KJSB Korean Journal of Sport Biomechanics 2019; 29(3): 129-135
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2019.29.3.129
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Kinematic and Kinetic Analysis of Taekwondo Poomsae Side Kick according to Various Heights of the Target

태권도 품새 옆차기시 타겟 높이 변화에 따른 운동학적 분석

Ah Reum Hong[1], Jae Moo So[2]

[1]Department of Physical Education, Graduate School of Konkuk University, Seoul, South Korea
[2]Department of Physical Education, College of Education, Konkuk University, Seoul, South Korea

Received : 20 September 2019
Revised : 23 September 2019
Accepted : 23 September 2019

Corresponding Author
Jae Moo So
Department of Physical Education, College of Education, Konkuk University, 120, Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul, 05029, South Korea
Tel : +82-10-3202-3828
Fax : +82-2-453-6326
Email : human@konkuk.ac.krr

Objective: The purpose of this study is to present the scientific and quantitative data by finding the common points and differences of the side-kick according to the height change through the difference of the side kick motion performance according to the three target height changes and the function of the lower limbs muscle in side kick motion of Taekwondo Poomsae.

Method: For this, total 14 players were selected who were registered in Korea Taekwondo Association and skilled group 7 players who had a medal from national competition and 7 players who did not have Taekwondo experience from department of physics. 4 video cameras to the feature on side kick per target height, and the subjects' support foot was located on the ground reactor and the practice was conducted 3 times: waist, chest, and head as the target height. the basic materials were collected by using Kwon 3D XP program and the T-test was conducted to verify the statistic difference between groups (SPSS 24.0). At this time, the statistics significance level was set as .05 and the following conclusion was obtained.

Results: The lower the proficiency and the higher the height, the more the joint coordination between the hip and the knee.

Conclusion: Summary of the result shows a common point that the change of target's height makes the lower the proficiency and the higher the height, the more the joint coordination between the hip and the knee. Also, the higher the target's height became, the greater angular momentum of thighs, shanks, foot became in common.

Keywords: Side kick, Taekwondo, Height

INTRODUCTION

태권도 교본에서 기술적인 측면 중 품새가 곧 태권도이며 기본 동작은 품새 동작의 바탕이 되었고, 겨루기는 품새의 실전 응용 동작이라고 정의 되고 있기 때문에(Kukkiwon, 2006), 품새는 태권도를 대표하는 것이며, 태권도 수련에 있어 근본이라 할 수 있다(Yoo & Ryu, 2012).

품새는 승급·승품·승단의 목적으로 활용되어 왔지만(Yoo & Ryu, 2012), 1992년 대한태권도협회가 주최한 태권도 한마당 대회를 시작으로(Heo, Lee & Kim, 2015) 2006년 제1회 세계태권도품새선수권대회, 2009년 제25회 하계유니버시아드대회 등 품새 종목이 신설되다가 2018년 제18회 자카르타 아시안 게임에서 겨루기 외에 품새도 종목으로 채택되면서 품새는 수련이 아닌 경기로써 점차 인정을 받고 있으며, 발전을 향해 나아가고 있다.

이처럼 많은 품새 대회가 개최됨에 따라 수련 방식은 겨루기에서 품새로 전환되었고, 각 학교에서는 품새 선수단을 창단하기 시작하면서 품새의 위상이 한층 높아졌으며, 태권도 현장뿐만 아니라 관련분야 연구자들에게도 품새의 관심이 생겼다. 하지만 올림픽 정식종목인 겨루기 선수 육성과 연구가

Copyright © 2019 Korean Journal of Sport 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.

주로 발전되면서 태권도 수련의 모체라고 할 수 있는 품새에 대한 연구가 제대로 이루어지지 않아 이론적인 연구가 겨루기에 비해 많이 부족한 실정이다.

기본발차기 중 하나인 옆차기는 기본발차기인데도 불구하고 아마추어나 선수들도 제대로 동작을 구사하지 못하고 있는 실정인데(Park, 2010), 이는 디딤 발과 차는 발이 일직선이 되게 차야 하고 차는 과정에서 흔들림 없이 균형성을 요구하고 있으며(Yoo & Ryu, 2012), 품새 동작의 난이도 1~3 중 3으로써 동작을 수행하는 과정에 있어서 어려움을 겪고 있다(Cho, 2015). 또한, 겨루기는 득점 방식이면 품새는 감정 방식이기 때문에 한 발의 집중하지 않고 양 발이 동일한 수행능력을 가져야 한다(Kang, Kim, Heo & Lee, 2018). 그렇기 때문에 품새 경기 시 옆차기의 기량으로 승부가 판정되는 경우를 흔히 볼 수 있다(Yoo & Ryu, 2012).

옆차기의 선행연구를 보면 Kim (1999)은 태권도 옆차기의 차는 다리의 동작은 던지는 듯한 동작과 미는 동작으로 정의하였으며, Shin & Jin (2000)은 옆차기와 돌려차기를 3차원 운동학적 변수를 통해 분절 개별적인 운동, 분절간 운동, 그리고 3차원 면에서 발생하는 동작범위의 관계로 분류하여 두 차기 기술을 비교하였다. Kim (2000)은 분절간에 작용하는 관절력을 살펴 해부학적 운동과의 관계를 설명하였고, Park (2003), Kim (2009)은 겨루기에서 공격과 상대방의 공격을 효과적으로 제어할 수 있는 방법을 분석하여 옆차기 과정의 소요시간을 이용한 상대 공격의 제어와 변형된 공격 기술을 활용한 연구가 이어져야 한다고 했다. Yoon & Chae (2008)은 숙련 정도에 따른 운동학적 협응 과정을 통해 학습이 진행되면서 숙련된 피험자처럼 안정적인 협응 패턴을 보였다고 설명했다. 이처럼 선행연구 결과 옆차기를 겨루기 선수들의 숙련자와 비숙련자간 비교를 통해 득점과 관련된 연구를 진행해 왔다가 Park (2010)부터 품새 선수와 겨루기 선수를 비교 분석하였고, Lo (2012), Yoo & Ryu (2012), Kim (2014), Heo et al. (2015)은 태권도 품새 옆차기와 변형된 옆차기 동작을 숙련자와 비숙련자를 비교 분석하였고, Kang, Lee & Lim (2017)은 목표물 높이를 4가지로 설정하여 옆차기의 정확성과 일관성의 관한 연구를 진행하였고, Kang et al. (2018)은 엘리트 선수들의 주동발과 비주동발의 옆차기를 분석하면서 품새 경기에 중요한 선행연구들이 나오고 있다.

하지만 인체관절은 단순하지 않고 다양한 회전 운동이 가능한데도 불구하고 선행연구에서는 옆차기의 각운동량을 파악한 연구가 부족하며, 숙련자의 결과 및 타겟 높이를 머리 높이로 제한되어 있어 옆차기 수행에 어려움을 겪고 있는 초보 수련자와 아마추어들에게는 전문적인 지도를 하기 어렵다. 그렇기 때문에 숙련도와 높이 변화 마다 차이점과 공통점을 찾아 옆차기의 세분화된 자료를 제시하는데 연구의 필요성이 있다.

본 연구의 목적은 태권도 옆차기 동작의 숙련자와 비숙련자 간의 타겟 높이 변화에 따른 동작의 운동학적 자료를 통해서 숙련 정도와 높이 변화에 따른 옆차기 동작 수행의 차이점과 공통점을 통해 동작의 세부화된 자료로 과학적이고 정량적인 기초자료를 제공하는데 있다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 대한태권도협회의 선수 등록이 되어 있고 전국대회 입상 경력이 있는 숙련자 집단 7명(height: 174.42±2.99 cm, weight: 64±6.13 kg, age: 20.14±0.69 yrs, career: 10±2.8)과 태권도 경험이 없는 체육학과 비숙련자 집단 7명(height: 176.28±3.63 cm, weight: 70.71±6.92 kg, age: 22.85±2.19 yrs, caree: 0±0 yrs)으로 총 14명을 선정하였다.

2. 실험절차

측정에 들어가기 전에 연구대상자들에게 동작 수행 공간과 실험내용에 대해 이론적 설명과 교육을 진행하였고 개인정보에 관한 자료를 수집하였다. 실험 전에 준비 운동과 충분히 연습하도록 시간을 주었으며, 피험자들의 동작분석을 위해서 인체의 20개의 좌표점을 (Figure 1)와 같이 설정하였다. 실험의 절차는 3차원 분석을 위하여 1 m × 2 m × 2 m의 통제점틀을 사전에 설치하여 5초간 촬영한 다음 제거한 후 동작을 수행하게 되며 각 연구대상자는 옆차기를 목표물을 향해 실시하며 타격지점은 허리(흉부와 둔부사이), 가슴(목과 복부사이), 머리로 설정하였다. 피험자에 신체적 특성에 따라서 미트로 목표물 높이를 설정하였으며 타격을 맞추지 않고 타격 안으로

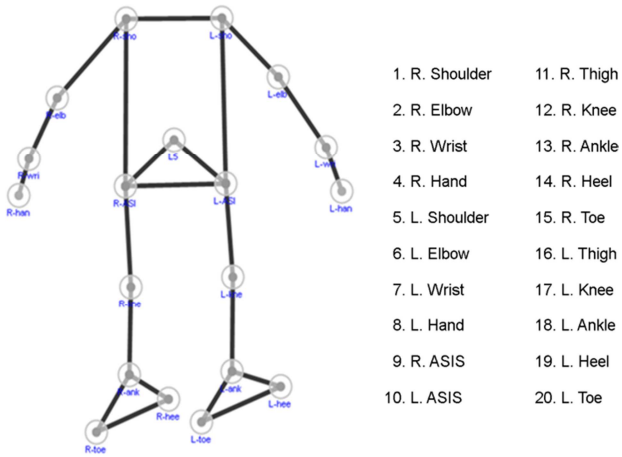

Figure 1. Marker set

들어온 옆차기를 각 높이마다 1회를 분석하였으며, 팔에 경우는 품새 대회와 동일하게 몸에 붙이도록 하였으며 이때 차는 발은 우측발로 설정하였다.

3. 자료처리

모든 피험자들의 운동학적 변인을 측정하기 고해상도 비디오 카메라(GR-HD1KR, JVC) 4대를 사용하였으며, 촬영 속도는 초당 60 Hz, 셔터 속도는 1/500 sec로 설정하였다. 수집된 영상자료는 동작분석 프로그램(Kwon3D XP, Visol, Korea)을 이용하여 통제점과 인체관절 중심의 좌표를 동조하고 DLT를 이용하여 3차원 좌표를 산출하였다. 자료분석 과정에서 발생할 수 있는 잡음(noise)을 제거하기 위하여 저역 통과 필터(low-fass-filter)을 통하여 스무딩(smoothing)을 실시하고 이때 차단 주파수(cut-off frequency)는 6 Hz로 설정하였다. 그 외에 변인들의 산출은 다음과 같이 진행하였다.

1) 각도 - 각도 그래프는 차는 다리의 고관절과 무릎관절 협응 정성적으로 파악하기 위해 고관절과 슬관절의 각각 굴곡/신전 각도를 이차원으로 표현하였다.
2) 대퇴, 하퇴, 발의 각운동량(H)의 분석을 위해(Hamil & Ryu, 2003)의 연구방법에 따라 발차기 동작 시 나타나는 공전적 각운동량(분절 자체의 질량 중심을 축으로 회전)과 자전적 각운동량(신체 무게 중심을 축으로 외전하는)의 합으로 산출하였다.

$$I_I = Iw_i + m_i\, r_i v_i$$

또한, 타겟 높이별 옆차기 동작을 분석하기 위해 총 4개의 event와 3개의 phase로 (Figure 2)과 같이 설정하였다.

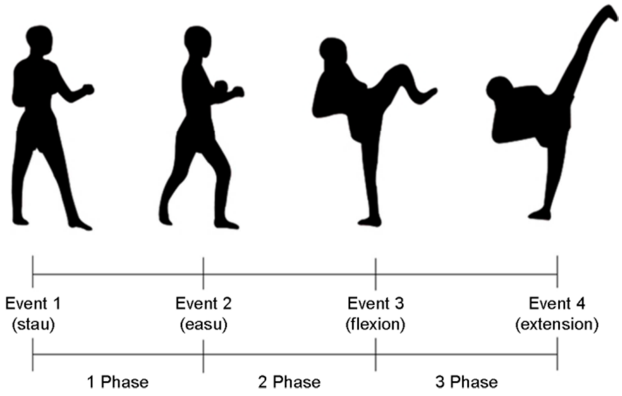

Figure 2. Events (E1: back stance, E2: take-off, E3: knee moment at the minimum angle, E4: knee moment at the maximum angle) and phases (P1: E1-E2, P2: E2-E3, P3: E3-E4)

RESULTS

1. 각도-각도 다이어그램

(Figure 3)은 옆차기 동작의 3가지 높이마다 차는 다리의 고관절과 슬관절의 협응 과정을 보여 준다. 전체적으로 높이마다 U자 모양으로 비슷한 협응 과정을 보여주고 있지만 높이가 높아질수록 협응의 차이가 나타났다.

2. 옆차기 높이 변화에 따른 각운동량

(Figure 4)은 X축 회전의 대퇴, 하퇴, 발 분절의 각운동량을 보여주며 굴곡은 +값을, 신전은 -값을 의미한다. 대퇴, 하퇴, 발의 각운동량을 숙련도에 따라서 비슷한 패턴을 보여주고 있

Figure 3. Change in the height of side kick angle-angle plot.

으며 최소 굴곡이 되는 시점에서는 +값이 최대 값으로 나타나고 있으며, 임팩트 지점에서는 최대 신전을 진행하기 때문에 -값을 나타내고 있다. 높이가 높아지면서 숙련자와 비숙련자 모두 대퇴, 하퇴, 발에서 각운동량의 값이 크게 나타났다.

(Figure 5)은 Y축 회전의 대퇴, 하퇴, 발 분절의 각운동량을 보여주며 외전은 +값을, 내전은 -값을 의미한다. 숙련도에 따라서 대퇴는 동일한 각운동량 패턴을 보여주고 있지만 비숙련자의 내전의 값이 숙련자보다 최대로 나타났으며, 비숙련자는

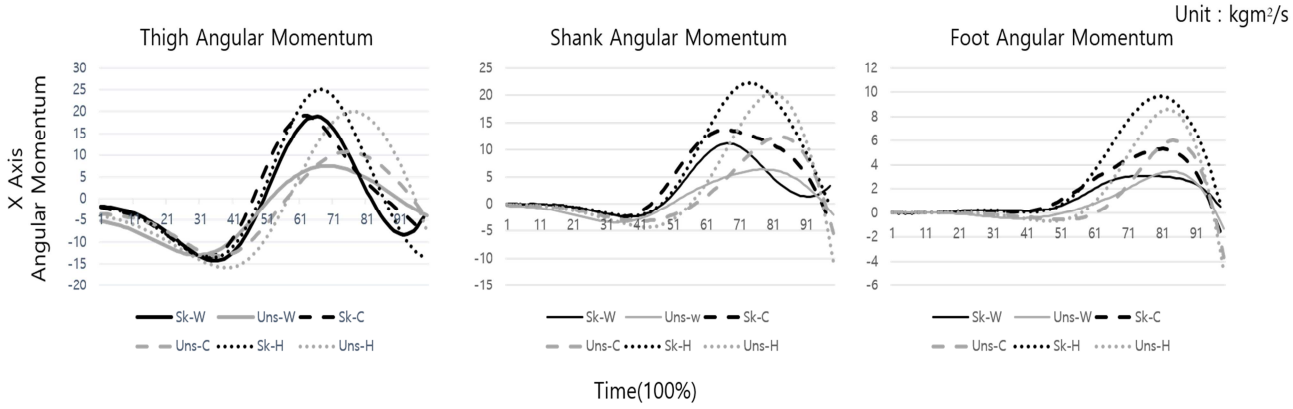

Figure 4. X Axis angular momentum

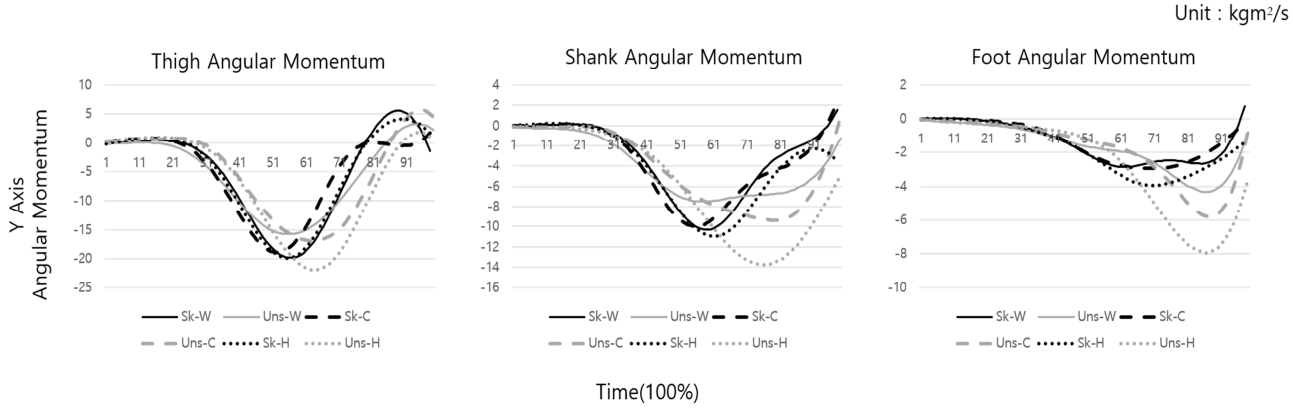

Figure 5. Y Axis angular momentum

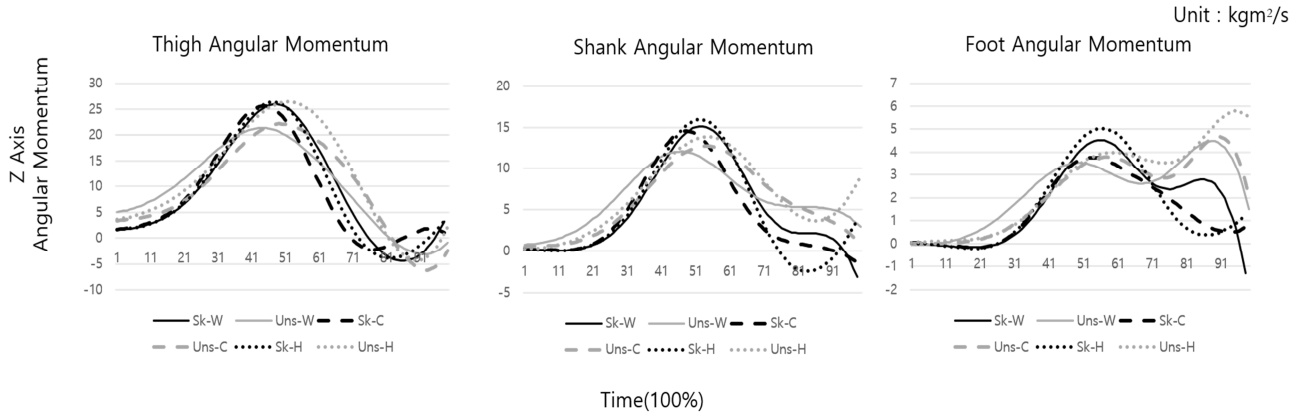

Figure 6. Z Axis angular momentum

하퇴와 발은 내전을 크게 진행하면서 각운동량이 숙련자 보다 크게 나타났다. 또한, 하퇴와 발의 경우 높이가 높아질수록 편차가 크게 나타났다.

(Figure 6)은 Z축 회전의 대퇴, 하퇴, 발 분절의 각운동량을 보여주며 내측 회전은 +값을, 외측 회전은 -값을 의미한다. 대퇴의 경우 숙련도와 높이에 따라서 동일한 각운동량 패턴을 나타내고 있으며 하퇴에 경우 높이에 따라서 다른 각운동량이 나타났다. 또한 발의 경우는 숙련도가 낮을수록 외측회전의 값이 최대 값으로 나타났다.

DISCUSSION

태권도 옆차기 동작의 타겟 높이 변화에 따라 옆차기 동작의 세부화된 분석을 위하여 현재 대한태권도협회의 선수 등록이 되어 있고 전국대회 메달이 있는 숙련자 대학생 7명과 태권도 경험이 없는 체육학과 비숙련자 대학생 7명 총 14명을 선정하였다. 피험자들의 허리, 가슴, 머리 높이 제한하여 옆차기를 실시한 결과로 숙련 정도와 높이 변화에 따른 옆차기 동작 수행의 차이점과 공통점을 통해 동작의 세부화된 자료로 과학적이고 정량적인 기초자료를 제공하고자 한다.

1. 각도-각도 다이어그램

Yoon & Chae (2008)은 비숙련자의 경우 슬관절의 굴곡이 최대로 이루어지는 과정에서 고관절이 신전되는 경향을 나타낸다고 하였는데 초보자 집단의 경우 무릎관절의 최대 굴곡이 발생하는 동안 이형동조(out of phase) 현상을 보인 반면 숙련자 집단은 엉덩관절은 고정시키고 무릎관절은 굴곡되는 자유도의 고정(fixation) 제어기전을 보이며 동작의 연속성이 부드럽게 이루어 졌다고 하였으며 Kim (2001)도 이형동조(out of phase) 협응에서 동형동조(in phase) 협응 형태로 움직인다고 하였으며 차는 다리의 고관절에서는 발차기를 위한 굴곡 동작이 아닌 신전 동작이 먼저 발생한다고 하였다. 또한, 슬관절의 경우 옆차기를 차기 위해서 최소의 각을 이룰 때까지 굴곡을 진행한다고 하였다. 옆차기 동작의 경우 2, 3국면에서 협응 형태를 파악하는 것이 정확하다고 하였다. 본 연구에서도 고관절과 슬관절의 각도-각도 도표를 보면 선행연구와 동일하게 2, 3국면에서 높이마다 협응의 차이가 나타났다. 이는 타켓 높이가 높아질수록 전신의 무게 중심은 높아져 신체 운동의 안정성을 낮아지게 되고(Go, 2010) 비숙련자 경우 높이가 높아질수록 E3에서부터 상체가 신체 중심에서 멀어지게 되는데 이는 고관절의 유연성이 부족하고 고관절 가동성이 부족하며, Go (2010)의 선행연구처럼 타겟이 높아질수록 상체의 근활성도가 낮아 상체를 신체 중심에서 굴곡을 하지 못해서 숙련자와의 협응 차이가 나타난 것으로 사료된다.

2. 옆차기 높이 변화에 따른 각운동량

태권도 발차기에 경우 방어가 아닌 타격하는 차기 동작이기에 무릎관절이 굴곡과 신전이 이루어 진다. 숙련자와 비숙련자는 굴곡과 신전이 진행되면서 대퇴, 하퇴, 발의 각운동량이 증가하다가 차는 발이 최대 신전이 되면 각운동량은 감소하며, 높이가 높아질수록 최소 굴곡이 되면서 X축의 각운동량도 크게 나타나는 공통점이 나타났다. 하지만 숙련도가 낮을수록 굴곡이 제대로 이루어지지 않은 상태에서 신전을 바로 하면서 각운동량의 차이점이 나타났다. 선행연구를 보면 Park (2003)은 고관절과 슬관절을 빠르게 굴곡하여 회전 반경을 줄임으로서 각속도를 증가시킨다고 하였으며, Kim (2014)은 학다리 서기 옆차기보다 두발 서기 옆차기가 슬관절 각속도가 크게 나타난 것은 우측 차는 발의 오른쪽 슬관절은 굴곡되어져 있고 두발 서기 자세 옆차기는 지면에서 차는 발이 이지되어 지면서 지면의 외력을 사용하였기 때문이며 X축의 각운동량이 차이가 나타난 것은 선행연구와 같이 높이가 높아질수록 지면의 외력을 크게 사용해서 슬관절을 빠르게 굴곡시켜 하퇴 각운동량이 크게 나타난 것으로 사료된다. 옆차기는 내측회전을 통해 발차기가 이루어지고 있어 대퇴와 하퇴의 각속도가 증가하다가 타격을 하게 되면 각속도가 감소하는 패턴을 보이고 있다. Shin & Jin (2000)도 옆차기는 외측회전의 각속도가 발생하지 않는다고 하였고, 점점 임팩트에 근접하면서 각속도는 감소한다고 하였다. 또한, Park (2003)은 슬관절의 합성 값이 크게 나타난 것은 수평 이동하면서 굴곡함과 동시에 동체의 장축회전을 수행하면서 각속도를 증가시켰다고 하였다. 이는 Kim (2014)의 선행연구 결과와 같이 슬관절과 고관절의 굴곡과 신전을 하면서 회전의 각운동량을 선운동량으로 전이하여 목표물을 타격하기 때문에 높이가 높을수록 전이된 운동량이 크게 나타나기 때문에 큰 각운동량을 나타낸 것으로 사료된다.

Yoon & Chae (2008) Z축에 대한 대퇴 각속도의 급격한 증가와 함께 하퇴 각속도의 급격한 증가를 나타내는건 동형동조 협응이 있기 때문이며, X와 Z축의 대퇴와 하퇴 각속도는 증가하다가 타격을 하게 되면 각속도는 감속하며, Shin (2002) Y, Z축에서는 내전과 내번 운동이 주도하여 동작을 수행한다고 하는데 이는 빠른 회전 운동을 위하여 운동을 저항하는 관성모멘트를 줄이기 위한 것으로 사료된다. 비숙련자의 경우 숙련자보다 각운동량의 편차가 크게 나타난 것은 옆차기 보다는 유사한 발차기인 돌려차기와 같이 숙련자보다 수직축에서 멀리 대퇴가 굴곡되면서 회전 반경이 길어지면서 하퇴와 발의 관성모멘트 크기가 커지면서 각운동량이 크게 나타난 것으로 사료된다.

CONCLUSION

본 연구는 태권도 옆차기 동작의 숙련자와 비숙련자간의 타겟 높이 변화에 따라 세분화된 분석을 위해서 숙련 정도와 높이 변화에 따른 옆차기 동작 수행의 차이점과 공통점을 통해 동작의 세부화된 자료로 과학적이고 정량적인 기초자료를 제공하기 위해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고관절은 서서히 굴곡이 증가하였으며, 목표물 타격 시 최대 굴곡으로 우측 고관절의 각은 최소 각으로 나타났으며, 높이가 높아질수록 고관절의 각은 최소 각이 나타났고, 슬관절의 우측 차는 발의 고관절 굴곡과 동시에 슬관절의 굴곡도 진행이 되는 공통점이 나타났다. 하지만 숙련도가 낮고 높이가 높아질수록 고관절과 슬관절의 협응이 차이가 나타났다.

2. 대퇴와 하퇴, 발의 각운동량을 보면 숙련자와 비숙련자 모두 높이에 따라서 서서히 각운동량이 증가하다가 E4에는 각운동량이 감소하며, 높이가 높아질수록 대퇴와 하퇴의 발의 각운동량도 크게 나타나는 공통점이 나타났으며, 숙련도가 높을수록 임팩트에서 각운동량의 감소 폭이 큰 차이점이 나타났다.

위와 같이 결론을 종합하면 태권도 품새 옆차기 시 타겟 높이를 머리 높이가 아닌 허리 높이부터 훈련을 진행하면서 하지관절의 유연성을 증가시켜 관절가동범위를 늘리면서 높이를 조정하는 순차적인 훈련이 진행되어야 하며, 차는 발이 최소 각이 되는 순간(E3)에서 차는 발이 최대 신전이 되는 순간(E4)까지의 반복 훈련이 필요하며 추후 발차기에 필요한 근육의 강화 훈련도 필요하다고 판단된다. 또한 본 연구와 선행연구에서 차는 발의 중요성을 강조하였지만 추후 연구에는 옆차기 동작을 수행하는데 있어 지지 발의 지면반력을 통해 보다 심도 있는 옆차기의 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study is Unpublished Master's Thesis in Ah Reum Hong (2016. 2).

REFERENCES

Cho, E. H. (2015). Difficulty Analysis of Poomsea Movements in Taekwondo. *Taekwondo Journal of Kukkiwon*, *6*(1), 115-156.

Go, S. G. (2010). Effect of Muscle Activity during Taekwondo Round-house Kicking according to Kicking Height. *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*, *12*(3), 277-286.

Hamil, J. & Ryu, J. S. (2003). Experiment in sport Biomechanics. Daehanmedia.

Heo, B. S., Lee, H. T. & Kim, Y. I. (2015). Kinetic analysis of the Apkkoaseogi Yeopchagi in Taekwondo. *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol *61*, 625-637.

Kang, D. W., Lee, K. K. & Lim, J. H. (2017). Assessment of kick performance according to target heights and visual provision of elite Ooomsae plyers. *Korean Journal of Sport Science*, *28*(2), 315-325.

Kang, D. W., Kim, H. R., Heo, W. S. & Lee, K. K. (2018). Biomechanical Comparative Analysis of the Dominant and the Non-Dominant According of rhe Type of Yeopchagi. *Taekwondo Journal of Kikkiwon*, *9*(1), 197-217.

Kim, J. D. (2009). Kinematic Analysis On the Yupchagi of the Women's TaeKwonDo Player. *The Korea Journal of Sports Science*, *18*(4), 1277-1283.

Kim, S. W. (2014). A comparative analysis on kinematic variables and muscle activity between Yeopchagi of two-feet stance posture and Yeopchagi movement of Hakdari seogi posture among the Taekwondo Poomsae. Unpublished Master's Thesis. Major in Sports medicine. Graduate School of Korea University.

Kim, S. B. (2000). A Three Dimensional Analsis of the Joint Reaction Force of side kick in the Taekwondo. *The Korean Journal of Physical Education*, *39*(2), 466-479.

Kim, S. B. (2001). The coordination and Muscle Moment Patterns of Taekwondo Side Kick as Multisegment Motion. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *11*(2), 355-369.

Kim, Y. E. (1999). Three - Dimensional Kinetic Analysis of the Taekwondo Side Kick. Unpublished Doctor's Dissertation. Dept of Physical Education, The Graduate School Yonsei University.

Kukkiwon (2006). Taekwondo textbook. Seoul: Osung.

Lo, Y. S (2012). Vital-dynamic analysis on Taekwondo Poomsae Yeopchagi. Unpublished Master's Thesis. Department of Taekwondo Studies. Graduate School of Sports Science Dankook University.

Park, K. D. (2003). A Kinematical Analysis of Side Kick Motion in Taekwondo. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *13*(2), 49-63.

Park, H. J. (2010). A Kinetic Comparative Analysis of the Yeopchagi Motion of Taekwondo Kyeolugi and Poomsae Players. Unpublished Master's Thesis. Major in physical Education. Graduate School of Korea National University of Education.

Shin, J. M. & Jin, Y. W. (2000). A Comparison of 3d Motor Patterns of Yeopchagi and Dolyeochagi in Taekwondo. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *9*(2), 1-14.

Shin, J. M. (2002). The analysis of 3D of joint movements in

Yeopchagi of Taekwondo. *The Korean Journal of Physical Education*, *41*(3), 545-556

Yoo, S. H. & Ryu, J. S. (2012). Comparison between the Balance of Skilled and Less-Skilled Players during Successful and Failed Front Kick and Turning Side Kick Motions. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *22*(3), 285-293.

Yoon, C. J. & Chae, W. S. (2008). The Process of Inter joint and Intersegmental Coordination of Side Kick Motion in Taekwondo. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *18*(4), 179-189.