

## 태권도 540 도 뒤후려차기 동작의 운동역학적 분석

강동권<sup>1</sup> · 강서정<sup>2</sup> · 유연주<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국민대학교 일반대학원 체육학과 · <sup>2</sup>상명대학교 자연과학대학 스포츠건강과학과

### A Biomechanical Analysis of 540° Dwhuryeochagi of Taekwondo

Dong-Kwon Kang<sup>1</sup> · Suh-Jung Kang<sup>2</sup> · Yeon-Joo Yu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Graduate School of Kookmin University, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Department of Sports and Health Science, College of Natural Science, Sangmyung University, Seoul, Korea

Received 30 January 2013; Received in revised form 18 March 2013; Accepted 20 March 2013

#### ABSTRACT

The aim of the study was a quantitative analysis of elite athlete's 540° Dwhuryeochagi and effects of ground movements to the jumping height and kicking velocity. Eleven elite players(Taekwondo demonstration team) participated in this study. In order to get the kinetic and kinematic variables, ten Vicon cameras and a force plate were used. Foot segment velocity(FSV), vertical ground reaction force(GRF), impulse, ground time(GT) in phase 1, trunk angular velocity(TAV), vertical center of gravity(COG), flight time(FT) in phase 2 and kicking leg segment velocity(KSV) in phase 3 were measured and analyzed. Results indicated that there were similar patterns of variables among phases between subjects. Non-significant correlation( $r=.145$ ) between flight time(FT) and impulse was found. Also non-significant correlation( $r=.119$ ) between center of gravity(COG) and impulse was found. In conclusions, there were similar strategies in phase 1, phase 2, and phase 3 between subjects.

*Keywords* : Taekwondo Demonstration, 540° Kick

## I. 서 론

태권도는 1988년 서울올림픽 시범종목을 시작으로 2000년 시드니올림픽에서 정식종목으로 채택되었다. 이후 2004년 아테네올림픽, 2008년 베이징올림픽, 2012년 런던올림픽, 2016년 리우데자네이루 올림픽 정식종목으로 인정받게 되었으며, 이제는 올림픽 영구종목이라는 새로운 목표를 향해 달려가고 있는 대한민국의 자랑스러운 문화유산이다. 이러한 태권도의 비약적인 발전 이면에는 태권도시범이 있었으며, 태권도시범은 국위선양과 함께 전 세계에 태권도를 알리는 밑거름 역할을 해왔다(Jung & Ahn, 2007).

태권도시범은 태권도의 모범적인 형태를 보여 주고 관

전자로 하여금 태권도의 정수와 진수가 무엇인지 직접 보고 느끼게 해준다(Choi, 1993). 태권도시범에는 태권도의 3대 기본 구성요소인 겨루기, 품새, 격파가 포함되어 태권도의 총체적인 모습을 보여주고 있으며, 그중 격파는 태권도의 위력적인 부분과 함께 화려한 부분을 매우 효과적으로 전달할 수 있기 때문에 태권도 시범에서 상당히 많은 부분을 차지하고 있는 중요한 요소이다. 격파는 오랜 기간의 수련으로 단련된 인간초월의 힘을 무생물인 나무나 돌 따위에 시험해 봄으로써 수련의 정도를 나타낸다(Choi, 1993). 초창기 태권도 시범에서의 격파는 두꺼운 송판이나 기왓장을 격파하는 위력격파가 많은 비중을 차지하고 있었으나, 기술이 발전함에 따라 최근에는 회전격파, 체공다단격파, 다방향격파와 같이 화려함이 두드러지는 고난도 기술격파가 많은 비중을 차지하고 있는 실정이다. 이런 화려한 기술격파 중 가장 난도 높은 기술이 바로 회전발차기이며 회전 발차기를 대표하는 기술이 540° 뒤후려차기이다(Son, Cho & Lee, 2007).

540° 뒤후려차기는 1980년 중·후반에 처음 선보여진 기

이 논문은 강동권 (2011)의 석사학위 논문 중 일부를 발췌하였음.  
Corresponding Author : Yeon-Joo Yu  
Department of Sports Health Science, Sangmyung University, Hongjiddong, Chongno-gu, Seoul, Korea  
Tel : +82-2-2287-5153 / Fax : +82-2-2287-0075  
E-mail : julieyu1603@gmail.com

술로서 당시 최고난도였던 360° 회전기술(뜰개차기, 뒤후려차기)을 뛰어넘는 획기적인 기술이었기 때문에 많은 사람들을 놀라게 만들었다(Jung, 2008). 이후 540° 뒤후려차기는 태권도시범의 기술격파를 대표하는 격파 기술로 자리매김하게 되었다. 하지만 아름답고 화려한 만큼 기술습득에 있어서는 큰 어려움이 있다. 특히 한 번 도약으로 회전과 차기를 수행해야 하는 복잡한 기술체계를 가지고 있기 때문에 올바른 기술의 이해는 필수적이다.

540° 뒤후려차기의 선행연구로는 Ma(2007)가 숙련자 3명 과 비숙련자 3명을 대상으로 운동학적 변인(신체무게중심, 수행시간, 차는 발의 합성속도, 몸통, 어깨관절, 고관절, 슬관절, 족관절의 각도 및 각속도 등)을 비교 분석하였고, Son et al.(2007)은 엘리트 시범단원 3명을 대상으로 540° 뒤후려차기 동작 시 하지분절의 운동학적 변인(수행시간, 고관절, 슬관절, 족관절의 각도와 각속도 등)들을 분석 하였다. 그러나 선행 연구 모두 3명 이하의 피험자를 대상으로 실시한 연구였고, 두 연구의 제언에서 밝힌 바 있는 운동역학적 분석은 실시되지 않았다. 540° 뒤후려차기처럼 공중에서 고난도 동작을 해야 하는 다이빙이나 기계체조는 지상동작이 공중동작을 결정짓는다(Carr, 1997). 결국 지상동작에 따라 공중동작을 수행하는 시간과 동작이 달라질 수 있다. 따라서 540° 뒤후려차기의 운동역학적 분석은 운동의 원인을 밝혀내는 것으로 매우 의미 있는 연구가 될 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째, 11명의 엘리트시범단원을 대상으로 540° 뒤후려차기의 운동학 및 운동역학적 변인들을 정량화 하는 것이며 둘째, 지상동작이 공중동작에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구에서는 국가대표 시범단과 국기원 시범단에서 540° 뒤후려차기를 전문적으로 수행하는 시범단원 11명을 목적표집(purposive sampling)하였다. 선정된 실험 대상자들의 연령은 25±3 yrs, 신장 177±6 cm, 체중 72±6 kg이며, 운동경력은 14±5 yrs이다.

### 2. 실험 장비

본 연구에서 540° 뒤후려차기의 운동학적 분석을 위해 적외선을 이용한 3차원 모션 캡처 시스템 Vicon 카메라(MX-T40) 10대(200 Hz)를 사용 하였고, 역학적 분석을 위해 스트레인지티 타입의 지면반력 측정 시스템(AMTI MSA-6) 1대(2000 Hz)를 사용하였다. Cluster whole body

marker set을 사용 하여 전신에 76개의 반사표시마커를 부착하여 13개의 지역좌표계를 정의하였다. 목표물의 높이는 연구대상자가 실제 시범에서 사용하는 높이로 설정하도록 하였으며, 설정된 목표물의 높이는 모두 연구대상자의 신장보다 높게 설정되었다.

### 3. 실험 절차

연구대상자는 실험에 앞서 충분한 워밍업을 통하여 좋은 컨디션으로 실험에 참가하였다. 연구대상자들은 총 10회의 발차기 동작을 실시하였고, 그중 성공적으로 수행한 3번의 발차기 동작이 분석에 사용되었다.

### 4. 자료 분석

Vicon motion capture system과 지면반력 측정 시스템을 통해 수집된 데이터는 Visual 3D(C-motion, USA)와 Excel 2010(Microsoft Inc, USA)을 사용하여 분석되었다. 영상 데이터는 저역통과 필터인 4차 Butterworth 필터(차단주파수 6 Hz)를 사용하였고, 지면반력 데이터는 같은 필터의 차단주파수 11 Hz로 평활화 하였다. 이벤트 및 구간 설정과 분석변인은 다음과 같다.

#### 1) 이벤트 및 구간설정

본 실험에 앞서 1회의 예비실험을 통하여 분석 이벤트와 구간을 다음과 같이 설정 하였다. E1은 회전하는 발이 지면에 닿기 직전의 시점, E2는 회전하는 발이 지면에서 발이 떨어진 직후의 시점, E3은 수직신체무게중심(vertical center of gravity: COG)이 최고점인 시점, E4는 차기 동작 이후에 착지발이 지면에 닿기 직전의 시점이다. 분석 구간은 E1~E2가 지상회전 구간(phase 1), E2~E4는 공중회전 구간(phase 2), E3~E4는 차기 구간(phase 3)이다(Figure 1). 공중회전 구간과 차기 구간이 겹쳐지는 이유는 동작의 특성상 공중회전 구간 안에서 차기동작이 이루어지기 때문이다.

#### 2) 분석변인

540° 뒤후려차기의 운동학 및 운동역학적 변인들을 정량화 시키고, 지상동작이 공중동작에 미치는 영향을 밝혀내기 위한 분석 변인들은 다음과 같이 정의되었다.

##### (1) 보조발의 합성속도(foot segment velocity: FSV)

본 연구에서 보조발은 지상회전시 축이 되는 발의 반대 발로서 큰 관성모멘트를 얻기 위해 넓고 크게 회전시키는 발을 의미한다. 보조발은 공중회전 구간에서 차는 발이 되기 때문에 540° 뒤후려차기에서 매우 중요한 역할을 한다.

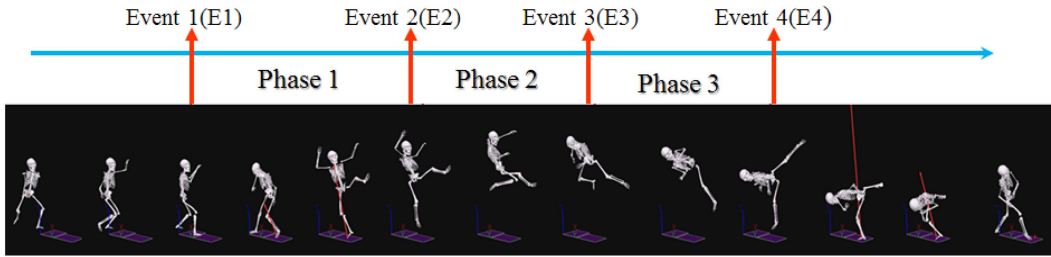


Figure 1. Definition of event and phase during a whole process of 540° Dwhuryeochagi of Taekwondo

지상회전 구간에서 보조 발의 발 분절중심 속도  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ 에서의 합성속도는 다음과 같이 계산하였다.

$$FSV(resultant) = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

(2) 수직지면반력(vertical ground reaction force: GRF)  
540° 뒤후려차기는 지면에서 180° 회전한 후에 점프동작이 이루어지기 때문에 일반 점프동작과는 다른 패턴의 지면반력이 나타날 것으로 사료된다. 수직지면반력(GRF)은 지상회전 구간의 수직(z)성분을 산출하여 연구 대상자들의 체중으로 표준화(normalization)하였다.

(3) 충격량(impulse)  
충격량(impulse)은 수직지면반력(GRF)으로부터 산출 하였다. 충격량은 수직지면반력(GRF)에 힘이 작용한 시간을 곱한 것으로 수직지면반력 곡선을 적분하였다.

$$Impulse = \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \left( \frac{G + G_{i+1}}{2} \right) \times \Delta t \right\}$$

(4) 지상회전시간(ground time: GT)  
지상회전시간(GT)은 회전하는 발이 지면에 닿기 직전의 시점인 E1에서부터 회전이후 회전하는 발이 지면에서 떨어진 직후의 시점 E2까지의 시간을 지상회전 시간으로 정의하였다.

(5) 몸통의 각속도(trunk angular velocity: TAV)  
몸통의 각속도(TAV)는 보조발이 차는 발로 바뀌는 중간과정에서 이루어지는 동작이다. 따라서 몸통의 각속도는 보조발의 합성속도(FSV)와 차는 발의 합성속도(KSV)와 밀접한 관련이 있을 것으로 사료된다. 몸통의 각속도(TAV)는 전역좌표계를 기준으로 몸통분절의 수직축(z)의 각속도를 계산하였다.

(6) 수직신체무게중심(vertical center of gravity: COG)  
수직신체무게중심(COG)은 공중회전 구간에서 신체무게중심의 수직(z)성분을 연구대상자의 신장(subject height:

SH)으로 표준화(normalization)하였다.

(7) 체공시간(flight time: FT)

체공시간은 점프이후 발이 지면에서 떨어진 이후에 차기동작을 수행하고 다시 착지하기까지의 소요시간으로 본 연구에서는 E2부터 E4까지의 시간을 체공시간으로 정의하였다.

(8) 차는 발의 합성속도(kicking leg segment velocity: KSV)

차기구간에서 차는 발의 발 분절중심의 속도  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ 에서의 합성속도는 다음과 같이 계산하였다.

$$(KSV(resultant) = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2})$$

### 5. 통계분석

540° 뒤후려차기의 운동학 및 운동역학적 데이터의 정량적 분석을 위해 기술통계분석을 사용하였다. 또한 지상동작이 공중동작에 미치는 영향을 알아보기 위하여 기술통계분석을 거쳐 상관분석(Pearson's correlation analysis)을 실시하였다. 분석에 사용된 프로그램은 SPSS-18.0이며, 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정 되었다.

## III. 결 과

### 1. 지상회전 구간(Phase 1)

지상회전 구간에서 나타난 보조발의 합성속도(FSV)의 최댓값은  $11.41 \pm 0.72$  m/s로 지상회전 구간의 약 55%지점에서 나타났다(Figure 2). 수직지면반력(GRF)의 최댓값은 지상회전 구간의 약 75%지점에서 나타났으며, 회전하는 동작에서 지면반력이 체중보다 약간 낮아 졌다가 최댓값  $3.33 \pm 0.24$  BW으로 가파르게 상승하는 경향을 보였다(Figure 3). 충격량(impulse)은 평균  $0.65 \pm 0.04$  BW·sec으로 나타났으며, 지상회전시간(GT)은  $0.4 \pm 0.04$  sec로 나타났다.

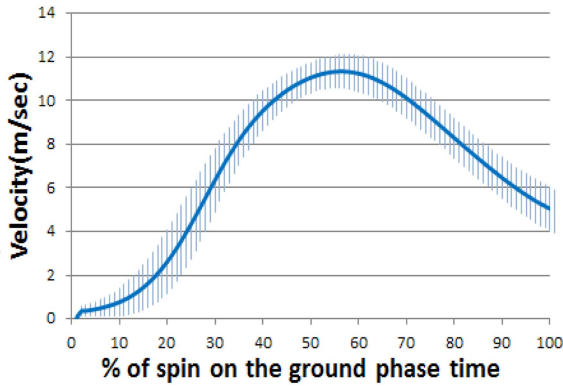


Figure 2. Foot segment velocity

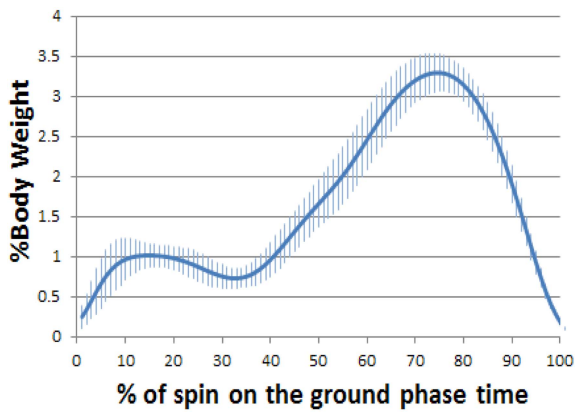


Figure 3. Vertical ground reaction force

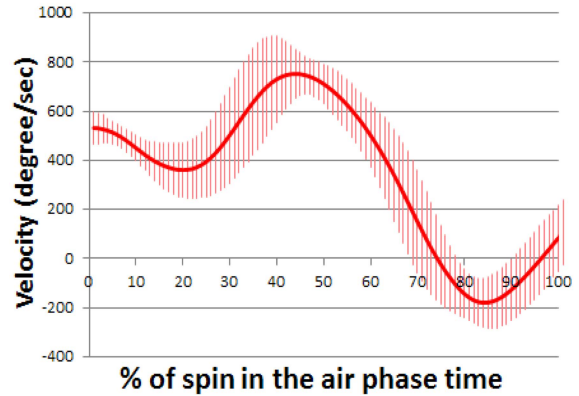


Figure 4. Trunk angular velocity

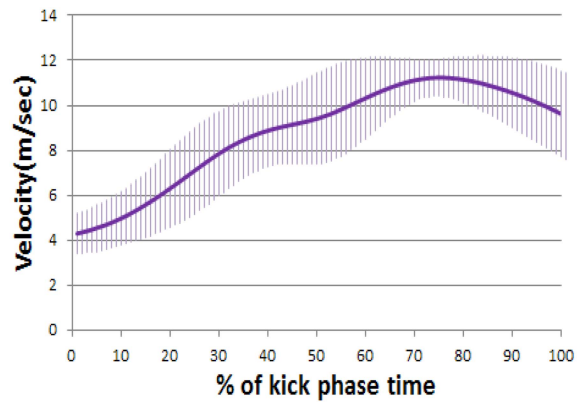


Figure 5. Foot segment acceleration

**2. 공중회전 구간(Phase 2)**

지상회전 구간이 끝난 이후 점프동작과 함께 공중회전 구간이 시작된다. 이때 전역좌표계를 기준으로 몸통의 수직축(z)에 대한 각속도(TAV)의 최댓값은  $809.71 \pm 126.48$  deg/sec으로 공중회전 구간의 약 45%에서 나타났다가 차기구간이 가까워지면서 줄어들었다(Figure 4). 공중회전 구간에서의 수직신체무게중심(COG)의 최댓값은  $0.88 \pm 0.03$  SH으로 나타났다. 그리고 540° 뒤후려차기 동작의 체공시간(FT)은 평균  $0.6 \pm 0.02$  sec로 나타났다.

**3. 차기 구간(Phase 3)**

공중회전 구간에서 차는 발의 합성속도(KSV)의 최댓값은  $8.79 \pm 0.76$  m/sec로 차기 구간의 약 75%지점에서 나타났다(Figure 5).

**4. 상관분석(Pearson's correlation analysis)**

본 연구의 두 번째 목적인 지상동작이 공중동작에 어떤

Table 1. Phase 1 and Phase 2

Phase 1 \ Phase 2	TAV	COG	FT
FSV	.269	-.317	-.284
GRF	-.207	-.087	-.196
impulse	.310	.199	.145
GT	.043	.245	.315

\*p<.05

Table 2. Phase 2 and Phase 3

Phase 2 \ Phase 3	FSVK
TAV	.441
COG	-.478
FT	-.016

\*p<.05

한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 실시한 상관분석의 결과는 <Table 1>, <Table 2>와 같다. 지상회전 구간의 보

조발의 합성속도(FSV), 수직지면반력(GRF), 충격량(impulse), 지상회전시간(GT)과 공중회전 구간의 몸통의 각속도(TAV), 수직신체무게중심(COG), 체공시간(FT)의 상관분석 결과 변인들 간의 상관은 나타나지 않았다. 또 한 공중회전 구간의 몸통의 각속도(TAV), 수직신체무게중심(COG), 체공시간(FT)과 차기 구간의 차는 발의 합성속도(KSV)의 상관분석 결과 변인들 간의 상관은 없는 것으로 나타났다.

#### IV. 논 의

본 연구의 첫 번째 목적은 540° 뒤후려차기 동작의 운동역학적 변인들을 정량화 하는 것이고, 두 번째 목적은 지상동작이 공중동작에 미치는 영향을 밝혀내는 것이다.

지상회전 구간에서의 수직지면반력(GRF)을 분석한 결과 지상에서 180° 회전하면서 나타나는 수직지면반력(GRF)이 체중보다 낮아지는 것을 발견할 수 있었다. 이러한 결과는 반동(counter movement)을 사용하여 높게 점프하려는 전략으로 반동 동작시 발생하는 신장성수축으로 인한 근육과 건에 저장된 탄성에너지를 사용하여 높게 점프하는 SSC(stretch shortening cycle)시스템(Komi, 2003)을 사용하는 것이다. 이렇게 반동을 사용하는 것이 반동을 사용하지 않았을 때보다 높게 점프할 수 있다(Bobbert, Gerritsen, Litjens & Soest, 1996). 즉, 지상에서 회전하는 동안에는 반동 동작을 수행하지 않는 것으로 보이지만 실제로는 반동 동작을 하는 것으로 나타났다.

540° 뒤후려차기에서 각 구간에서 중요하다고 판단되어 정의한 8개의 변인들을 분석한 결과 8개의 변인에서 비슷한 패턴과 적은 표준편차를 나타냈다. 이러한 결과는 11명의 엘리트 시범단원들이 540° 뒤후려차기를 수행하는데 있어서 모두 비슷한 전략을 가지고 있는 것으로 해석할 수 있으며, 이러한 결과는 추후 540° 뒤후려차기를 연구하는데 유용한 기초자료로 활용 될 수 있을 것이다.

540° 뒤후려차기는 돌개차기와 뒤후려차기가 결합된 복합 기술이다. 즉, 540° 뒤후려차기는 돌개차기로 점프하여 뒤후려차기로 차기기술을 수행한다. Kang과 Kim(1996)은 엘리트 선수의 돌개차기 동작을 연구하였는데, 엘리트 겨루기 선수들의 돌개차기 동작 수행시 지상회전 구간의 소요시간은 0.59±0.06 sec로 나타나 본연구의 지상회전 구간의 소요시간인 0.4±0.04 sec보다 길게 나타났다. 이는 득점을 위하여 빠르게 동작을 수행하는 엘리트 겨루기 선수들보다 540° 뒤후려차기를 전문적으로 수행하는 엘리트 시범단원들이 지상회전 구간에서 더 빠른 지상회전 동작을 수행하는 것으로 사료된다.

540° 뒤후려차기는 차기 구간에서 뒤후려차기를 동작을 수행한다. 이러한 뒤후려차기는 공을 던지는 듯 한 동작의 돌려차기(Throw-like motion)와 미는 형태의 옆차기(Push-

like motion)의 특징이 혼합된 복합운동(Kim, Jin & Shin, 1995; Choi, Lee, Kim & Kim, 2007)으로 복잡한 메커니즘을 가지고 있고, 돌려차기에 비해 뒤후려차기의 발끝 속도는 느리다(Kim, Y. K. & Kim, Y. H., 2010). Ha와 Kim(2009)은 엘리트 시범단원 3명을 대상으로 뒤후려차기의 발끝 속도를 분석한 결과 14.43±2.00 m/sec로 본 연구의 8.78±0.76 m/ses 보다 빠르게 나타났다. 하지만 선행연구는 한발을 지면에 딛고 기술을 수행한 것이고, 본 연구의 뒤후려차기는 공중에서 수행 했다는 차이점을 가지고 있다.

본 연구의 두 번째 목적인 지상동작이 공중동작에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 구간별 변인들로 상관분석을 실시한 결과 예상하지 못한 결과가 나타났다. 기본적으로 체공시간(FT)과 충격량(impulse)으로 수직점프높이를 추정할 수 있다(Richter, Rappelle, Kurz & Schwameder, 2012; Yuktasir & Kaya, 2009). 따라서 두 변인간의 상관은 높게 나타나는데 본 연구의 결과에서는 체공시간(FT)과 충격량(impulse)에서 상관이 유의하게 나타나지 않았다. 또한 수직신체무게중심(COG)과 충격량(impulse)도 상관관계가 높을 것으로 예상하였으나, 본 연구의 결과 유의한 상관이 나타나지 않았다. 이는 점프동작 이외에 회전동작의 개입으로 인한 결과(Lee & Kim, 1996)로 판단된다. 또한 차기동작인 뒤후려차기를 수행하기 위하여 상체를 숙이는 것에 기인하여 수직신체무게중심(COG)과 충격량(impulse)의 상관이 나타나지 않은 것으로 사료된다.

#### V. 결론 및 제언

11명의 엘리트시범단원을 대상으로 540° 뒤후려차기의 운동학 및 운동역학적 변인들을 정량화 시키고, 지상동작이 공중동작에 미치는 영향을 밝혀내기 위해 실시한 상관분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

엘리트 시범단원들은 지상회전 구간과 공중회전 구간 그리고 차기 구간에서 모두 비슷한 패턴, 적은 표준편차를 나타냈다. 따라서 본 연구의 결과를 기반으로 비숙련자와의 비교연구를 통해 비숙련자들이 어떤 변인에서 큰 표준편차를 나타내는지 비교 분석 할 수 있는 유용한 기초자료로 활용 할 수 있을 것이다.

또한 지상동작과 공중동작의 변인의 상관분석을 실시한 결과 본 연구에서 정의된 변인들간에 상관이 나타나지 않았다. 이는 지상동작이 공중동작에 미치는 영향이 없는 것이 아니라 본 연구에서 사용된 변인 이외의 다른 변인들에서 상관이 있을 것으로 사료된다. 따라서 추후 연구에서는 본 연구를 기반으로 관성모멘트 및 다른 변인들을 추가하여 연구를 진행할 필요가 있다. 또한 태권도 격파는 단 한 번의 기회로 성공과 실패가 나누어지는 특징을 가지고 있기 때문에 격파의 성공과 실패동작을 비교 분석하

여 540° 뒤후러차기의 성공요인에 대한 심층적인 분석이 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G. M., Litjens, M. C. A., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1402-1412.
- Carr, G. A. (1997). *Mechanics of sport: a practitioner's guide*. Champaign: Human kinetics.
- Choi, J. Y., Lee, O. J., Kim, R. B., & Kim, S. J. (2007). Intersegmental Coordination Pattern of Dwiuryeochagi in Taekwondo. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 31, pp. 1279-1289.
- Choi, Y. R. (1993). *Taekwondo Demonstration Theory*. Seoul: Bokyung Publishing.
- Ha, C. S., & Kim, J. G. (2009). The Kinematic Analysis of Momdollyo Huryo Chagi in Taekwondo. *The Korean Journal of Sports Science*, 18(1), 1135-1144.
- Jung, J. E., & Ahn, Y. K. (2007). Possibility of Taekwondo as a stage arts. *Philosophy of Movement : Journal of Korean Philosophic Society for Sport and Dance*, 15(3), 23-44.
- Jung, J. H. (2008). *An Exploration on Aesthetic Value in Taekwondo Demonstration*. Unpublished doctoral dissertation, Graduate School of Physical Education Korea National Sport University, Seoul.
- Kang, D. K. (2012). *Analysis of kinematic and kinetic at the 540° Momdollohuryochagi in Taekwondo*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Physical Education Kookmin University, Seoul.
- Kang, S. C., & Kim, B. Y. (1996). The biomechanical analysis of Taekwondo Dolgaechagi motion. *The Korean Journal of Physical Education*, 35(1), 335-345.
- Kim, S. J., Jin, Y. W., & Shin, J. M. (1995). Classification of Kinematical Movement Pattern of DolgaeChagi and Dwiuryeochagi in Taekwondo. *Journal of physical education research*, 2, 179-193.
- Kim, Y. K., & Kim, Y. H. (2010). Unilateral Performance Comparison for Taekwondo Kicks between Dominant Leg and Non-Dominant Leg. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(2), 183-189.
- Komi, P. V. (2003). Stretch-shortening cycle. Strength and power in sport, 3, 169-179.
- Lee, S. C., & Kim, S. J. (1996). A Study on the Ground Reaction Force of Double Jump Spin. *The Korean Journal of Physical Education*, 35(4), 4261-4269.
- Ma, H. S. (2007). *Analysis on Kinematical Factor between skilled Person and unskilled Person regarding 540° turning Kicking in Taekwondo*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Physical Education Mokpo National University, Muan.
- Richter, A., Räßle, S., Kurz, G., & Schwameder, H. (2012). Countermovement jump in performance diagnostics: Use of the correct jumping technique. *European Journal of Sport Science*, 12(3), 231-237.
- Son, Y. N., Cho, C. H., & Lee, Y. C. (2007). The Kinematic Analysis of 540° Momdollyo Huryo Chagi in Taekwondo. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 31, pp. 1117-1127.
- Yuktasir, B., & Kaya, F. (2009). Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *Journal of Bodywork and movement therapies*, 13(1), 11-21.