KJAB
Korean Journal of Applied Biomechanics 2024; 34(4): 222-231
http://dx.doi.org/10.5103/KJAB.2024.34.4.222
http://e-kjab.org eISSN 2093-9752
ORIGINAL

Kinematic Differences according to the Types of Front Leg Roundhouse Kicks in Taekwondo

태권도 앞발 돌려차기 유형에 따른 운동학적 차이

Sihyun Ryu[1], Sang-Kyoon Park[1], Jae-Myong Park[2], Hye-Ri Oh[1], Kwang-Chae Jung[1]

[1]Department of Physical Education, Korea National Sport University, Seoul, South Korea
[2]Department of Youth Guidance and Sport Education, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 05 December 2024
Revised : 10 December 2024
Accepted : 10 December 2024

Corresponding Author
Kwang-Chae Jung
Department of Physical Education, Korea National Sport University, 1239, Yangjaedaero, Songpa-gu, Seoul, 05541, South Korea
Email : naekkumj@knsu.ac.kr

Objective: This study aims to examine the kinematic differences between the types of front leg roundhouse kicks in Taekwondo.

Method: The participants were 9 male Taekwondo athletes (Age: 20.6 ± 1.3 years, Height: 185.7 ± 7.6 cm, Body Weight: 69.7 ± 13.8 kg, Career: 10.6 ± 2.7 years). Each participant performed six trials of Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick [AD]) and Balbutyeo-Dollyeochagi (foot to foot roundhouse kick [BD]). The three most successful scoring attempts for each type were analyzed. The analysis phases were divided into reaction phase (P1), preparation phase (P2), and kicking phase (P3). Kinematic parameters such as the anterior-posterior (A/P) movement of the center of mass (COM), lower limb segment velocity, joint angles, and angular velocities were calculated to compare the two techniques.

Results: In the P1, the AD exhibited a shorter execution time than the BD (p<.05). During the P1 and P2, the A/P displacement of the COM was smaller in the AD compared to the BD, while the displacement was larger during the P3 (p<.05). Additionally, joint angle differences were observed between the two techniques across all phases (p<.05).

Conclusion: These findings suggest that the AD can be effectively utilized for its quick reaction time and suitability for short distances. On the other hand, the BD can be advantageous for managing distances through A/P movement adjustments.

Keywords: Taekwondo, Front leg roundhouse kick, Foot to foot roundhouse kick, Kinematic

INTRODUCTION

태권도 겨루기 경기는 2000년 시드니 올림픽에서 정식 종목으로 처음 채택된 이후, 2028년 LA 올림픽까지 8회 연속 올림픽 정식 종목으로 자리 잡았다(World Taekwondo, 2024). 그 동안 세계 각국은 겨루기 종목의 경기력 강화를 위하여 꾸준히 투자하며, 뛰어난 신체 조건을 바탕으로 국제 대회에서 종합 우승을 거두기도 했다. 이에 따라 우리나라 겨루기 선수들의 기술과 경기력은 과거와 달리 세계 각국의 수준과 격차가 점차 줄어들며 평준화되고 있는 실정이다(Jung, 2017). 또한, 심판 판정에 대한 공정성 확보를 위하여 2009년 세계태권도선수권대회부터 도입된 전자호구는 주요 사용기술 및 득점 방식을 변화시키고 있다(Ahn, 2010; Hwang, 2017; Song, 2011; World Taekwondo, 2024). 이렇듯, 우수한 신체 조건을 지닌 세계 각국 선수들의 경기력이 앞으로도 계속 성장할 것이라 전망되고 있다는 측면(Choi, Hong & Choi, 2009; Yang,

Copyright © 2024 Korean Journal of Applied Biomechanics
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kim & Cho, 2007)에서 우리나라의 태권도 겨루기 경쟁력을 유지하기 위해서는 현장에서 활용 가능한 다양한 기술 개발 및 과학적 접근이 요구된다.

태권도 경기에서 승패를 결정하고 경기력을 의미하는 것이 득점이라는 점(Jung & Kim, 2018a; Moon, Lee, Kim & Jung, 2013)에서 득점과 관련된 선수들의 경기운영능력을 분석하는 것은 매우 중요하다(Kim & Ryu, 2020). 전자호구가 도입된 후, 태권도 경기운영능력을 분석한 연구(Jung, 2017; Jung, 2018; Jung & Kim, 2018b; Jung & Yang, 2016; Kim & Ryu, 2020; Kim & Yang, 2018; Moon, 2017; Moon & Jung, 2014; Moon, Kim & Park, 2015; Moon, Park & Lee, 2018; Park & Suh, 2019)에서는 주요 공격 기술을 포함한 성별, 체급별, 경기유형별 경기운영능력을 분석해왔다. 특히, 선제 득점을 획득하는 선수가 65% 이상 승리하는 것으로 보고되었으며(Kim & Yang, 2018), 승리 선수의 앞발 사용 빈도가 뒷발에 비하여 60% 이상, 몸통 공격이 얼굴 공격에 비하여 약 80%, 전체 기술 중 돌려차기 사용 빈도가 약 60%로 보고되었다(Kim & Ryu, 2020). 위 연구들을 통하여 알 수 있듯이, 차등점수제로 5점까지 획득할 수 있음에도 돌려차기 의존도가 매우 높고(Kim & Jung, 2019), 대부분 앞발 돌려차기로 몸통 공격을 수행하는 것으로 나타났다. 따라서 최근 겨루기 경기에서 가장 빈번하게 나타나는 앞발을 사용한 돌려차기 기술에 대한 동작분석 및 운동역학적 접근이 필요한 시점이다.

앞발을 사용한 돌려차기 유형으로는 '발붙여 돌려차기'와 '앞발 돌려차기'가 있다. '발붙여 돌려차기'는 전자호구 도입 이전부터 현재까지 높은 사용 빈도를 보였던 기술로, 겨룸새에서 뒷발이 앞발 위치로 빠르게 내딛음과 동시에 앞발을 들어 상대를 돌려차는 기술을 의미한다(Lee & Chin, 2011; Cho & Chung, 2001). 또한, '앞발 돌려차기'는 전자호구 도입 이후에 급격히 사용 빈도가 증가한 기술로, 겨룸새에서 뒷발 움직임 없이 앞발만 빠르게 들어 상대를 돌려차는 기술을 의미한다(Park, Oh, Hong, Shin & Song, 2016; Lee & Song, 2020). 이와 관련하여 앞발을 사용한 돌려차기에 대한 운동역학적 연구를 살펴보면, 발붙여 돌려차기의 경우, 양발을 대각선(약 45도)으로 나란히 놓고 겨룸새를 취하는 것이 속도 및 파워 측면에서 가장 효율적이라고 보고되었으며(Lee & Chin, 2011), 발붙여 돌려차기는 전진거리와 전진 속도를 크게 할 수 있어 유용한 선제 공격 기술이라고 언급하였다(Cho & Chung, 2001). 또한, 앞발 돌려차기는 차는 발이 지면에서 떨어지기 전, 준비동작을 단축하는 것이 효율적이며, 차는 다리의 고관절 굴곡 움직임을 최대한 빠르게 수행하는 것이 효과적이라고 보고하였다(Park et al., 2016). 그러나 현재 겨루기 경기에서 호구 내부에 내장된 압전 센서와 발목 보호대 내의 자석으로 접촉을 인식하고, 충격량을 기반으로 득점이 표출되는 전자호구를 사용한다는 측면(Ki, Jeong & Lee, 2019)에서 득점이 인정된 기술을 분석하는 것이 그 무엇보다 중요하다. 또한, 두 가지 기술은 앞발을 사용한다는 점에서 유사한 기술이지만, 뒷발 사용 유무에 따른 분명한 차이가 있다(Lee & Chin, 2011; Cho & Chung, 2001; Park et al., 2016). 따라서 겨루기 경기에서 가장 사용 빈도가 높은 앞발 돌려차기의 두 가지 유형에 대한 운동학적 차이를 살펴보고, 앞발 돌려차기의 유형별 특성을 분석할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 태권도 앞발 돌려차기 유형별 운동학적 차이를 살펴보고자 하였다. 이때, 본 연구의 가설은 다음과 같다. 첫째, 앞발 돌려차기 유형 간에 소요시간과 신체중심의 전후 움직임은 차이가 있을 것이다. 둘째, 앞발 돌려차기 유형 간에 하지분절 선속도는 차이가 있을 것이다. 셋째, 앞발 돌려차기 유형 간에 하지관절 가동범위는 차이가 있을 것이다.

METHOD

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 전국태권도대회 입상 경력이 있는 남자 선수 9명(Age: 20.6±1.3 years, Height: 185.7±7.6 cm, Body weight: 69.7±13.8 kg, Career: 10.6±2.7 years)을 모집하였다. 연구 진행 전에 연구목적 및 내용과 대상자의 익명 보장에 대해 설명하고 모든 대상자의 자발적 동의를 얻은 후 연구를 진행하였다.

2. 실험 절차

태권도 앞발 돌려차기 동작을 촬영하기 위하여 8대의 비디오 카메라(DSC-RX0 Mark2, Sony Corporation, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, 촬영속도는 120 Hz, 해상도는 1920 x 1080로 촬영하였다. 또한, 카메라 간 시간과 잔상까지 완전한 동조(Synchronization)를 위하여 카메라에 CCB-WD1 Control Box (Sony Corporation, Tokyo, Japan)를 연동하였으며, Video Sync와 Bullet-Time 기능을 적용하여 완벽한 동일 시점의 비디오 영상으로 분석하였다. 공간 설정과 운동 방향은 공격자가 전방 움직이는 방향을 +Y 축으로, 우측 방향을 +X 축으로, 수직 방향을 +Z 축으로 하는 3차원 공간(Global Coordination System [GCS])을 설정하였다(Figure 1). 모든 대상자에게 충분한 준비운동 시간을 제공한 후, 경기 상황과 동일한 경기복과 전자호구 및 헤드기어(KPNP, Korea)를 착용하도록 하였다. 앞발 돌려차기와 발붙여 돌려차기는 각각 6회씩 수행할 수 있도록 기회를 주었으며, 득점에 성공한 기술 3회씩 분석에 활용하였다. 이때, 득점에 성공한 기술을 비교해야 한다는 점에서 상대의 움직임은 최소화하였으며, 공격자는 실제 경기

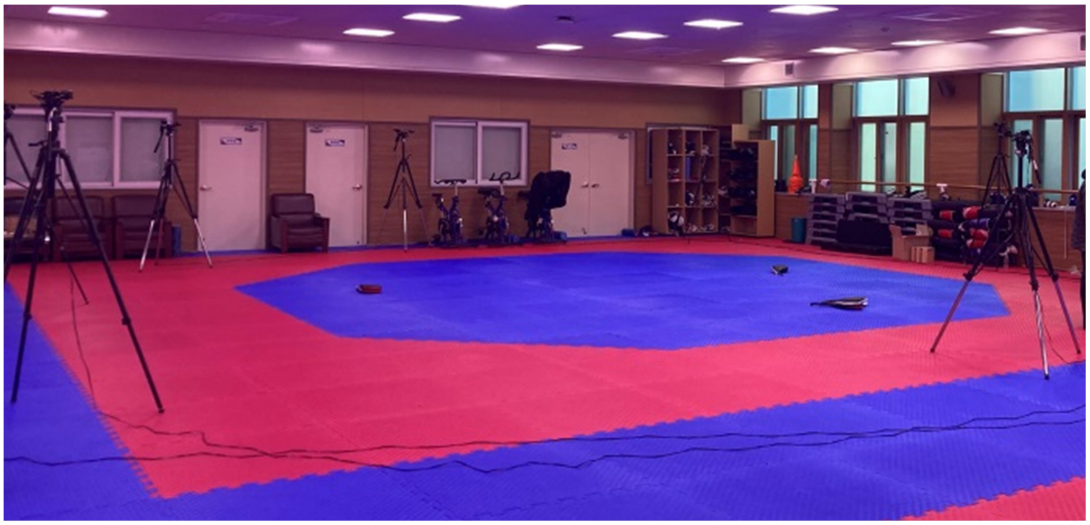

Figure 1. Global coordination system camera setup for Taekwondo

상황과 가장 유사한 형태에서 차기를 수행하도록 유도하였다.

3. 자료 처리

태권도 앞발 돌려차기 동작에 대한 운동학적 변인을 산출하기 위하여 비디오 추적 방식 딥러닝 알고리즘이 적용된 Theia3D Markerless system (Theia3D Markerless Inc., Canada)을 사용하였다. 인체분절을 딥러닝 알고리즘으로 해석하여 분절 좌표계(Segment Coordination System [SCS])와 인체관절에 대한 3차원 관절 좌표계(Joint Coordination System [JCS])를 <Figure 2>와 같이 구현하였다. 이때, 영상 자료 수집 과정에서 발생한 오차(noise)는 Butterworth 2nd order low-pass filter로 제거하였으며, 차단주파수는 6 Hz로 설정하였다. 그리고 태권도 앞발 돌려차기의 주요 운동학적 변인은 Visual3D (C-motion Inc., USA)에서 산출하였다.

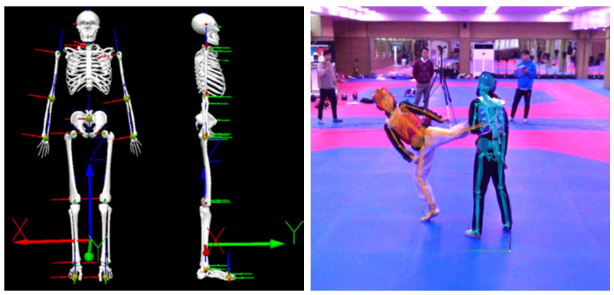

Figure 2. Human anatomical model for the definition of segment and joint systems

4. 분석 구간

분석 구간은 태권도 앞발 돌려차기를 효율적으로 분석하기 위하여 <Figure 3>과 같이 설정하였다. 우선, 차기 직전, 신체중심(center of mass [COM])이 가장 낮은 순간(Event 1), 차는 발(앞발)이 지면에서 떨어지는 순간(Event 2), 차는 발(앞발)의 무릎관절이 최대로 굴곡된 순간(Event 3), 차는 발(앞발)의 무릎관절이 최대로 신전되는 순간(Event 4)로 정의하고 반응구간(Phase 1)과 준비구간(Phase 2), 차기구간(Phase 3)을 분석하였다.

5. 분석 변인

본 연구에서는 구간별 소요시간과 신체중심(COM), 주요 하지관절각, 하지분절의 선속도를 산출하였다. 우선, 신체중심은 인체 측정학 모델을 기준으로 각 분절의 근위 및 원위 관절점의 위치값과 분절 질량비를 고려하여 산출하였으며(Hamill & Ryu, 2003; Winter, 2009), COM 산출 과정에서 앞발 돌려차기의 대표적인 특성을 비교하기 위하여 대퇴 및 하퇴분절의 선속도를 함께 제시하였다. 또한, 엉덩관절 및 무릎관절각은 관절 좌표계(JCS)에 대한 방향별 각도를 산출하였으며, 이때, 엉덩관절 및 무릎관절의 굴곡각(+)과 신전각(−), 엉덩관절의 내전각(+)과 외전각(−), 내측회전각(+)과 외측회전각(−)을 앞발 돌려차기의 유형에 따른 차이를 제시하였다.

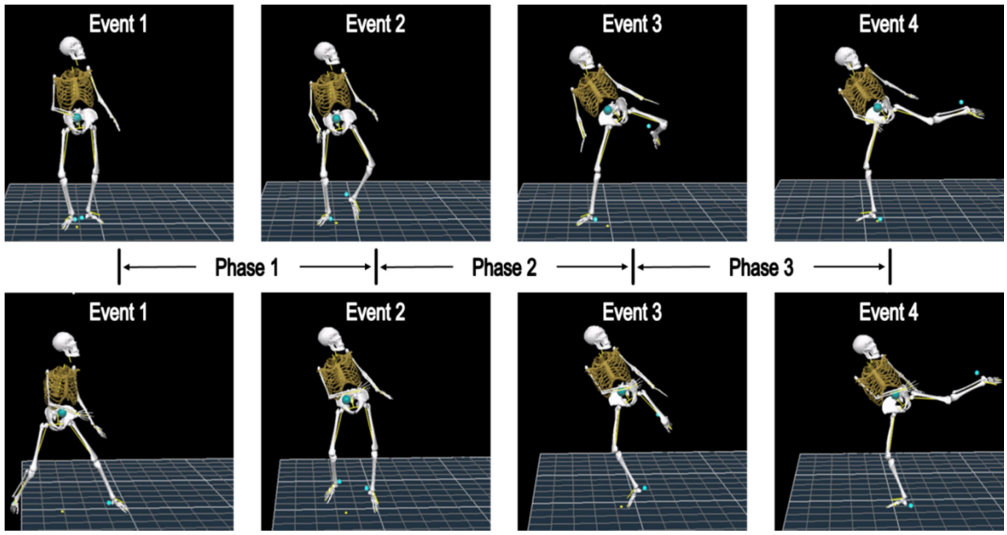

Figure 3. Event & Phase.

Table 1. Differences in time at each phase

Phase	AD	BD	*t* value	*p* value	Effect size (Cohen's *d*)
P1	0.06±0.03	0.20±0.01	4.61	< .001	6.26
P2	0.12±0.01	0.13±0.01	.64	.530	1.00
P3	0.18±0.01	0.17±0.01	.36	.725	1.00

AD: Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), BD: Balbutyeo-Dollyeochagi (foot to foot roundhouse kick)
*indicates statistically significant difference between points

Table 2. Differences in anteroposterior COM movement at each phase

Variables	Phase	AD	BD	*t* value	*p* value	Effect size (Cohen's *d*)
A/P COM displacement (m)	P1	0.05±0.02	0.27±0.02	7.61	< .001	11.00
	P2	0.14±0.01	0.17±0.01	2.85	< .05	3.00
	P3	0.18±0.01	0.15±0.01	2.3	< .05	3.00
A/P COM velocity (m/s)	P1	0.37±0.25	0.71±0.38	.73	.477	1.06
	P2	0.57±0.35	0.74±0.39	.33	.748	0.46
	P3	0.56±0.33	0.49±0.25	.16	.874	0.24

AD: Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), BD: Balbutyeo-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), A/P: anteroposterior, COM: center of mass
*indicates statistically significant difference between points

6. 통계 처리

본 연구에서는 태권도 앞발 돌려차기 유형 간 신체중심의 변화와 하지관절각, 하지분절 속도를 비교하기 위하여 대응표본 *t* 검증(paired *t*-test)를 실시하였다. 이때, 효과크기(Cohen's *d*)도 함께 제시하였으며, 모든 통계적 유의수준은 α=.05로 설정하였다.

RESULTS

1. 소요시간

태권도 앞발 돌려차기 유형에 따른 구간별 소요시간을 비교한 결과는 <Table 1>과 같으며, 1구간에서 앞발 돌려차기의 소요시간이 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 짧게 나타났다(p<.05).

2. 신체중심의 전후 움직임

태권도 앞발 돌려차기 유형에 따른 구간별 전후 신체중심의 변위와 속도를 비교한 결과는 <Table 2>와 같으며, 1, 2구간에서 앞발 돌려차기의 전후 신체중심의 변위는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 작게 나타났으나, 3구간에서는 크게 나타났다(p<.05).

Table 3. Differences in the thigh segment's mean velocity of the kick leg at each phase

Variables	Phase	AD	BD	*t* value	*p* value	Effect size (Cohen's *d*)
M/L mean velocity of thigh (m/s)	P1	0.09±0.28	-0.03±0.12	.39	.698	0.56
	P2	0.11±0.32	0.13±0.33	.06	.957	0.06
	P3	-0.18±0.13	-0.05±0.21	.53	.604	0.74
A/P mean velocity of thigh (m/s)	P1	-1.01±0.61	-0.89±0.47	.15	.880	0.22
	P2	-1.04±0.58	-1.01±0.53	.03	.974	0.05
	P3	-0.54±0.30	-0.58±0.27	.09	.930	0.14
S/I mean velocity of thigh (m/s)	P1	0.94±0.10	0.84±0.03	.97	.348	1.35
	P2	1.80±0.06	1.32±0.06	5.62*	< .001	8.00
	P3	-0.02±0.29	-0.34±0.25	.85	.410	1.18

AD: Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), BD: Balbutyeo-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), M/L: medio (–) / lateral (+), A/P: anterior (+) / posterior (–), S/I: superior (+) / inferior (–)
*indicates statistically significant difference between points

Table 4. Differences in the shank segment's mean velocity of the kick leg at each phase

Variables	Phase	AD	BD	*t* value	*p* value	Effect size (Cohen's *d*)
M/L mean velocity of shank (m/s)	P1	0.24±0.50	-0.07±0.05	.61	.548	0.87
	P2	0.12±0.28	0.05±0.30	.15	.882	0.24
	P3	-0.16±0.18	0.06±0.28	.67	.515	0.93
A/P mean velocity of shank (m/s)	P1	-1.19±0.66	-0.54±0.28	.91	.377	1.28
	P2	-1.56±0.87	-1.72±0.94	.12	.903	0.18
	P3	-1.20±0.67	-1.15±0.49	.06	.955	0.09
S/I mean velocity of shank (m/s)	P1	1.79±0.20	0.62±0.03	5.89	< .001	8.18
	P2	3.51±0.11	3.46±0.10	.36	.721	0.48
	P3	0.53±0.66	-0.61±0.81	1.08	.295	1.54

AD: Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), BD: Balbutyeo-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), M/L: medio (–) / lateral (+), A/P: anterior (+) / posterior (–), S/I: superior (+) / inferior (–)
*indicates statistically significant difference between points

3. (차는 발) 하지분절의 선속도

태권도 앞발 돌려차기 유형에 따른 구간별 대퇴 및 하퇴 분절의 선속도를 비교한 결과는 <Table 3, 4>와 같다. 우선, 2구간에서 앞발 돌려차기의 대퇴분절 수직 선속도는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 크게 나타났다(p<.05). 또한, 1구간에서 앞발 돌려차기의 하퇴분절 수직 선속도는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 크게 나타났다(p<.05).

4. (차는 발) 하지관절각

태권도 앞발 돌려차기 유형에 따른 구간별 엉덩관절 및 무릎관절의 가동범위를 비교한 결과는 <Table 5, 6>과 같으며, 각도 및 각속도 변화는 <Figure 4, 5>와 같다. 우선, 엉덩관절의 가동범위의 경우, 1, 2구간에서 앞발 돌려차기의 엉덩관절 굴곡/신전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 작게 나타났으나, 3구간에서는 크게 나타났다(p<.05). 또한, 1, 3구간에서 앞발 돌려차기의 내전/외전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 작게 나타났다(p<.05). 그리고 1구간에서 앞발 돌려차기의 내회전/외회전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 작게 나타났다(p<.05). 마지막으로 2구간에서 앞발 돌려차기의 무릎관절 굴곡/신전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 통계적으로 작게 나타났으나, 3구간에서는 크게 나타났다(p<.05).

DISCUSSION

본 연구에서는 태권도 기술 중 앞발 돌려차기의 두 가지 유형에 대한 운동학적 차이를 살펴보고, 유형별 특성을 분석하고자 하였다. 최근 태권도 겨루기 경기운영과 관련한 연구

Table 5. Differences in the hip joint's ROM of the kick leg at each phase

Variables	Phase	AD	BD	*t* value	*p* value	Effect size (Cohen's *d*)
F/E ROM of hip joint (deg)	P1	7.69±0.86	27.96±2.24	8.46	< .001	11.95
	P2	14.37±2.34	22.28±2.34	.39	< .05	3.38
	P3	34.68±4.17	17.05±2.57	3.6	< .01	5.09
A/A ROM of hip joint (deg)	P1	6.20±2.14	23.21±2.05	5.73	< .001	8.12
	P2	24.96±1.92	24.24±2.11	.25	.803	0.36
	P3	14.85±1.45	20.46±1.37	2.82	< .05	3.98
IR/ER ROM of hip joint (deg)	P1	4.59±1.21	14.48±1.60	4.92	< .001	6.97
	P2	14.15±1.99	16.26±1.15	.92	.372	1.30
	P3	31.52±5.83	23.74±4.13	1.09	.292	1.54

AD: Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), BD: Balbutyeo-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), ROM: range of motion, F/E: flexion (+) / extension (–), A/A: adduction (+) / abduction (–), IR/ER: internal rotation (+) / external rotation (–)
*indicates statistically significant difference between points

Table 6. Differences in the knee joint's ROM of the kick leg at each phase

Variables	Phase	AD	BD	*t* value	*p* value	Effect size (Cohen's *d*)
F/E ROM of knee joint (deg)	P1	19.65±2.87	22.47±1.47	.87	.395	1.24
	P2	50.80±2.21	78.08±4.55	5.4	< .001	7.63
	P3	83.09±4.90	61.56±7.39	2.43	< .05	3.43

AD: Apbal-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), BD: Balbutyeo-Dollyeochagi (front leg roundhouse kick), ROM: range of motion, F/E: flexion (+) / extension (–)
*indicates statistically significant difference between points

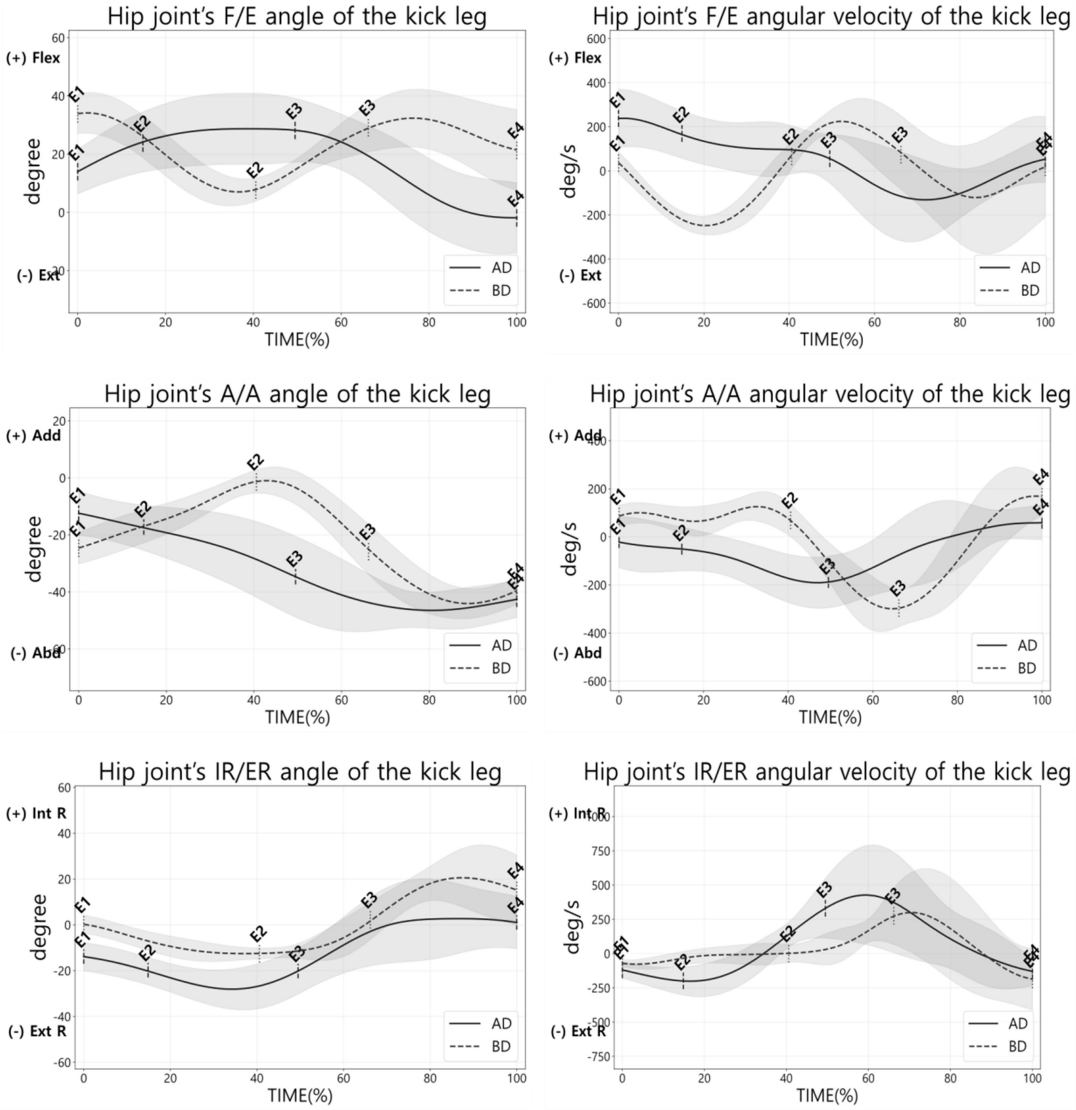

Figure 4. Angle & angular velocity of hip joint (top: flexion / extension, middle: adduction / abduction, bottom: internal rotation / external rotation).

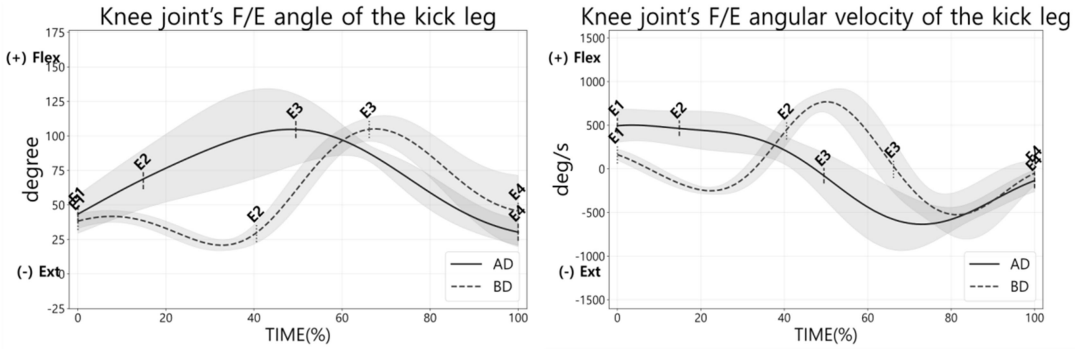

Figure 5. Angle & angular velocity of knee joint (flexion / extension).

(Kim & Ryu, 2020; Kim & Yang, 2018; Moon, 2017; Moon et al., 2015; Moon et al., 2018; Moon & Jung, 2014; Park & Suh, 2019; Jung & Yang, 2016; Jung, 2017; Jung & Kim, 2018b; Jung, 2018)에서 공통적으로 앞발을 이용한 돌려차기 사용 빈도가 매우 높다는 점에서 앞발 돌려차기에 관한 운동역학적 연구가 필요한 시점이었다. 특히, 앞발 돌려차기가 앞발만 사용하는 '앞발 돌려차기'와 뒷발과 앞발이 전방으로 동시에 움직이면서 수행되는 '발붙여 돌려차기'로 나타남에도 불구하고 위의 선행연구에서는 두 가지의 차기에 대한 구분 없이 앞발 돌려차기로 언급해왔다. 두 가지 차기에 대한 운동역학적 연구(Lee & Chin, 2011; Cho & Chung, 2001; Park et al., 2016; Lee & Song, 2020)를 통해서도 알 수 있듯이, 유사한 기술임에도 분명 뒷발 사용 유무에 따른 하지관절의 움직임 원리가 상이할 것으로 예측되며, 전자호구 사용으로 인한 득점 인정 기술에 대한 분석이 중요하다는 측면에서 득점으로 인정된 '앞발 돌려차기'와 '발붙여 돌려차기'에 대한 운동학적 차이를 제시하고 각 차기의 특성을 분석한 이 연구는 태권도 겨루기 선수들에게 경기 상황에 따라 유리한 차기를 제안할 수 있다고 판단된다.

우선, 구간별 소요시간과 신체중심의 전후 움직임을 살펴보면, 반응구간(P1)에서 앞발 돌려차기의 소요시간이 발붙여 돌려차기에 비하여 짧게 나타났으며, 반응구간(P1)에 이어 준비구간(P2)까지의 전후 신체중심의 변위도 발붙여 돌려차기에 비하여 작게 나타났으나, 차기구간(P3)에서는 크게 나타났다. 앞발을 사용한 두 가지 유형의 돌려차기는 뒷발 움직임에 따른 차이가 있으며, 발붙여 돌려차기는 뒷발이 앞발 위치까지 빠르게 내딛음과 동시에 앞발을 들어 돌려차는 기술인 반면(Lee & Chin, 2011; Cho & Chung, 2001), 앞발 돌려차기는 뒷발의 움직임이 거의 없는 상태에서 앞발만 빠르게 들어 돌려차는 기술이다(Park et al., 2016; Lee & Song, 2020). 이를 통하여 발붙여 돌려차기는 전진거리와 속도를 크게 할 수 있는 유용한 선제 공격 기술이라는 점(Cho & Chung, 2001)과 앞발 돌려차기는 차는 발이 지면에서 떨어지기 전, 준비동작을 단축할 수 있는 효율적이고 빠른 공격 기술이라는 점(Park et al., 2016)에서 차는 발이 지면에서 떨어지는 순간까지의 반응시간이 앞발 돌려차기에서 짧게 나타난 것으로 판단되며, 상대적으로 전후 움직임은 발붙여 돌려차기에 비하여 짧게 나타난 것으로 사료된다. 따라서, 앞발 돌려차기 유형 간에 소요시간과 신체중심의 전후 움직임은 차이가 있을 것이라는 첫 번째 가설은 수용되었다.

두 번째로, 반응구간(P1)에서 앞발 돌려차기의 하퇴분절 수직 선속도는 발붙여 돌려차기에 비하여 크게 나타났으며, 준비구간(P2)에서는 대퇴분절 수직 선속도는 크게 나타났다. 이것은 두 가지 기술의 공격 목표(몸통)가 동일하다는 점에서 수직 이동 변위가 거의 동일할 것으로 판단되며, 위에서 언급한 것과 같이 앞발 돌려차기의 소요시간이 발붙여 돌려차기에 비하여 짧게 나타남에 따라(Park et al., 2016) 대퇴 및 하퇴분절의 수직 선속도에서도 크게 나타난 것으로 판단된다. 특히, 신체중심의 전후 움직임에서 두 가지 기술의 차이가 관찰되었음에도 하지분절의 전후 선속도에서 차이가 나타나지 않음에 따라 앞발 돌려차기 유형 간에 하지분절 선속도는 차이가 있을 것이라는 두 번째 가설은 기각되었다.

세 번째로, 앞발 돌려차기와 발붙여 돌려차기의 엉덩관절의 움직임을 살펴보면, 두 가지 기술 모두 차기를 수행하기 위하여 초기 반응구간(P1)과 준비구간(P2)에서 엉덩관절을 외측회전 시키면서 다리를 들어올리고, 차기구간(P3)에서 내측회전 시키면서 돌려차는 유사한 형태를 보였다. 그러나 앞발 돌려차기의 경우, 뒷발의 움직임이 없이 앞발을 빠르게 들어올려야 하므로(Park et al., 2016), 초기 반응구간(P1)과 준비구간(P2)에서 엉덩관절의 굴곡과 외전 움직임이 동시에 나타났으며, 발붙여 돌려차기의 경우 뒷발이 앞발 위치로 빠르게 내딛으면서 앞발을 들어올려야 하므로(Lee & Chin, 2011; Cho & Chung, 2001), 초기 반응구간(P1)까지는 엉덩관절의 신전과 내전 움직임이 먼저 나타난 후, 차는 발이 지면에서 떨어지는 순간(E2)부터 엉덩관절의 굴국과 외전 움직임이 급격히 나타났다. 이와 더불어 무릎관절의 굴곡/신전 움직임에서도 앞발 돌려차기는 초기 반응구간(P1)부터 빠르게 굴곡되는 반면, 발붙여 돌려차기는 준비구간(P2)부터 급격히 굴곡되는 움직임이 나타났다. 따라서 앞발 돌려차기 유형 간에 하지관절 가동범위는 차이가 있을 것이라는 세 번째 가설은 수용되었다.

위 내용을 종합하면, 앞발을 사용하는 앞발 돌려차기와 발붙여 돌려차기는 그 동안 태권도 겨루기 경기분석 연구에서(Jung, 2017; Jung, 2018; Jung & Kim, 2018b; Jung & Yang, 2016; Kim & Ryu, 2020; Kim & Yang, 2018; Moon, 2017; Moon et al., 2015; Moon et al., 2018; Moon & Jung, 2014; Park & Suh, 2019) 동일한 기술로 분류되어 왔으나, 본 연구를 통하여 몇 가지 차이점이 도출되었다. 앞발 돌려차기는 빠른 반응시간과 상대와의 짧은 거리에서도 유용하게 사용될 수 있으며, 발붙여 돌려차기는 상대와의 거리에 따라 전후 움직임을 조절하면서 사용될 수 있다는 점에서 선수들이 이 두 가지 기술을 상황에 따라 적절하게 사용할 수 있도록 상대 움직임을 고려한 전술 훈련이 요구된다. 향후 연구에서는 상대 움직임을 고려한 득점 유무에 따른 다양한 차기의 운동역학적 분석이 이루어지기를 기대한다.

CONCLUSION

본 연구에서는 태권도 앞발 돌려차기 유형별 운동학적 차이를 살펴보고, 유형별 특성을 분석하고자 하였다. 그 결론은 다음과 같다. 우선, 반응구간(P1)에서 앞발 돌려차기의 소요

시간이 발붙여 돌려차기에 비하여 짧게 나타났다. 둘째, 반응구간(P1)과 준비구간(P2)에서 앞발 돌려차기의 전후 신체중심의 변위는 발붙여 돌려차기에 비하여 작게 나타났으나, 차기구간(P3)에서는 크게 나타났다. 셋째, 반응구간(P1)에서 앞발 돌려차기의 하퇴분절 수직 선속도는 발붙여 돌려차기에 비하여 크게 나타났으며, 준비구간(P2)에서 앞발 돌려차기의 대퇴분절 수직 선속도는 발붙여 돌려차기에 비하여 크게 나타났다. 넷째, 반응구간(P1)과 준비구간(P2)에서 앞발 돌려차기의 엉덩관절 굴곡/신전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 작게 나타났으나, 차기구간(P3)에서는 크게 나타났다. 또한, 반응구간(P1)과 차기구간(P3)에서 앞발 돌려차기의 내전/외전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 작게 나타났으며, 반응구간(P1)에서 앞발 돌려차기의 내회전/외회전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 작게 나타났다. 마지막으로 준비구간(P2)에서 앞발 돌려차기의 무릎관절 굴곡/신전 가동범위는 발붙여 돌려차기에 비하여 작게 나타났으나, 차기구간(P3)에서는 크게 나타났다. 이를 바탕으로 앞발 돌려차기는 빠른 반응시간과 상대와의 짧은 거리에서도 유용하게 사용될 수 있으며, 발붙여 돌려차기는 상대와의 거리에 따라 전후 움직임을 조절하면서 사용될 수 있다.

REFERENCES

Ahn, B. D. (2010). *Developmental Direction on Taekwondo Competition with the Adoption of Electronic Scoring Trunk Protector*. Unpublished master's thesis. Graduate School of Korea National Sport University.

Cho, P. H. & Chung, N. J. (2001). Dynamic analysis of the lower extremities during the Parhunbal Dolyeochagi in Taekwondo. *Korean Journal of Sports Biomechanics*, *10*(2), 165-177.

Choi, W. Y., Hong, S. J. & Choi, H. J. (2009). An analysis of Taekwondo match attack pattern. *Korean Journal of Sport Science*, *2*(4), 767-777.

Hwang, K. S. (2017). *Developmental Directions on Taekwondo Competition with the Utilization of Electronic Protectors*. Unpublished master's thesis. Graduate School of Korea National Sport University.

Hamill, J. & Ryu, J. S. (2003). *Experiment in Sport Biomechanics*. Daehanmedia.

Jung, H. D. (2017). Comparative analysis of game content of male · female collage Taekwondo players. *Journal of the World Society of Taekwondo Culture*, *8*(1), 57-70.

Jung, H. D. (2018). A study on analysis of game contents of outstanding female athletes and mediocre female athletes in Taekwondo. *Journal of the World Society of Taekwondo Culture*, *9*(3), 29-48.

Jung, K. C. & Yang, D. S. (2016). An analysis on the scoring patterns according to type of game tactics in world-class Taekwondo players. *The Korean Society of Sports Science*, *25*(5), 1303-1315.

Jung, Y. H. (2017). Analysis on the factor in victory and defeat in Taekwondo Gyeorugi competitions. *The Korean Society of Sports Science*, *26*(3), 1291-1299.

Jung, Y. H. & Kim, S. J. (2018a). Analysis of successful scoring rates according to the weight divisions in middle school Taekwondo games. *The Korean Society of Sports Science*, *27*(6), 1211-1219.

Jung, Y. H. & Kim, S. J. (2018b). Analysis on successful rates between weight divisions, according to gender and scoring type in high school Taekwondo games. *The Korean Society of Sports Science*, *27*(3), 1169-1176.

Ki, J. S., Jeong, D. H. & Lee, H. J. (2019). Research on impact sensors for developing the electronic body protector of Taekwondo. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, *20*(4), 648-655.

Kim, K. D. & Ryu, S. (2020). Analysis of competition management ability of the 2019 World Taekwondo Championships. *Journal of Martial Arts*, *15*(1), 143-161.

Kim, D. H. & Jung, K. H. (2019). The enhancement of Taekwondo competition performance by analyzing between Korean and foreign athletes in the Liu Olympic. *Sports Science*, *36*(2), 117-124.

Kim, W. S. & Yang, D. S. (2018). Analysis of the Taekwondo competition results based on the players who gained first point. *Taekwondo Journal of Kukkiwon*, *9*(2), 237-254.

Lee, J. & Song, Y. H. (2020). Comparative study of peak resultant force in taekwondo body dollyeochagi in accordance with jejariditgi existence and the position of kicking leg. *Korean Journal of Sports Science*, *30*(3), 601-609.

Lee, Y. J. & Chin, S. T. (2011). The kinematic analysis of parhunbal dolrhochagi motion by stance pattern in Taekwondo. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Woman*, *25*(2), 57-66.

Moon, W. J. (2017). An analysis on the weight of weight excellent player for the Rio Olympic games. *Sports Science*, *34*(2), 99-106.

Moon, W. J., Kim, G. S. & Park, M. E. (2015). Analysis of techniques and referees Roles according to weight division of Taekwondo in Incheon Asian aames. *Sports Science*,

33(1), 27-39.

Moon, W. J., Park, M. E. & Lee, T. S. (2018). Analyzing the performance of Rio Olympic athletes. *Sports Science*, *35*(2), 71-79.

Moon, W. J., Lee, S. K., Kim, H. T. & Jung, K. C. (2013). Verification of difference in kick intensity of electronic protective gears. *Sports Science*, *31*(1), 35-41.

Moon, W. J. & Jung, K. C. (2014). The technical analysis based on the types of Olympic Taekwondo game. *Sports Science*, *31*(2), 266-273.

Park, K. N. & Suh, J. (2019). Taekwondo national team players' international stage final and semi-final kick technical analysis. *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*, *21*(4), 27-39.

Park, J. S., Oh, C. H., Hong, S. Y., Shin, E. S. & Song, D. H. (2016). Comparative analysis of kinematic factors and GRF between experts and non-experts during a forefoot dollyeo chagi motion in Taekwondo. *Journal of Sport and Leisure Studies*, *63*, 723-733.

Song, M. S. (2011). *Analysis on the Contents of Taekwondo Competition Before and After using Electronic Protector*. Unpublished master's thesis. Graduate School of Dankook University.

World Taekwondo (2024). *https://www.worldtaekwondo.org/index.html*

Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human movement*. Fourth edition.

Yang, D. S., Kim, E. J. & Cho, E. H. (2007). Analysis of prominent points with weight, round event applying to Taekwondo differential point system. *Journal of Sport and Leisure Studies*, *29*, 785-794.