

세계태권도선수권대회 선수의 부상 기전에 관한 비디오 분석

목원대학교 스포츠건강관리학과¹, 국제올림픽위원회 한국연구센터², 연세대학교 체육교육학과³, 연세 미래융합연구원⁴

정희성^{1,2} · 박규석^{2,3} · 강태규^{2,3} · 김민진^{2,3} · 전형규^{2,3} · 이세용^{2,3,4}

Video Analysis on the Injury Mechanism of the World Taekwondo Championship Athletes

Hee Seong Jeong^{1,2}, Gyu Suk Park^{2,3}, Tae Kyu Kang^{2,3}, Min Jin Kim^{2,3}, Hyung Gyu Jeon^{2,3}, Sae Yong Lee^{2,3,4}

¹Department of Sports and Health Management, Mokwon University, Daejeon,

²International Olympic Committee Research Centre Korea, Seoul,

³Department of Physical Education, Yonsei University, Seoul,

⁴Institute of Convergence Science, Yonsei University, Seoul, Korea

Purpose: This study aimed to analyze the profiles and mechanisms of injuries using online injury surveillance system (OISS) with match video files at 2017 World Taekwondo Championship (WTC) athletes.

Methods: This study design was a prospective epidemiological study with video analysis. All injuries were recorded during the 2017 WTC using the OISS developed by the International Olympic Committee. A total of 971 athletes who participated in the 2017 WTC were enrolled. Each injury was recorded retrospectively by three cameras surrounding each court. Injury profiles and mechanisms were calculated as; percent injury rate, injury rate/100 athlete-exposures, injury location, type, and mechanism via the injury surveillance system and video analysis form.

Results: There were 74 injuries, which corresponded to an overall incidence of 13.5 injuries (95% confidence interval, 11.2 – 15.8) per 100 athletes. The face (27.0%), hand/finger (23.0%), knee (14.9%), and ankle (10.8%) were most frequently injured parts. Contusions (37.8%), fracture and ligament sprains (20.3%) were the most frequently injury types. The main mechanism for contact injury is while attacking with the roundhouse kick (66.2%), or not used block (81.1%). There were also noncontact injuries (24.3%).

Conclusion: The incidence of injuries to the face, hand/fingers, knee, and ankle was relatively high. To prevent contact injuries, protective headgear and better shin guards and hand protectors need to be developed. As for the noncontact injuries, we recommend hamstring strengthening exercises, and neuromuscular training to strengthen the tendons and ligaments protecting the ankle and knee joints.

Keywords: Taekwondo, Injury surveillance, Epidemiology, Injury prevention

Received: May 17, 2021 Revised: July 12, 2022 Accepted: August 5, 2022

Correspondence: Sae Yong Lee

Department of Physical Education, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea

Tel: + 82-2-2123-6189, Fax: + 82-2-2123-8375, E-mail: sylee1@yonsei.ac.kr

Copyright ©2022 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

태권도는 한국 전통 무예로 인간의 심신을 단련시키고 방어하는 데 훌륭한 무술로 인정받아 왔다¹. 2000년 시드니 하계 올림픽을 시작으로 올림픽 정식 종목으로 현재까지 이어오고 있다². 세계태권도연맹과 대한태권도협회에서 주관하는 대회는 매년 약 50개와 48개 정도로, 국내·외 각 지역에서 꾸준히 개최하고 있다^{3,4}.

태권도는 격투 종목으로 올림픽과 세계태권도선수권대회를 비롯한 여러 대회에서 많은 선수들이 경기와 훈련 중 부상을 경험하기도 한다. 28개의 올림픽 종목 중에서 태권도가 2008년 베이징 올림픽에서 두 번째로 높은 부상률⁵, 2012년 런던 올림픽에서 첫 번째로 높은 부상률⁶, 2016년 리오 올림픽에서 네 번째로 높은 부상률을 보였다⁷.

국제올림픽위원회(International Olympic Committee, IOC)에서는 선수들의 건강 증진과 부상 및 질병 예방을 위해, 올림픽 대회를 비롯한 여러 국제 대회에서 부상 및 질병에 대한 위험 요인과 기전을 분석하기 위한 스포츠 역학 연구(sports epidemiology study)를 진행하고 있다⁸. 현재 전 세계적으로 활용하고 있는 부상 및 질병 감시 양식(injury and illness surveillance form)은 IOC 의무위원회에서 2004년 아테네 올림픽을 시작으로, 2008

년 베이징 올림픽에서 부상 감시 시스템을 개인 및 단체 스포츠 경기에 적용할 수 있도록 보완하였고⁵, 2010년 밴쿠버 올림픽부터 2012년 런던⁶, 2014 소치⁹, 2016년 리우⁷, 2018년 평창 올림픽에서 부상과 질병 요소를 모두 수집할 수 있도록 보완하였다¹⁰. 따라서 세계태권도연맹에서는 태권도 선수들의 건강 증진과 부상 및 질병 예방을 위한 정책으로 IOC 한국연구센터(대표기관: 연세스포츠과학 및 운동의학센터[Yonsei Institute of Sports Science & Exercise Medicine, YISSEM])와 2017년에 업무협약을 맺고 2017년 무주 세계태권도챔피언십대회에서 태권도 선수의 부상 예방 시스템을 설립하여 주요 대회에서 선수 부상 데이터를 수집하여 분석하고 있다¹¹.

선행 연구에 따르면 국제적인 스포츠 부상 및 질병 역학 조사를 위해 여러 기관들이 협력하여 IOC에서 권장하는 부상 양식을 비롯하여 스포츠 종목별 적합한 양식으로 보완하여 진행하고 있다⁸. 하지만 아직까지도 온라인 데이터베이스 시스템으로 운영되는 종목은 부족하며, 경기 비디오 데이터까지 포함된 부상 감시 시스템은 더욱 부족한 실정이다. 또한 국제 및 국내 대회마다 부상 자료를 종이 양식에 수집하여 보관하기 때문에 선수 개인정보 보안과 부상 자료 입력이 미흡하다는 지적이 있었다^{12,13}. 본 연구자들은 이러한 문제를 보완하기 위해 4차 산업시대에 적합한 태권도 경기 비디오 데이터를 기반으로 한 온라인 데이터베이스

Table 1. Demographic characteristics of athletes participating at 2017 Muju World Taekwondo Championship

Characteristic	Men	Women	Total
No. of countries			176
No. of athletes	593 (61.1)	378 (38.9)	971 (100)
Age (yr)	23.3±4.4	22.3±3.8	22.9±4.2
No. of weight division (kg)			
M: <54, F: <46	67 (11.3)	50 (13.2)	117 (12.0)
M: <58, F: <49	86 (14.5)	49 (13.0)	135 (13.9)
M: <63, F: <53	90 (15.2)	58 (15.3)	148 (15.2)
M: <68, F: <57	94 (15.9)	59 (15.6)	153 (15.8)
M: <74, F: <62	86 (14.5)	50 (13.2)	136 (14.0)
M: <80, F: <67	69 (11.6)	35 (9.3)	104 (10.7)
M: <87, F: <73	51 (8.6)	40 (10.6)	91 (9.4)
M: >87, F: >73	50 (8.4)	37 (9.8)	87 (9.0)
No. of match game	500 (59.4)	342 (40.6)	842 (100)
Athlete exposures of game days	4,151 (61.1)	2,646 (38.9)	6,797 (100)
Athlete exposures of game numbers	1,000 (59.4)	684 (40.6)	1,684 (100)
Athlete exposures of game hours	5,434 (57.6)	3,996 (42.4)	9,430 (100)
Injuries of competition (%)	90 (68.7)	41 (31.3)	131 (100)
Injury clinical incidence/100AEs (95% CI)	15.2 (12.0–18.3)	10.8 (7.5–14.2)	13.5 (11.2–15.8)
Incidence rate ratio/100AEs (95% CI)	1.5 (1.04–2.17)	1.00	NA
Injuries identified by match video	49 (66.2)	25 (33.8)	74 (100)

Values are presented as number (%), mean±standard deviation, or mean (95% confidence interval).

M: male, F: female, AEs: athlete exposures of injury, NA: not applicable.

부상 감시 시스템을 구축하는 것이 필요하다고 생각한다.

본 연구에서는 전향적 역학 연구를 진행하기 위해 태권도 경기 비디오를 탑재한 온라인 부상 감시 시스템(online injury surveillance system, OISS)을 자체 개발하여 역학 연구 조사자, 의료진, 그리고 코치들이 언제 어디서든 입력하고 확인할 수 있는 모니터링과 태권도 경기 비디오까지 수집하여 정밀 비교 분석할 수 있는 시스템을 구축하였다¹⁰. 따라서 본 연구의 목적은 전 세계 태권도 선수들이 참여하는 세계태권도선수권대회 기간 동안 경기 중 부상 발생률, 부상 특성과 부상 기전을 경기 비디오 데이터를 기반으로 비교 분석하여 보고하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

세계태권도연맹에서 주관하는 2017 무주 세계태권도선수권 대회에 참가하는 176개국 나라의 선수 총 971명(남자 593명, 여자 378명)을 대상으로 하였다. 이중 OISS에 기록된 131개의 실제 부상 중 경기 비디오 분석이 가능한 74개의 자료를 기반으로 한 부상자 기본 정보는 Table 1과 같다. 또한 연습 중 부상 파일(20개), 누락된 경기 비디오 파일(23개), 경기 비디오 부상 미확인 파일(13개) 등은 제외하였다.

2. 부상 정의와 보고서 양식

부상 진단은 무주 세계태권도선수권대회 기간 동안(2017년 6월 24일-30일) 훈련과 경기에 참가 중 부상을 호소한 선수에 대해 세계태권도연맹과 무주 세계태권도선수권대회 조직위원회 의료진이 모든 급성과 만성 증상 및 징후를 확인하였다. 본 연구에서 선수 신규 부상의 정의는 본 대회 기간 동안 새로 발생했거나 선수 본인이 부상 부위에 기존 치료를 받지 않은 급성 부상이며, 재발 부상은 기존 부상이었던 부위에 발생한 같은 종류의 근·골격계 부상이고, 만성 부상은 재발 부상, 과사용 부상, 퇴행성 부상, 뇌진탕, 그리고 다른 의학적 만성 소견으로 인한 부상으로 구분하였다.

본 연구에서 자체 개발하여 사용한 OISS 부상 기록 양식은 IOC 부상 양식으로, 선수가 부상 시 기록해야 하는 항목은 선수 고유 번호, 연습 또는 경기 시 부상 발생 유무, 부상 날짜 및 시간, 부상 부위, 부상 유형, 부상 원인, 그리고 부상 회복 예상 기간(부상 정도)으로 구성되었다(Fig. 1)⁵⁻⁸.

3. 부상 비디오 분석 양식 및 방법

태권도 선수 부상 기전을 정밀 분석하기 위한 경기 비디오 분석 양식은 Koh와 Watkinson¹⁴의 연구를 기반으로 태권도 형식에 맞게 수정 및 보완을 하였고 세계태권도연맹 산하 경기 관리 및 의과학 위원회 전문가 6인의 자문을 거쳐 완성된 것으로, 자세한 양식은 Appendix 1과 같다. 체계적인 부상 비디오 파일

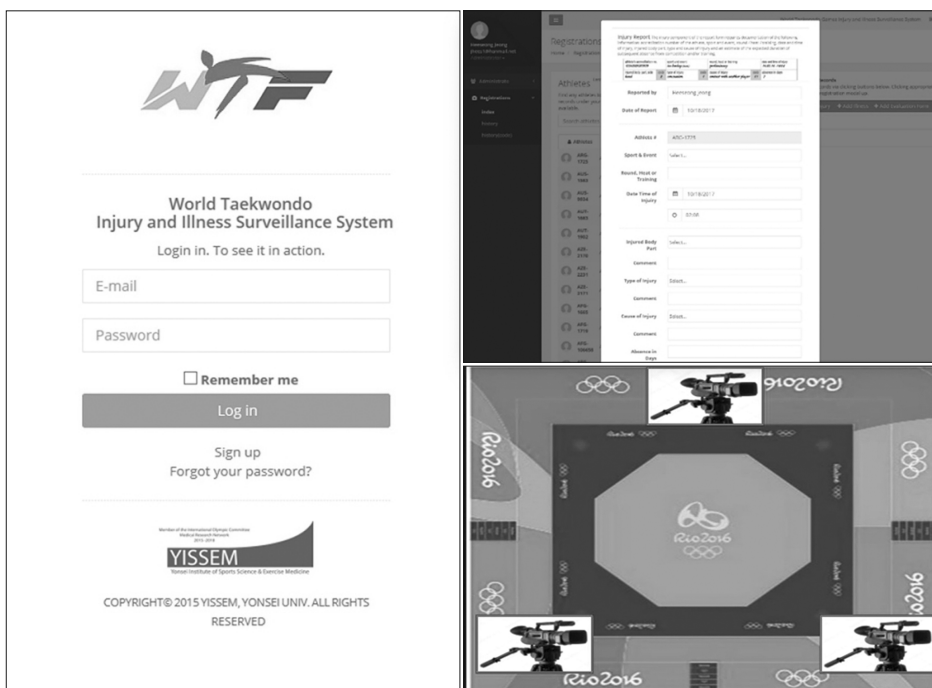


Fig. 1. Online injury surveillance system with Taekwondo match game video.

분석법은 3인의 연구자가 경기 비디오 분석이 가능한 74개의 자료를 제작된 태권도 부상 비디오 분석 양식과 체크 가이드라인에 맞게 개인 컴퓨터에서 각각 분석하였고, 통과 기준은 3인의 공통된 분석 결과로 확인하였으며, 1인이더라도 다르게 표시된 결과는 공동 비디오 분석 협의를 통해 결과를 도출했다. 비디오 주석 도구로는 Kinovea 0.8.27 소프트웨어(www.kinovea.org)를 사용하였다.

4. 연구 설계 및 자료 수집

본 연구는 전향적 연구(prospective study)로, 태권도 경기 비디오를 탑재한 OISS로 시행하였다. 부상 데이터를 수집하기 위해 IOC에서 개발한 부상 감시 양식을, 온라인 모니터링 데이터베이스 시스템(wtfiss.com)을 IOC 한국연구센터가 자체 개발하여 구축했다. 세계태권도선수권대회 참가 선수단 전체 의료진, 코치, 조직위원회 의료진, 역학 조사자에게 개별 ID와 패스워드를 부여하고 입력할 수 있도록 사전 교육하였다. 대회 기간 동안 한 선수의 다발성 손상은 각각 다른 진단으로 분류하였고, 한 부위에 여러 종류의 부상 유형이 발생한 경우도 각각 구분하여 기록하였다. 본 연구에 수집된 모든 정보는 온라인 시스템으로 저장되고 철저한 보안을 유지하도록 하였고 대회 종료 후 경기 비디오 자료를 제공받아 경기 비디오 부상 기전을 분석하였다.

5. 통계 분석

본 연구의 모든 자료 분석은 통계분석은 IBM SPSS version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였다.

Table 2. Sites of injuries identified by match game video at 2017 Muju World Taekwondo Championship

Site of injuries	Men	Women	Total
Face	14 (28.6)	6 (24.0)	20 (27.0)
Upper back	1 (2.0)	0 (0)	1 (1.4)
Forearm	1 (2.0)	1 (4.0)	2 (2.7)
Wrist	2 (4.1)	0 (0)	2 (2.7)
Hand/finger	10 (20.4)	7 (28.0)	17 (23.0)
Hip/pelvis	2 (4.1)	0 (0)	2 (2.7)
Groin	1 (2.0)	0 (0)	1 (1.4)
Thigh	4 (8.2)	2 (8.0)	6 (8.1)
Knee	7 (14.3)	4 (16.0)	11 (14.9)
Lower leg	0 (0)	1 (4.0)	1 (1.4)
Ankle	6 (12.2)	2 (8.0)	8 (10.8)
Foot/toe	1 (2.0)	2 (8.0)	3 (4.0)
No answer	2 (4.1)	2 (8.0)	4 (5.4)
Total	49 (100)	25 (100)	74 (100)

Values are presented as number (%).

부상 기록에 대한 기술적 통계 분석은 빈도 분석을 시행하였다. 부상 발생률은 참가 선수 대비 전체 부상 발생률과 각 체급별, 성별, 경기 및 훈련으로 구분하여 계산하였고, 선수가 대회 기간 동안 경기 및 훈련에 100회 노출되는 것을 기준으로 계산하였으며, 부상 건수 도출 공식은 다음과 같았다^{10,13}: [(대회 기간 동안 발생한 부상 건수/대회 기간 동안 공식 경기 및 연습에 참가한 횟수)×100]. 이에 대한 신뢰구간을 95%로 계산하였다¹⁵. 선수들의 부상 노출시간은 경기 부상 노출시간으로 태권도 선수들이 실제로 참여한 대회 경기다. 태권도는 1경기 2분씩 3라운드로 적용하기 때문에 1경기를 모두 완료한 경우에는 2명×[3라운드×2분]×60초로, 경기 중 콜드 승, 심판 판정승, 기권패 등 1경기를 불완전하게 완료한 경우에는 해당 경기를 찾아서 경기 종료된 시점을 확인한 후 분초로 환산하여 분석하였다. 전체 경기 내용은 대회 조직위원회 본부석 심판 및 경기 위원장으로부터 자료를 전달받았다. 또한, 성별 부상 위험 분석으로 부상 발생 위험률 (incidence rate ratio)을 제시하였다. 경기 비디오 분석을 위해 3명의 분석자가 개별적으로 경기 비디오 양식에 코딩한 후 공통적으로 표시된 부분은 서로 합의하였고, 이의가 있는 부분은 서로 토론을 통해서 합의를 도출하였다¹⁴.

이 연구는 연세대학교 생명윤리위원회와 세계태권도연맹 경기 위원회에서 승인받았다(IRB No. 7001988-201608-SB-245-03).

결 과

1. 세계태권도선수권대회 전체 부상 발생률

대회 참가 선수 971명이 대회 기간 중 발생한 부상은 총 131건 (남자 90건, 여자 41건), 부상률 13.5%로, 경기 및 훈련에 100회 노출됨에 따른 부상 건수는 13.5 선수 부상 노출(athlete exposures of injury, AEs; 남자 15.2 AEs, 여자 10.8 AEs)이었고, 남자 선수가 여자 선수보다 부상 위험이 1.5배 높은 것으로 나타났다(Table 1). 하지만 태권도 경기 비디오 파일로 확인된 부상은 74건(남자 49건, 여자 25건)만 부상 기전을 확인할 수 있었다. 본 대회에서 가장 많이 참여한 체급은 남자 68 kg, 여자 57 kg였고, 실제로 진행된 총 842 태권도 경기에서 선수들의 총 부상 노출 건수와 시간은 1,684건, 9,430분이었다.

2. 세계태권도선수권대회 경기 비디오의 부상 특성

대회 경기 비디오에서 확인된 가장 많은 부상 부위는 얼굴 (20건, 27.0%)이었고, 그 다음으로 손과 손가락(17건, 23.0%), 무릎(11건, 14.9%), 발목(8건, 10.8%), 허벅지(6건, 8.1%) 순이었

Table 3. Types and sites of injuries identified by match game video at 2017 Muju World Taekwondo Championship

Type of injury	Men		Women		Total	
	Injury	Injury site (n)	Injury	Injury site (n)	Injury	Injury site (n)
Contusion/hematoma/bruise	20 (40.8)	Face (12), thigh (5), hand (1), ankle (1), foot/toe (1)	8 (32.0)	Face (5), thigh (2), hand (1)	28 (37.8)	Face (17), thigh (7), hand (2), ankle (1), foot/toe (1)
Fracture	10 (20.4)	Hand/finger (5), ankle (2), knee (1), face (1), wrist (1)	5 (20.0)	Hand/finger (3), face (1), wrist (1)	15 (20.3)	Hand/finger (8), face (2), wrist (2), ankle (2), knee (1)
Ligamentous rupture/sprain	10 (20.4)	Hand/finger (4), knee (3), ankle (3)	5 (20.0)	Knee (3), ankle (1), hand/finger (1)	15 (20.3)	Knee (6), hand/finger (5), ankle (3)
Muscle-tendon rupture/strain/tendinitis	2 (4.1)	Knee (1), thigh (1)	4 (16.0)	Knee (3), thigh (1)	6 (8.1)	Knee (4), thigh (2)
Concussion	3 (6.1)	Head (3)	0 (0)	NA	3 (4.1)	Head (3)
Laceration/abrasion/skin lesion	2 (4.1)	Face (1), foot/toe (1)	1 (4.0)	Face (1)	3 (4.1)	Face (2), foot/toe (1)
Dislocation/subluxation	0 (0)	NA	1 (4.0)	Knee (1)	1 (1.4)	Knee (1)
Nerve injury	0 (0)	NA	1 (4.0)		1 (1.4)	
Muscle cramps/spasm	1 (2.0)	Upper back (1)	0 (0)	NA	1 (1.4)	Upper back (1)
Arthritis/synovitis/bursitis	1 (2.0)	Wrist (1)	0 (0)	NA	1 (1.4)	Wrist (1)
Total	49 (100)		25 (100)		74 (100)	

Values are presented as number (%) unless otherwise specified.

NA: not applicable.

Table 4. Causes of injuries identified by match game video at 2017 Muju World Taekwondo Championship

Cause of injury	Men	Women	Total
Contact: with another athlete	40 (81.6)	14 (56.0)	54 (73.0)
Noncontact trauma	8 (16.3)	10 (40.0)	18 (24.3)
Contact: stagnant object	1 (2.0)	1 (4.0)	2 (2.7)
Total	49 (100)	25 (100)	74 (100)

Values are presented as number (%).

다(Table 2). 주요 부상 유형은 타박상(28건, 37.8%)이 가장 많았고, 그 다음으로 골절과 인대 파열/염좌(15건, 20.3%), 근육-힘줄 파열/염좌(4건, 5.4%), 뇌진탕(3건, 4.1%) 순이었다(Table 3). 여기서 발생한 뇌진탕은 모두 직접 타격이 있었지만 경미한 수준이었다. 또한 주요 부상 기전은 선수 간에 접촉 부상(54건, 73.0%)이 가장 많았고, 비접촉(noncontact) 부상도 18건(24.3%)이 발생했다(Table 4).

3. 세계태권도선수권대회 경기 비디오의 부상 기전

태권도 1경기당 3라운드로 진행될 때 3라운드에서 가장 많은 부상이 발생했고, 공격(30건, 40.5%)과 수비(31건, 41.9%) 상황에서 유사한 부상 발생 빈도를 보였으며, 부상 발생 시 블록 방어 기술을 사용하지 못하는 경우(60건, 81.1%)가 많았다(Table 5). 부상 시 공격자 앞발이 왼쪽 발(51건, 68.9%), 수비자의 앞발도

왼쪽 발(44건, 59.5%)인 경우가 많았고, 수비자가 전진 스텝(50건, 67.6%)일 때 빈도가 높게 발생했다. 또한 공격자가 돌려차기 할 때(49건, 66.2%)와 같은 부위에 1번 이상의 타격을 받았을 때(68건, 91.9%) 부상 발생률이 높았다(Table 5).

고 찰

전 세계의 태권도 선수들이 올림픽과 세계태권도선수권대회에 출전하기 위해 나라별, 지역별로 많은 수련을 거치고 여러 경기를 치렀다. 태권도는 격투 스포츠로 선수들의 부상 위험이 항상 존재한다¹⁶. 본 연구는 무주 세계태권도선수권대회 기간에 선수들의 부상 특성과 부상 기전을 자세히 분석하기 위해 자체적으로 개발한 경기 비디오 자료가 포함된 부상 감시 시스템을 기반으로 분석하였다. 971명의 선수들이 치열하게 경쟁하면서

Table 5. Main results identified by match game video at 2017 Muju World Taekwondo Championship

Variable	Data
Injury match round	
1	24 (32.4)
2	25 (33.8)
3	25 (33.8)
Injury situation	
Attacking	30 (40.5)
Defending	31 (41.9)
Avoiding	13 (17.6)
Blocking skill	
Used	14 (18.9)
Not used	60 (81.1)
Attacker foot position	
Left	51 (68.9)
Right	23 (31.1)
Receiver foot position	
Left	44 (59.5)
Right	30 (40.5)
Receiver foot step	
Forward	50 (67.6)
Backward	24 (32.4)
Attacker techniques	
Roundhouse kick	49 (66.2)
Punch	13 (17.6)
Side kick	8 (10.8)
Axe kick	2 (2.7)
360° spinning kick	2 (2.7)
Multiple blows	
0	6 (8.1)
1	34 (45.9)
2-3	17 (23.0)
4-5	12 (16.2)
>6	5 (6.8)

Values are presented as number (%).

발생한 부상은 131건(77.8/1,000 AEs, 13.5/100 AEs)이며, 경기 비디오 자료로 분석 가능한 부상은 74건이다. 이중에서 주요 부상은 얼굴, 상지 및 하지 부위에 타박상, 골절 및 인대 파열 유형이 경기 시 선수 간에 접촉된 기전으로 발생했다.

2017 세계태권도선수권대회에서 전체적으로 971명 중 77.8/1,000 AEs (131건)의 부상이 발생했지만, 과거 1999 세계태권도선수권대회 108.1/1,000 AEs¹⁴, 2008 베이징 올림픽 114.9/1,000 AEs⁵, 2012 런던 올림픽 164.5/1,000 AEs⁶, 2016 리우 올림픽 100.1/1,000 AEs⁷의 부상 발생률보다는 낮아진 것으로 확인되었다. 본 연구에서는 OISS에 기록된 전체 부상 중 분석 가능한 경기 비디오 자료 74건을 기반으로 부상 부위, 유형 및 기전을 분석하였고, 기존 태권도 선행 연구에서 경기 비디오 자료를 기반

으로 전신 신체 부위 부상을 기록한 연구가 없기 때문에 경기 비디오 부상 발생률을 비교하는 것은 타당하지 않다고 생각한다.

세계태권도선수권대회 경기에서 선수 간에 신체 접촉(contact)에 의한 부상 기전으로 타박상(contusion)/혈종(hematoma)/멍(bruise)의 부상 유형이 얼굴 부위에서 가장 높았다. 그 다음으로는 신체 접촉과 비접촉에 의한 부상 기전이 골절(fracture)과 인대 파열(ligament rupture) 같은 부상 유형이 무릎, 발목과 손가락 등 하지와 상지 부위에 많이 발생했다. Beis 등¹⁷의 연구에서는 세계태권도선수권대회 선수들의 뇌진탕 부상이 가장 높았고, 팔과 다리 부위 골절과 좌상이 높았다. 하지만 과거와 현재의 부상 부위와 유형의 차이를 분석해 볼 때 태권도 경기 규칙 변경으로 선수들이 경기에서 승리하기 위해서 발차기 공격 및 방어로 인해 넘어지는 감점 주의와 10초 이상 한발 들고 서서 연속 공격하는 발차기 대신 한 발 들고 짧게 끊어서 돌려 차는 변칙 발차기 기술이 많아졌고 전자 보호 장비 및 전자 점수 시스템 도입으로 선수들이 강한 파워로 소리를 크게 내기 위한 과거 경기 방식보다는 보호 장비 센서를 정확하고 살짝 터치해도 점수를 얻을 수 있는 경기 전략 방식으로 변경하여 훈련 및 경기를 하기 때문에 과거에 뇌진탕 부분이 높았던 부상 유형이 감소하고 상지와 하지 부위 관절에 인대 및 힘줄과 뼈 및 연골 부위 부상이 증가하는 이유로 부상 특성에 차이가 있다고 생각한다^{13,18}.

본 대회에서 뇌진탕으로 확인된 경기 비디오 파일은 3건(4.1%)으로 모두 경미한(mild) 정도의 부상이었는데, 현장 의료진은 적절하게 뇌진탕 진단과 치료를 조치하였고 비디오 분석 시 직접적으로 상대 선수의 발이 부상 선수의 머리와 얼굴 부위에 직접적인 타격이 있었다. 태권도에서 가장 높은 점수를 획득하기 위해 선수들은 모두 머리와 얼굴 부위에 공격하는 훈련과 전략을 세운다¹⁹. 선행 연구에서 알 수 있듯이, 현재 태권도 경기 규칙의 변경과 보호장비 및 전자 점수 시스템의 개선, 머리의 강한 공격보다는 몸통과 머리를 짧게 끊어서 정확하게 터치하고 피하는 발차기 움직임 기술의 다양화, 그리고 현지 조직위원회와 의료진의 협력과 최신 의료 시스템 접근성의 개선으로 뇌진탕의 빈도와 부상 정도가 감소했지만, 여전히 선수들의 생명에 위험 요소가 남아있기에 부상 발생 시 적극적으로 현장에 개입하여야 하고, 추후 경기 재개 절차를 강화하는 것이 합리적이다^{13,20}.

세계태권도선수권대회 선수들이 최신 경기 규칙을 기반으로 많은 부상 위험 노출을 감수하며 이기기 위한 훈련과 여러 경기 전략을 감안할 때 부상이 많이 발생하는 특성은 라운드마다 공격과 수비 상황에서 모두 높은 부상률을 보였고, 상대 선수 공격 시 블록 방어 기술을 놓친 상황이 81%가 넘었다. 선수와 코치들이 방어 기술을 훈련할 때 이런 상황을 고려해야 될 것이다^{13,16}.

또한 부상 상황 시 공격자와 수비자가 모두 원발이 마주하고 있을 때 부상이 높게 발생하는 것으로 보아 공격자가 원발을 기준으로 오른발 발차기 상황 때 수비자가 방향을 변경하거나 상대 발차기에 맞대응하여 전진 스텝으로 수비할 때 발생하기 때문에 이러한 수비 패턴 기술을 보완할 필요가 있다고 생각한다. 공격자가 돌려차기와 펀치할 때 주로 부상이 발생하는데, 돌려차기는 경기 시 주로 사용하는 발차기로 새로운 변칙 돌려차기 기술들이 사용되고 있고, 선수 간에 근거리 상황에서 빠른 펀치 기술로 인해 공격자와 수비자 모두 손가락, 손, 아래팔에 부상이 발생하는 경우가 많다^{19,21}. 또한 선수가 비접촉으로 인한 부상 상황 시 공격자가 발차기 하기 위해 한 발로 지탱하거나 수비자가 빠르게 피하기 위해 방향을 전환하다가 무릎과 발목에 염좌가 발생하는 경우도 높은 것으로 보아 평소 훈련 시 신경근 훈련 및 컨디셔닝 프로그램 설정을 고려할 것을 권장한다²².

격투 스포츠로서 선수들이 같은 부위에 1번 이상의 타격을 반복적으로 받았을 때 부상 위험이 높기 때문에 방어 기술과 공격 스텝 전환 기술을 다양하게 훈련할 필요가 있다.

선행 연구에서 태권도 선수들이 경기 시 사용하는 기본 발차기의 최대 파워는 앞발차기 4,700 N²³, 돌려차기 4,000 N²⁴, 뒤차기 5,300 N이며²³, 인체의 정강뼈 5,000 N²⁵, 전방십자인대 1,725 N²⁶, 아킬레스건 5,091 N²⁷의 최대 파워가 발생하면 골절과 파열이 발생하는 것으로 알려져 있다. 하지만 현재 태권도 상지와 하지 보호 장비는 태권도 발차기를 보호하기에 충분한 충격 흡수력으로 제작되어 있지 않다²⁸. 따라서 본 연구에서 태권도 선수들의 상지와 하지에 골절과 인대 파열과 같은 부상 정도가 심한 유형들이 주로 발생하는 것으로 보아 향후 태권도 상지 및 하지 보호 장비의 충격 흡수 완충 효과를 높이기 위해 장비 재질의 특성을 다시 검토하고 스포츠의과학적 실험 연구를 기반으로 보호 장비 통과 기준과 제작 기준을 정립할 필요가 있다고 생각한다.

국내·외 세계태권도선수권대회에서 부상 역학 연구를 진행하는 데 많은 어려움이 있지만 세계태권도연맹, 조직위원회, 선수, 코치, 의료진의 배려로 더운 날씨와 경기 진행에 대한 불편함에도 불구하고 대회 현장에서 최신 부상 감시 시스템과 경기 비디오 자료를 기반으로 최신 부상 역학 연구가 진행되었다는 점에서 본 연구가 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 본 연구의 몇 가지 제한점은 다음과 같다. 첫째, 대회에 참여한 선수 중에서 부상을 입은 일부 선수들의 경기 비디오 자료를 기반으로 분석하였기 때문에 세계 태권도 선수 전체로 일반화할 수 없다. 둘째, 2017년도에 발생한 부상을 분석했으므로 현재의 선수 부상 위험 요인을 분석할 때에는 대회 규칙, 보호장비, 태권도 기술의 변화 등을 고려해야 한다. 향후 최신 업데이트되는 전향적 역학 연구를

진행하는 데 더 많은 표본과 경기 비디오 자료를 수집하여 진행할 수 있도록 더 편리한 인공지능 및 사물 인터넷과 같은 정보통신기술을 활용한 부상 감시 시스템을 개발하여 진행할 필요가 있고, 세계태권도연맹과 대한태권도협회에서 많은 대회를 개최하기에 앞서 선수 부상 예방과 경기력 향상을 위한 위원회, 가이드라인, 부상 및 질병 예방 프로그램, 부상 및 질병 감시 시스템을 지속적으로 체계적으로 정립하여 스포츠 선진국에 보다 부합하는 정책이 필요하다고 생각된다.

Conflict of Interest

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

Acknowledgments

This study was conducted in cooperation with the World Taekwondo Championship Medical & Anti-Doping Committee, which is part of the World Taekwondo Sports and Event Management Department and IOC Research Centre Korea (Yonsei Institute of Sports Science and Exercise Medicine); the latter is dedicated to preventing injury to and protecting athletes. We acknowledge all athletes at the 2017 WTC who participated in this study. We deeply appreciate the cooperation of all team physicians and the Yonsei Institution of Sports Science and Exercise Medicine and Muju Taekwondo Committee medical staff who volunteered their time to collect the data for this project. We would like to thank World Taekwondo for all practical support.

ORCID

Hee Seong Jeong <https://orcid.org/0000-0001-8318-7322>
 Gyu Suk Park <https://orcid.org/0000-0002-7876-3169>
 Tae Kyu Kang <https://orcid.org/0000-0002-7274-0476>
 Min Jin Kim <https://orcid.org/0000-0002-9431-1306>
 Hyung Gyu Jeon <https://orcid.org/0000-0002-8782-5341>
 Sae Yong Lee <https://orcid.org/0000-0002-0526-3243>

Author Contributions

Conceptualization: HSJ. Data curation: GSP. Formal analysis:

TKK. Project administration: MJK. Writing-original draft: HSJ, SYL. Writing-review & editing: HGJ.

References

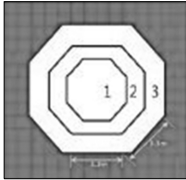
1. Kukkiwon. Taekwondo textbook. Seoul: Osung Publishing; 2006.
2. International Olympic Committee (IOC). History of Taekwondo [Internet]. Lausanne, Switzerland: IOC; c2022 [cited 2021 Mar 15]. Available from: <https://olympics.com/en/sports/taekwondo/#discipline-history-of>
3. World Taekwondo (WT). World Taekwondo event calendar [Internet]. Seoul: WT; 2019 [cited 2020 Jun 15]. Available from: http://www.worldtaekwondo.org/calendar/cld_index.html
4. Korea Taekwondo Association (KTA). Annual schedule in Korea Taekwondo Association [Internet]. Seoul: KTA; 2019 [cited 2020 Jun 15]. Available from: <https://www.koreataekwondo.co.kr/e001>
5. Junge A, Engebretsen L, Mountjoy ML, et al. Sports injuries during the Summer Olympic Games 2008. *Am J Sports Med* 2009;37:2165-72.
6. Derman W, Schwellnus M, Jordaan E, et al. Illness and injury in athletes during the competition period at the London 2012 Paralympic Games: development and implementation of a web-based surveillance system (WEB-IISS) for team medical staff. *Br J Sports Med* 2013;47:420-5.
7. Soligard T, Steffen K, Palmer D, et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: a prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br J Sports Med* 2017;51:1265-71.
8. Junge A, Engebretsen L, Alonso JM, et al. Injury surveillance in multi-sport events: the International Olympic Committee approach. *Br J Sports Med* 2008;42:413-21.
9. Soligard T, Steffen K, Palmer-Green D, et al. Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. *Br J Sports Med* 2015;49:441-7.
10. Soligard T, Palmer D, Steffen K, et al. Sports injury and illness incidence in the PyeongChang 2018 Olympic Winter Games: a prospective study of 2914 athletes from 92 countries. *Br J Sports Med* 2019;53:1085-92.
11. World Taekwondo (WT). WTF Reinforces commitment to athlete safety with YISSEM MoU [Internet]. Seoul: WT; 2017 [cited 2021 Mar 20]. Available from: <http://www.worldtaekwondo.org/wtnews/view.html?nid=27931&sc=ne&w=yissem>
12. Jeong HS, Lee SY, Kim S, et al. Injuries and illnesses of Korean athletes during the Almaty Winter Universiade Games 2017. *Korean J Sports Med* 2018;36:118-25.
13. Jeong HS, Ha S, Jeong DH, O'Sullivan DM, Lee SY. Injury and illness in World Taekwondo Junior Athletes: an epidemiological study. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:2134.
14. Koh JO, Watkinson EJ. Video analysis of blows to the head and face at the 1999 World Taekwondo Championships. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42:348-53.
15. Knowles SB, Marshall SW, Guskiewicz KM. Issues in estimating risks and rates in sports injury research. *J Athl Train* 2006;41:207-15.
16. Thomas RE, Thomas BC, Vaska MM. Injuries in Taekwondo: systematic review. *Phys Sportsmed* 2017;45:372-90.
17. Beis K, Tsaklis P, Pieter W, Abatzides G. Taekwondo competition injuries in Greek young and adult athletes. *Eur J Sports Traumatol Relat Res* 2001;23:130-6.
18. Pieter W, Fife GP, O'Sullivan DM. Competition injuries in taekwondo: a literature review and suggestions for prevention and surveillance. *Br J Sports Med* 2012;46:485-91.
19. Fife GP, O'sullivan DM, Lee SY. Rotational and linear head accelerations from taekwondo kicks and punches. *J Sports Sci* 2018;36:1461-4.
20. Son B, Cho YJ, Jeong HS, Lee SY. Injuries in Korean Elite Taekwondo Athletes: a prospective study. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:5143.
21. Pieter W. Taekwondo. In: Caine DJ, Harmer PA, Schiff MA, editors. *Epidemiology of injury in Olympic sports*. Chichester: Wiley-Blackwell; 2010. p. 249-59.
22. Dargo L, Robinson KJ, Games KE. Prevention of knee and anterior cruciate ligament injuries through the use of neuromuscular and proprioceptive training: an evidence-based review. *J Athl Train* 2017;52:1171-2.
23. Bae YS. Relationship between the impact value of electronic body protector and the impact force of force platform in the Taekwondo. *Korean J Sport Biomech* 2013;23:125-30.
24. Wąsik J, Shan G. Target effect on the kinematics of Taekwondo Roundhouse Kick: is the presence of a physical target a stimulus, influencing muscle-power generation? *Acta Bioeng Biomech* 2015;17:115-20.
25. Martin RB, Burr DB, Sharkey NA, Fyhrie DP. *Skeletal tissue mechanics*. 2nd ed. New York: Springer; 2015.
26. Beumer A, van Hemert WL, Swierstra BA, Jasper LE, Belkoff SM. A biomechanical evaluation of the tibiofibular and tibiotalar ligaments of the ankle. *Foot Ankle Int* 2003;24:426-9.
27. Wren TA, Yerby SA, Beaupré GS, Carter DR. *Mechanical*

properties of the human achilles tendon. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2001;16:245-51.

evaluation of protective equipment for the forearm, shin, hand and foot in Taekwondo. J Sports Sci Med 2019;18:376-83.

28. Jeong HS, O'Sullivan DM, Lee SC, Lee SY. Safety

Appendix 1. Video analysis form of Taekwondo injuries

Category	Indicator
Athletes license number	()
Match number/match round	() <input type="checkbox"/> 128 <input type="checkbox"/> 64 <input type="checkbox"/> 32 <input type="checkbox"/> 16 <input type="checkbox"/> QF <input type="checkbox"/> SF <input type="checkbox"/> GM
Round	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> Sudden death
Injury time	Time: __:__ <input type="checkbox"/> 0:00~0:30 <input type="checkbox"/> 0:31~1:00 <input type="checkbox"/> 1:01~1:30 <input type="checkbox"/> 1:31~2:00
Weight division (male/female)	Male: <input type="checkbox"/> -54kg, <input type="checkbox"/> -58kg, <input type="checkbox"/> -63kg, <input type="checkbox"/> -68kg, <input type="checkbox"/> -74kg, <input type="checkbox"/> -80kg, <input type="checkbox"/> -87kg, <input type="checkbox"/> +87kg Female: <input type="checkbox"/> -46kg, <input type="checkbox"/> -49kg, <input type="checkbox"/> -53kg, <input type="checkbox"/> -57kg, <input type="checkbox"/> -62kg, <input type="checkbox"/> -67kg, <input type="checkbox"/> -73kg, <input type="checkbox"/> +73kg
Injury information	
▷Injured body part	()
▷Type of injury	()
▷Cause of injury	()
▷Blow situation	
a. Injury situation	<input type="checkbox"/> Attacking <input type="checkbox"/> Defending
b. Receiver's situation	<input type="checkbox"/> kicking each other <input type="checkbox"/> Avoiding
c. Blocking skill	<input type="checkbox"/> Used <input type="checkbox"/> Not used
d. Which side of the foot in front/or foot step	Attacker: <input type="checkbox"/> Left <input type="checkbox"/> Right/ <input type="checkbox"/> Forward <input type="checkbox"/> Backward <input type="checkbox"/> Side Receiver: <input type="checkbox"/> Left <input type="checkbox"/> Right/ <input type="checkbox"/> Forward <input type="checkbox"/> Backward <input type="checkbox"/> Side
▷Attack technique	<input type="checkbox"/> Punch <input type="checkbox"/> Axe kick <input type="checkbox"/> Back kick <input type="checkbox"/> Roundhouse kick <input type="checkbox"/> Side kick <input type="checkbox"/> 360-spinning kick <input type="checkbox"/> Turning roundhouse kick Comments:
▷Presence of multiple blows	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> etc.() Before match number(match round)/ Presence of multiple blows [()/ , ()/ , ()/ , ()/ , ()/]
▷Injured stadium location	 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> Other
▷Checked injury immediately	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No