

대학 축구선수의 비접촉성 손상 관련 GPS 변인 분석

부경대학교 해양스포츠학과¹, 한국스포츠정책과학원 스포츠과학연구실², 부경대학교 스포츠과학연구소³

김태규¹ · 정경열¹ · 박재명² · 최호경³

The Analysis of Global Positioning System Variables Related to Non-contact Injury in College Football Player

Taegyu Kim¹, Kyoung Yeol Jeong¹, Jae Myoung Park², Hokyung Choi³

¹Department of Marine Sports, Pukyong National University, Busan, ²Department of Sport Science, Korea Institute of Sport Science, Seoul, ³Research Institute for Sports Sciences, Pukyong National University, Busan, Korea

Purpose: This study aimed to investigate the relative workload via a global positioning system (GPS) unit that was related to noncontact injuries in the lower extremities of college football player.

Methods: Data were collected from 18 players who were enrolled in a university football team using a GPS unit during competitions. The noncontact injury in the lower extremities were recorded for each competition by well-trained medical practitioners. Players' ratio of acute to chronic workload (ACWR) of each GPS variable was calculated by dividing the most recent 1 week (acute) workload by the prior 4 weeks (chronic) workload. The ACWR in the time of player's injury (injury-related block) was compared to the time before the injury-related block (preinjury block) and from the beginning of the data collection to the point of injury (total injured average), and the end of the data collection (total non-injured average).

Results: Eight players suffered 12 injuries, indicating that an incidence rate was 13.28 injuries per 100 athlete exposures. Injured player had a higher ACWR of repeated high-intensity effort bouts (RHIE) and work-rest ratio (WRR) in the injury-related block compared to the preinjury block ($F=3.151$, $p=0.039$ and $F=7.577$, $p=0.001$, respectively). Also, they had a higher ACWR of maximal velocity (MV) in the injury-related block and total injured average compared to total non-injured average ($F=5.592$, $p=0.004$).

Conclusion: This study illustrated that the high ACWR in RHIE, WRR, and MV in the injury-related block may be related to noncontact injuries in the lower extremities of college football player. Many questions remain, but the results of this study may provide coaches and staffs in college football with useful quantitative information on preventive approach to sports-related injuries.

Keywords: College football, GPS, Injury prevention, Noncontact injury

Received: March 30, 2020 Revised: April 30, 2020 Accepted: May 7, 2020

Correspondence: Hokyung Choi

Research Institute for Sports Sciences, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Korea

Tel: +82-51-629-5639, Fax: +82-51-629-5634, E-mail: ghrudl82@gmail.com

*This study was supported by research grant of Korean Society of Sports Medicine for 2018.

Copyright ©2020 The Korean Society of Sports Medicine

© 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.

서론

운동선수와 그의 코칭스텝들은 훈련 강도, 양, 빈도 등 훈련부하를 이용하여 선수의 향상성 반응을 자극하고 생리학적 적응을 유도함으로써 선수의 체력과 운동수행능력을 향상시키기 위해 노력한다¹. 일반적 적응 증후군 이론에 의하면 훈련부하가 적정 수준 이상이 되어야 생리학적 적응을 유도할 수 있으므로², 운동선수는 자신의 운동수행능력을 최대로 향상하고자 훈련부하를 점점 자신의 한계치까지 끌어올리게 된다¹. 이러한 이유로 운동선수는 스포츠가 주는 많은 이점과 함께 스포츠 손상 발생 위험에 항상 노출되어 있다¹.

Meeuwisse³를 시작으로 Bahr와 Holme⁴은 스포츠 손상 발생과 관련 병인학적인 모델을 제안하였으나 이러한 모델에는 스포츠 손상 발생과 높은 연관성이 있는 훈련부하를 위험요인으로 언급하지 않았다. 최근 Windt와 Gabbett⁵이 제시한 훈련부하-손상 병리학적 모델에서는 훈련부하가 스포츠 손상의 발생과 어떻게 연관되어 있는지 구체적으로 설명하고 있다. 즉, 훈련부하가 스포츠 손상을 발생시키는 직접적인 원인이라고 할 수는 없으나, 스포츠 손상과 관련된 다양한 내재적 위험요인을 긍정적 또는 부정적으로 변화시킬 수 있으며 스포츠 손상 발생 가능성이 있는 환경에 선수를 노출시키는 외재적 위험요인으로 작용할 수도 있다고 설명하였다⁵. 다시 말해, 누적 또는 절대적 훈련부하가 높은 것이 항상 스포츠 손상 위험도를 증가시키는 것이 아닐 뿐만 아니라 높은 훈련부하는 선수의 다양한 신체적 능력을 향상시키는 데에 기여함으로써 오히려 스포츠 손상 발생을 감소시킬 수 있다는 것이다^{5,7}. 이러한 이유로 많은 학자들은 스포츠 손상 발생에 있어 일정 기간에 대한 훈련부하의 변화량, 즉 상대적 훈련부하가 강한 예측변수일 것이라 언급하였고 이를 모니터링 하는 것이 필수적이라 주장하였고^{5,6,8}, 선수의 체력으로 간주할 수 있는 3-6주간 평균 훈련부하인 만성 훈련부하에 대해 선수의 신체적 피로로 간주할 수 있는 최근 1주간 훈련부하인 급성 훈련부하의 비율(ratio of acute to chronic workload [ACWR])을 산출하여 사용할 것을 제안하였다⁶.

많은 선행연구에서도 훈련부하의 변화량과 스포츠 손상 발생의 강한 연관성에 대해 설명하였다. 프로 럭비선수를 대상으로 운동자각도와 훈련기간을 곱하여 훈련부하를 계산한 연구에서는 1주간 누적 훈련부하(1,245 arbitrary units [AU])가 높은 것에 비해 주당 훈련부하 변화량(1,069 AU)이 높을 때 손상발생 위험도(odds ratio, 1.68)가 높은 것으로 나타났고⁹, 호주 축구선수는 주당 훈련부하가 15% 증가한 것에 비해 75%가 증가하였을 때 손상 발생율이 2.5배 높은 것으로 확인되었다¹⁰. 크리켓 패스트

볼러는 만성 훈련부하에 비해 1주간 급성 훈련부하가 200% 증가했을 때 손상 위험도가 증가하는 것으로 나타났고(relative injury risk, 3.3), 게일릭(Gaelic) 풋볼선수는 ACWR이 1.5 이상일 때 손상발생 위험도(odds ratio, 0.24-2.22)가 증가하는 것으로 확인되었다¹¹. 따라서, 운동선수가 생리학적 적응을 통해 손상없이 운동수행능력을 향상시키기 위해서는 상대적 훈련부하를 확인하는 것이 필수적이라 할 수 있다⁵.

최근 축구 등과 같은 팀 스포츠 종목에서는 움직임 분석 소프트웨어(motion analysis software)와 GPS (global positioning system) 등을 활용하여 선수의 개별적인 움직임을 정량화하고 스포츠 손상과의 연관성을 확인하는 연구가 증가하는 추세이다^{10,12,13}. 그러나, 총 뒀 거리, 다양한 속도로 뒀 거리 등 일부 GPS 변인만을 사용하였거나^{9,14}, 상대적 훈련부하가 아닌 특정기간에서 발생한 절대적 훈련부하를 사용하여 스포츠 손상과의 관련성을 확인한 연구¹⁵가 대부분으로, 스포츠 손상 예방을 위한 훈련부하 모니터링에 있어 제한적인 정보만을 제공하고 있을 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 엘리트 대학 축구선수를 대상으로 GPS를 통해 시합에서의 훈련부하를 수집하고 각 GPS 변인에 대한 상대적 훈련부하를 산출하여 비접촉성 하지 손상과 관련성을 확인하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

부경대학교 대학 축구팀 소속 선수 중 골키퍼를 제외한 23명의 선수를 대상으로 2018년 8월부터 2019년 5월까지 시행된 15개의 시합에 대해 전향적으로 자료를 수집하였다. 이 중 자료수집 시작 3개월 이내에 허리 통증(n=1)과 하지 손상(n=1)으로 인해 온전한 시합 참여가 어려운 선수 2명의 자료는 제외하였고, 사람 또는 사물과의 접촉으로 인해 손상을 경험한 선수 3명의 자료 또한 제외하여 총 18명의 자료만을 분석에 사용하였다. 자료 수집 동안 총 8명의 선수가 손상을 경험하였다(Table 1). 본 연구 절차는 부경대학교의 생명윤리위원회로부터 승인을 얻었고(No. 1041386-20180518-HR-008-03), 모든 선수는 연구의 목적과 절차에 대해 자세한 설명을 들은 후 자발적인 참여에 대해 동의를 하였다.

2. GPS 자료 수집 및 정리

시합 참여 30분 전, 모든 연구대상자는 자신의 체형에 맞게 제작된 상의를 착용한 후 GPS unit (Catapult Optimeye S5; Catapult

Table 1. Characteristics of participants

Variable	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (yr)	Position		
					FW	MF	DF
Injured player (n=8)	22.12±1.45	179.12±6.08	70.37±6.86	10.12±2.96	4 (50.0)	1 (12.5)	3 (37.5)
Non-injured player (n=10)	21.60±1.71	178.20±5.42	73.60±4.35	10.40±2.27	4 (40.0)	3 (30.0)	3 (30.0)

Values are presented as mean±standard deviation or number (%).

FW: forward, MF: midfielder, DF: defender.

Sports, Melbourne, Australia)을 2번째에서 6번째 등뼈에 위치하도록 부착하였고, 매 시합 종료 후 GPS에 기록된 자료는 전용 소프트웨어(Openfield, version 1.12.0, Catapult Sports)에 업로드하여 각 GPS변인을 수치화하였다. 시합참여시간과 관련된 변인을 고려하여 시합에 80분 이상 참여한 선수들의 자료만을 사용하였고, 준비운동 시간과 하프타임의 휴식시간에 발생한 움직임에 대한 정보는 제외하였다.

GPS 변인은 선행연구를 기반으로 가장 일반적으로 모니터링 되는 변인인 총 켄 거리(total distance covered)와 고강도(≥ 18 km/hr)로 켄 거리(high-intensity distance) 및 횃수(repeated high-intensity effort bout), 회복 기간에 대해 활동 기간에 대한 비율을 산출하여 움직임 특성을 확인하기 위한 일-회복 비율(work-rest ratio, 속도가 3.9 km/hr 미만의 거리에 대한 4 km/hr 이상인 거리의 비율), 최고 속도(maximal velocity), 시합의 강도를 비교적 정확하게 반영하는 상대적 거리(relative distance, 단위시간에 대한 움직인 거리), 가속(≥ 2.78 m/s²) 및 감속(≤ -2.78 m/s²) 횃수(acceleration and deceleration bouts)로 정의하였다^{12,16,17}.

모든 자료 수집이 종료된 후, 손상을 경험한 8명에 대한 자료는 손상이 발생한 시합을, 손상을 경험하지 않은 10명에 대한 자료는 자료수집이 종료되는 시점의 시합을 기준으로 주 단위로 구분하여 GPS 변인을 수치화 하였다. 각 GPS 변인의 1주간 양을 신체적 스트레스인 급성 훈련부하로 정의하였고, 4주간 평균을 체력으로 정의되는 만성 훈련부하로 정의하였으며, 만성 훈련부하에 대한 급성 훈련부하 비율(ACWR)을 산출하여 자료분석에 사용하였다^{6,18}. 손상을 경험한 선수의 자료는 손상이 발생한 주에 대한 ACWR을 손상구역, 손상이 발생하기 이전의 주에 대한 ACWR을 손상이전 구역, 자료수집 시점부터 손상이 발생한 주에 대한 ACWR의 평균을 손상선수 평균으로 구분하였고, 손상을 경험하지 않은 선수의 자료는 자료수집 시점부터 종료되는 시점까지의 ACWR 평균을 비손상선수 평균으로 구분하였다¹⁵.

3. 비접촉성 손상

본 연구에서는 시합 중 발생하는 근골격계의 통증, 부종, 압통

및 불편함 등을 스포츠 손상으로 정의하였고, P대학 축구팀에 소속된 의무 트레이너가 시합 종료 직후 연구대상자가 경험한 모든 스포츠 손상에 대해 국제올림픽기구의 손상 보고 양식을 기반으로 손상발생 날짜와 시간, 손상부위, 과거손상 경험 유무, 손상원인 등을 조사하고 손상 후 훈련 및 시합 불참일수를 기록하도록 교육하였다. 의무트레이너가 기록한 일지와 전문의 진단기록을 바탕으로 본 연구의 목적에 따라 엉덩관절과 넓적다리, 무릎관절, 종아리, 발목관절 및 발 부위에서 발생한 손상 중 비접촉성으로 발생한 손상에 대한 정보만을 사용하였으며^{19,20}, 손상을 경험한 선수의 이름과 손상부위 등 수집된 모든 정보에 대해서는 철저히 보안을 유지하였다.

4. 자료 분석

우선, 비접촉성 하지 손상에 대한 자료를 활용하여 100회 시합 참여 횃수(athlete exposures [AEs])에 대해 손상 발생건수(건/100 AEs)로 손상 발생률을 산출하였다. 수집된 GPS 변인에 대한 자료는 IBM SPSS ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 기술 통계를 산출하였고, 손상과 관련된 GPS 변인을 탐색하기 위해 손상구역과 손상이전구역, 손상선수평균 및 비손상선수 평균에 대해 일원변량분석(one-way analysis of variance)을 실시하였고, 최소유의차(least significant difference) 검정을 통해 사후검정(post hoc)을 실시하였다. 모든 분석에서의 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

총 18명의 선수 중 8명의 선수가 12건의 비접촉성 하지 손상을 경험하였고, 발생률은 13.28건/100 AEs (95% confidence interval, 9.58-17.29건/100 AEs)으로 확인되었다. 8건은 발목관절 통증인 것으로 확인되었고 2건은 햄스트링 통증이었으며 나머지 2건은 종아리 통증인 것으로 확인되었고, 6건은 이전에 손상 경험이 있었던 반면 나머지 6건은 처음 손상인 것으로 확인되었다. 비접촉성 하지 손상으로 인한 훈련 또는 시합에 불참한 기간은 평균

Table 2. The difference of ACWR for GPS variables between injured and non-injured players

GPS variable	Injury-related block (1)	Preinjury block (2)	Total injured average (3)	Total non-injured average (4)	F (p-value)	Post hoc
Total distance covered	1.06±0.09	1.04±0.06	1.04±0.03	0.99±0.04	2.114 (0.119)	-
High-intensity (≥18 km/hr) distance	1.02±0.14	0.96±0.12	0.96±0.06	0.95±0.10	0.621 (0.607)	-
Repeated high-intensity (≥18 km/hr) effort bout	1.15±0.24	0.94±0.10	1.05±0.08	0.99±0.12	3.151 (0.039)	1>2,4
Work-rest ratio	1.20±0.13	1.04±0.08	1.07±0.06	1.01±0.05	7.577 (0.001)	1>2,3,4
Maximal velocity	1.03±0.02	1.01±0.02	1.01±0.01	0.99±0.01	5.592 (0.004)	1,3>4
Relative distance	1.01±0.08	1.02±0.03	1.01±0.02	1.00±0.01	0.527 (0.667)	-
Acceleration bout	1.04±1.03	1.25±0.84	1.15±0.35	1.46±0.58	0.513 (0.676)	-
Deceleration bout	1.05±0.33	0.87±0.33	1.00±0.16	1.00±0.25	0.944 (0.432)	-

Values are presented as mean±standard deviation.

ACWR: acute to chronic workload, GPS: global positioning system.

9.13일이었다.

각 GPS 변인 중 고강도(18 km/hr 이상의 속도)로 뛰 힛수의 ACWR은 손상구역(1.15±0.24)에서 손상이전구역(0.94±0.10, $p=0.008$)과 비손상선수평균(0.99±0.12, $p=0.025$)보다 높은 것으로 확인되었고($F=3.151$, $p=0.039$), 일-회복 비율의 ACWR은 손상구역(1.20±0.13)에서 손상이전구역(1.04±0.08, $p=0.001$)과 손상선수평균(1.07±0.06, $p=0.009$) 및 비손상선수평균(1.01±0.05, $p<0.001$)보다 높은 것으로 확인되었다($F=7.577$, $p=0.001$). 최고 속도의 ACWR은 손상구역(1.03±0.02, $p<0.001$)과 손상선수평균(1.01±0.01, $p=0.038$)이 비손상선수평균(0.99±0.01)보다 높은 것을 확인되었다($F=5.592$, $p=0.004$) (Table 2).

고 찰

본 연구는 대학 축구선수를 대상으로 시합 동안 수집된 다양한 GPS 변인과 비접촉성 하지 손상의 연관성을 확인하였다. 그 결과, 자료수집 동안 8명의 선수가 12건의 비접촉성 하지 손상을 경험하였고 그 발생률은 13.28건/100 AEs으로 확인되었으며, GPS 변인 중 고강도로 뛰 힛수와 일-회복 비율 및 최고 속도의 ACWR은 손상구역에서 손상이전구역, 손상선수평균 또는 비손상선수평균보다 높은 것으로 확인되었다.

축구 종목에서 스포츠 손상이 발생하는 것은 드문 일이 아니다²⁰. 한 선행연구는 미국 대학축구선수의 시합 중 스포츠 손상 발생률이 20.43-21.92건/1,000 AEs이고 훈련 중 손상 발생률이 4.40-4.60건/1,000 AEs건이라 보고하였고²¹, 2001년부터 2008년까지 유럽축구연맹 리그에 참가한 23개 팀이 경험한 스포츠 손상을 조사한 연구에서는 8.0건/1,000시간의 발생률을 보고하였으며, 총 손상 중 대퇴부 염좌(17%)가 가장 높은 빈도를 보였고, 내전근 좌상(9%), 발목관절 염좌(7%), 내측측부인대 손상(5%) 순으로

높은 것으로 설명하였다²². 본 연구에서는 엘리트 대학축구선수의 비접촉성 하지 손상 발생률이 13.28건/100 AEs으로 확인되었는데, 1988-1989년 시즌부터 2002-2003년 시즌 동안 1,000 AE에 대해 스포츠 손상의 발생률을 산출한 선행연구²¹와는 달리, 본 연구에서는 10개월이라는 짧은 기간에서 발생한 스포츠 손상의 발생률을 100 AE를 사용하여 산출하여 직접적인 비교가 어렵다고 판단되며, 추후 연구에서는 훈련과 시합을 구분하고 특정 단위 시간에 대한 스포츠 손상 발생률을 확인한다면, 더 의미 있는 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

훈련부하는 선수에게 신체적 스트레스로 해석할 수 있는데, 적절한 신체적 스트레스 후 적절한 회복을 통해 체력이 단련되고 이로 인해 운동수행능력이 향상된다¹⁵. Banister 등²³은 1주 정도의 짧은 기간에서 발생한 훈련부하, 즉 급성 훈련부하를 신체적 피로로 설명하였고, 3-6주 정도의 비교적 긴 기간에서 발생한 훈련부하 평균, 즉 만성 훈련부하를 선수의 체력으로 설명함으로써 훈련부하에 대한 선수의 생리학적인 적응인 운동수행능력을 설명하기 위한 통계학적인 모델을 제시하였는데, 최근 많은 학자들이 이 모델을 활용하여 스포츠 손상 발생이 가장 적은 적정 ACWR를 확인하고자 하였다^{6,18}. 크리켓과 럭비, 호주 축구 선수를 대상으로 한 연구에서는 적정 ACWR 범주를 0.85-1.35인 것으로 제안하였고, ACWR이 1.5 이상이 될 경우 스포츠 손상 위험률이 급격하게 상승한다고 설명하였다¹⁸. 본 연구에서는 엘리트 대학축구선수의 각 GPS 변인에 대해 손상구역 ACWR 범주가 1.01-1.20이었고 손상과 관련 있는 GPS 변인에 대한 ACWR은 1.03-1.20으로 확인되어 선행연구에서 적정 ACWR 범주에 포함되어 있으나, 약간 낮은 수치인 것으로 확인되었다. 이는 선행연구의 연구대상자는 높은 수준의 기술(high-level skill)을 가진 성인선수인 반면, 본 연구는 기술 수준이 완전히 갖춰지지 못한 대학생 선수가 연구 대상자이므로 이러한 차이가 발생한 것으로 생각되고, 또한

훈련에서의 움직임 배제 시합 동안 발생한 움직임만을 사용하여 분석한 결과라 판단된다. 축구선수의 적정 ACWR 범위 설정을 위해서는 향후 기술수준에 따라 다양한 연구대상을 선정하여 훈련기간을 포함하여 연구를 진행할 필요가 있을 것이다.

호주 A-리그에 참여한 프로 축구선수를 대상으로 시즌 중 훈련부하를 분석한 연구에서는 14.4 km/hr 이상의 속도로 뛴 거리가 총 뛴 거리의 12%를 차지하며, 이 중 19.8 km/hr 이상의 속도로 뛴 거리는 총 뛴 거리의 약 3%를 차지하는 것으로 확인되었고, 시합 중 19.8 km/hr 이상과 25.2 km/hr 이상의 속도로 뛴 횟수는 각각 82회와 22회인 것으로 확인되었다^{24,25}. 이렇듯 축구와 같은 팀 스포츠에서는 스프린트와 같이 고강도로 뛰는 것은 시합 결과에 긍정적인 영향을 미치는 주요 요소이므로 총 뛴 거리의 많은 부분을 차지하는데, 이는 비접촉성 스포츠 손상의 위험도를 높이는 원인이 되기도 한다¹⁰. 럭비 선수의 경우, 한 세션에서 25.2 km/hr 이상의 속도로 9 m 이상을 뛴 선수의 상대적 위험도가 그렇지 않은 선수에 비해 2.7배 높고¹², 호주 프로 축구선수의 경우, 12 km/hr 이상의 속도로 뛴 거리가 10% 이상 증가하게 되면 스포츠 손상 발생률 또한 급격하게 증가하는 것으로 보고되었다²⁶. 본 연구에서도 손상구역에서의 고강도로 뛴 거리의 ACWR이 손상 이전구역과 손상선수평균 및 비손상선수평균과 차이를 보이지 않아 비접촉성 하지 손상과 관련이 없는 것으로 나타났으나, 고강도로 뛴 횟수의 ACWR은 손상구역이 손상이전 구역과 비손상선수평균보다 높은 것으로 나타나 손상 발생과 연관성이 있는 것으로 확인되었다. 고강도 움직임의 특성상 1-2 초 정도의 짧은 시간에 선수 개개인이 폭발적인 힘을 발휘하게 되는데, 이때 고강도에 대한 절대적 기준치에 도달하지 못한 선수의 자료는 배제되므로¹⁷, 향후 고강도에 대한 기준을 선수 개인의 능력에 따른 상대적 기준을 제시하여 적용한다면 더욱 정확도 높은 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

팀 스포츠 종목에서 일-회복 비율은 선수 개개인의 움직임 특성에 대한 정보를 제공한다²⁷. 세미프로 팀에 소속된 축구선수의 일-회복 비율은 0.89인 반면¹⁶, 비치 사커 챔피언십에 출전한 선수의 일-회복 비율은 1.4인 것으로 확인되었다²⁷. 본 연구에서는 일-회복 비율의 ACWR이 손상구역에서 1.20으로 다른 GPS 변인에 비해 높은 수치를 보였고 손상이전구역과 손상선수평균 및 비손상선수평균보다 높은 것으로 확인되었으나, 한 선행연구에서는 이러한 일-회복 비율이 움직임의 특성을 해석하는 데에 도움이 되지만 훈련부하와는 관련성이 적다고 언급하였다¹⁶. 추후 일-회복 비율과 스포츠 손상 발생과의 관련성을 확인하는 연구가 지속적으로 시행될 필요가 있을 것으로 생각된다.

팀 스포츠 종목에서 주요 선수가 최고 속도를 낼 수 있는

능력은 공격과 방어적인 상황을 자신의 팀에게 유리하도록 이끌어 줌으로써 팀 경기력에 긍정적인 영향을 미치게 된다¹¹. 여자 필드하키 선수는 시합 중 최고 속도가 23.8-25.0 km/hr인 것으로 보고되었고²⁸, 프랑스 리그 1에 출전한 프로 축구선수의 시합 중 최고 속도는 24.4-27.3 km/hr인 것으로 보고되었다²⁹. 본 연구에서는 최고 속도의 ACWR이 손상구역과 손상선수평균이 비손상선수에 비해 높은 것으로 나타났으나, 시합에서 최고 속도를 낼 수 있는 충분한 거리를 확보할 수 없으므로³⁰ 최고 속도와 스포츠 손상 발생의 명확한 연관성은 확인하기 어려울 것으로 생각된다.

신체 충돌, 태클 등과 같이 사물 또는 사람과의 접촉으로 인해 발생하는 손상은 접촉성 손상은 불가피한 것으로 간주되나, 과도한 훈련, 부적절한 회복기간 등으로 인해 발생하는 비접촉성 손상은 예방이 가능한 것으로 설명된다¹. 따라서 운동선수의 비접촉성 스포츠 손상을 예방하기 위해서는 예방프로그램을 개발하는 등 다양한 예방전략 마련과 함께 적정 훈련부하를 모니터링할 필요가 있다고 제안되었고⁵, 본 연구에서도 대학 축구선수의 비접촉성 손상과 연관성이 있는 GPS 변인을 탐색하고자 하였다. 스포츠 손상은 연령, 시합 수준, 경기 포지션, 성별 등에 따라 다양하게 발생하는 것으로 보고되었는데²⁰, 향후 연구에서는 이러한 부분을 고려하여 훈련부하와 비접촉성 스포츠 손상과의 관련성을 분석하여 적정 훈련부하를 설정한다면 운동선수의 스포츠 손상 예방 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

결론적으로, 대학 축구선수의 비접촉성 하지 손상은 GPS 변인 중 높은 강도로 뛴 횟수와 일-회복 비율, 최고 속도가 비접촉성 하지 손상과 관련이 있으므로, 스포츠 손상 예방을 위해서는 훈련이나 시합에서 이러한 변인들의 변화량이 1.03-1.20 범주에 포함될 수 있도록 모니터링해야 할 필요가 있을 것으로 생각되나, 종목 및 대상자 특성을 충분히 파악하여 본 연구의 결과를 적용해야 할 것이다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Taegy Kim <https://orcid.org/0000-0002-4406-4415>

Kyoung Yeol Jeong <https://orcid.org/0000-0003-3359-3941>

Jae Myoung Park <https://orcid.org/0000-0003-2035-5805>

Hokyung Choi

<https://orcid.org/0000-0001-6324-7893>

References

1. Soligard T, Swellnus M, Alonso JM, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med* 2016;50:1030-41.
2. Selye H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *J Clin Endocrinol Metab* 1946;6:117-230.
3. Meeuwisse WH. Assessing causation in sport injury: a multifactorial model. *Clin J Sport Med* 1994;4:166-70.
4. Bahr R, Holme I. Risk factors for sports injuries: a methodological approach. *Br J Sports Med* 2003;37:384-92.
5. Windt J, Gabbett TJ. How do training and competition workloads relate to injury? The workload-injury aetiology model. *Br J Sports Med* 2017;51:428-35.
6. Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med* 2016;50:273-80.
7. Gatin PB, Meyer D, Robinson D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. *J Strength Cond Res* 2013;27:2518-26.
8. Hulin BT, Gabbett TJ, Blanch P, Chapman P, Bailey D, Orchard JW. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *Br J Sports Med* 2014;48:708-12.
9. Cross MJ, Williams S, Trewartha G, Kemp SP, Stokes KA. The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union. *Int J Sports Physiol Perform* 2016;11:350-5.
10. Colby MJ, Dawson B, Heasman J, Rogalski B, Gabbett TJ. Accelerometer and GPS-derived running loads and injury risk in elite Australian footballers. *J Strength Cond Res* 2014;28:2244-52.
11. Malone S, Roe M, Doran DA, Gabbett TJ, Collins KD. Protection against spikes in workload with aerobic fitness and playing experience: the role of the acute:chronic workload ratio on injury risk in elite Gaelic football. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12:393-401.
12. Gabbett TJ, Ullah S. Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *J Strength Cond Res* 2012;26:953-60.
13. Gabbett TJ, Domrow N. Risk factors for injury in subelite rugby league players. *Am J Sports Med* 2005;33:428-34.
14. Gomez-Piriz PT, Jimenez-Reyes P, Ruiz-Ruiz C. Relation between total body load and session rating of perceived exertion in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2011;25:2100-3.
15. Ehrmann FE, Duncan CS, Sindhusake D, Franzsen WN, Greene DA. GPS and injury prevention in professional soccer. *J Strength Cond Res* 2016;30:360-7.
16. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, San Roman J, Castagna C. Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res* 2013;27:369-74.
17. Dwyer DB, Gabbett TJ. Global positioning system data analysis: velocity ranges and a new definition of sprinting for field sport athletes. *J Strength Cond Res* 2012;26:818-24.
18. Hulin BT, Gabbett TJ, Lawson DW, Caputi P, Sampson JA. The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *Br J Sports Med* 2016;50:231-6.
19. Kim T, Cha JH, Park JC. 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 Comput* 2018;21:1069-78.
20. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, et al. Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiate male soccer player. *Am J Sports Med* 2015;43:2628-37.
21. Agel J, Evans TA, Dick R, Putukian M, Marshall SW. Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2002-2003. *J Athl Train* 2007;42:270-7.
22. Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 2011;45:553-8.
23. Banister EW, Calvert TW, Savage MV, Bach T. A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med* 1975;7:57-61.
24. Varley MC, Aughey RJ. Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int J Sports Med* 2013;34:34-9.
25. Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, Janse de Jonge XA. A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2013;8:195-202.
26. Piggott B, Newton MJ, McGuigan MR. The relationship between training load and incidence of injury and illness over a pre-season at an Australian Football League club. *J Aust Strength Cond* 2009;17:4-17.
27. Castellano J, Casamichana D. Heart rate and motion analysis

- by GPS in beach soccer. J Sports Sci Med 2010;9:98-103.
28. Vescovi JD, Frayne DH. Motion characteristics of division I college field hockey: Female Athletes in Motion (FAiM) study. Int J Sports Physiol Perform 2015;10:476-81.
29. Carling C, Le Gall F, Dupont G. Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. J Sports Sci 2012;30:325-36.
30. Upton DE. The effect of assisted and resisted sprint training on acceleration and velocity in Division IA female soccer athletes. J Strength Cond Res 2011;25:2645-52.