., Hamano, N., & Chikuda, H. (2021).** Ankle dorsiflexion deficit in the back leg is a risk factor for shoulder and elbow injuries in young baseball players. *Scientific Reports*, 11(1), 5500.
- Smith, C. A., Chimera, N. J., & Warren, M. (2015).** Association of y balance test reach asymmetry and injury in division I athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(1), 136-141.
- Smith, M. D., Lee, D., Russell, T., Matthews, M., MacDonald, D., & Vicenzino, B. (2019).** How much does the talocrural joint contribute to ankle dorsiflexion range of motion during the weight-bearing lunge test? A cross-sectional radiographic validity study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(12), 934-941.
- Stiffler, M. R., Sanfilippo, J. L., Brooks, M. A., & Heiderscheit, B. C. (2015).** Star excursion balance test performance varies by sport in healthy division I collegiate athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(10), 772-780.
- Takei, S., Torii, S., Taketomi, S., Iizuka, S., Tojima, M., Iwanuma, S., ... & Tanaka, S. (2023).** Developmental stage and lower quadriceps flexibilities and decreased gastrocnemius flexibilities are predictive risk factors for developing Osgood-Schlatter disease in adolescent male soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(8), 3330-3338.
- Teyhen, D. S., Shaffer, S. W., Goffar, S. L., Kiesel, K., Butler, R. J., Rhon, D. L., & Plisky, P. J. (2020).** Identification of risk factors prospectively associated with musculoskeletal injury in a warrior athlete population. *Sports Health*, 12(6), 564-572.
- Theisen, A., & Day, J. (2019).** Chronic ankle instability leads to lower extremity kinematic changes during landing tasks: A systematic review. *International Journal of Exercise Science*, 12(1), 24-33.
- Verhagen, E. A. L. M., Van der Beek, A. J., Bouter, L. M., Bahr, R. M., & Van Mechelen, W. (2004).** A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 477-481.
- Wasser, J. G., Tripp, B., Bruner, M. L., Bailey, D. R., Leitz, R. S., Zaremski, J. L., & Vincent, H. K. (2021).** Volleyball-related injuries in adolescent female players: An initial report. *The Physician and Sportsmedicine*, 49(3), 323-330.

엘리트 배구선수의 하지 부상이 관절가동범위, 근육 신장성 및 동적안정성에 미치는 영향

김태규¹, 김은국², 두약비³, 최호경⁴

¹부경대학교

²SRC병원

³정저우대학교

⁴한국스포츠정책과학원

[목적] 본 연구는 엘리트 배구선수의 발목관절과 무릎관절 부상경험에 따른 발목관절 발등굽힘과 넙다리네갈래근의 신장성 및 동적안정성의 차이를 확인하고자 하였다.

[방법] 총 458명의 엘리트 배구선수(청소년 선수 337명, 성인선수 115명)를 대상으로 하지의 부상경험을 확인한 후 런지 검사를 통해 발목관절 발등굽힘을 확인하였고 엘리스 검사를 통해 넙다리네갈래근의 신장성을 측정하였다. 하지의 동적안정성은 Y-균형검사를 실시하여 다리길이에 대해 표준화한 측정값을 바탕으로 종합점수를 산출하였다. 하지의 부상경험을 기반으로 발목관절 부상집단과 무릎관절 부상집단, 무릎발목관절 부상집단 및 부상을 경험하지 않는 집단으로 분류하여 부상측과 우세측을 비교하였고, 양측차이 또한 비교하였다.

[결과] 청소년선수의 경우 무릎관절 부상을 경험한 선수의 발목관절 가동범위 비대칭성이 큰 반면, 성인선수는 발목관절 부상을 경험한 선수의 발목관절 가동범위 비대칭성이 차이가 큰 것으로 확인되었다. 연령에 관계없이 무릎관절 또는 발목관절 부상을 경험한 선수는 그렇지 않은 선수에 비해 동적안정성이 낮은 것으로 확인되었고, 특히 무릎관절 부상을 경험한 성인선수는 동적안정성의 비대칭성이 큰 것으로 나타났다.

[결론] 본 연구의 결과를 통해 하지 부상의 재활 및 예방에 있어 연령을 포함한 다양한 위험요인을 포괄적으로 관리해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

주요어

배구선수, 하지부상, 발등굽힘, 신장성, 동적안정성