



## 태권도 옆차기 동작의 인체관절과 분절사이의 협응 과정

### The Process of the Interjoint and Intersegmental Coordination of Side Kick Motion in Taekwondo

윤창진 · 채원식\* (경북대학교)

Yoon, Chang-Jin · Chae, Woen-Sik\* (Kyungpook National Univ)

#### 국문요약

본 연구는 9명의 남자 중학교 초보피험자들을 대상으로 태권도 옆차기 동작의 숙련정도에 따른 운동학적 협응과정을 살펴보는 데 목적을 두었다. 이용된 변인은 최대합성직선속도, 분절간 각속도, 각도 대 각도 도면이었다. 분석 결과, 연습후기로 갈수록 인접한 분절간의 운동량 전이가 잘 이루어져 각 분절의 최대합성직선속도가 유의하게 증가하였으며 분절간 각속도에서 학습후기로 갈수록 몸통에서 대퇴, 하퇴분절로의 순차적인 전이를 보였으며 던지는 듯하면서 미는 듯한 동작형태를 보였다. 엉덩관절과 무릎관절의 각도-각도 도면에서는 학습초기에는 다이내믹스한 변화를 보였으나 학습이 됨에 따라 숙련된 피험자처럼 안정적인 협응 패턴을 보여주었다.

#### ABSTRACT

C. J. YOON, and W. S. CHAE, The Process of the Interjoint and Intersegmental Coordination of Side Kick Motion in Taekwondo. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No. 4, pp. 179-189, 2008. The purpose of this study was to investigate interjoint and intersegmental coordination of lower segments in skill process. For the investigation, we examined the difference of resultant linear velocity of segments and angle vs angle graph. Novice subjects were 9 male middle school students who have never been experienced a taekwondo. We analyzed kinematic variables of Side Kick motion through videographical analysis. The conclusions were as follows.

1. Examining the graph of novice subjects' maximal resultant linear velocity of the thigh, shank, and foot segment, as it gets closer to the end of the training, the maximal resultant linear velocity in each segment increases which can be assumed to be a result of the effective momentum transfer between adjacent segments..

2. This research showed a sequential transfer from trunk, to thigh, and then to shank as it gets closer to the end of learning at intersegment angular velocity, and it also showed pattern of throwlike motion and pushlike motion.

3. In three dimension of flexion-extension, adduction-abduction and internal-external rotation of the thigh and shank segment, the angle-angle diagram of knee joint and of hip joint showed that dynamic change was indicated at the beginning of learning but stable coordination pattern was indicated like skilled subject as novice subjects became skilled.

KEYWORDS : RESULTANT LINEAR VELOCITY, COORDINATION, MOMENTUM TRANSFER

## I. 서론

태권도 차기기술은 크게 후려차기 유형과 밀어차기 유형으로 나눌 수 있는데(Chun, 1976), 김승재(1993)에 의하면 기본적 차기 동작 중 앞차기와 앞돌려차기는 끝분절에 최대속도를 발생시키기 위해 분절들의 회전이 차례로 일어나기 때문에 전형적인 후려차기 유형으로, 옆차기와 뒤차기는 힘을 발생시키기 위해 분절들의 회전이 동시에 일어나기 때문에 전형적인 밀어차기 유형으로 분류할 수 있으며, 뒤후려차기의 경우 이 두 가지 동작형태의 특징을 모두 포함한다고 했다.

그러나 운동학적 변인들을 이용한 선행연구들은 인체분절들의 궤모습만을 표현하여 내적으로 작용되는 신경-근육들의 제어기전을 이해하는 데 어려움이 있다는 단점이 제기되었다(이옥진, 최지영, 김승재, 2007).

인간의 모든 신체움직임은 분절운동이라고 할 수 있으며 이러한 의미에서 운동기능의 습득은 곧 신체분절의 적절한 사용방법을 획득하는 것이다(윤창진, 2008). 이때 운동기능의 습득과정은 근본적으로 협응과 제어의 측면에서 설명되어야 한다.

운동기술의 학습에서 협응(coordination)이란 동작이 진행되는 동안에 신체의 여러 분절들과 사지 사이에 일어나는 시·공간적인 관계를 의미하는 질적형태를, 제어(control)는 협응을 구성하는 신체 각 분절과 사지의 움직임에 시·공간적인 크기를 할당하는 양적인 조절작용(scaling process)을 말한다(Kugler, Kelso, & Turvey, 1980, 1982 ; Newell, 1985).

김기웅과 이옥진(2000)은 각도-각도 도면과 같은 위상학적 방법을 이용하여 전통적인 시열적 도작(time-series plots) 분석으로 알 수 없었던 인간의 협응에 대한 정보를 제공한다고 하였다.

Bernstein(1967)에 의하면 기술이 습득된다는 것은 반복적인 연습을 통해 동작에 관여하는 잉여 자유도(redundant degrees of freedom)의 운용방법을 터득하는 것이라고 했다. 예를 들어, Vereijken 등(1992)은 스키동작 모사과제를 학습시킨 결과 연습이 진행됨에 따라 개별자유도의 고정과 개별자유도간의 결속이 점차 해제되어 간다는 것을 증명하였다. Newell과 Van

Emmerik(1989)의 연구에서는 글씨쓰기 과제를 오른손과 왼손으로 수행시킨 결과, 늘 사용하는 오른손보다 익숙치 않은 왼손에서 관절간의 결속이 강하게 나타났다. 또 Steenbergen 등(1995)은 오른손과 왼손으로 빈 컵과 물이 가득찬 컵을 운반하는 과제를 수행시킨 결과, 과제조건이 어려울수록 즉 왼손으로 물이 가득찬 컵을 운반할 때 개별자유도의 고정과 개별자유도간의 결속이 강하게 나타나는 것을 확인하였다. Sparrow와 Irizarry-Lopez(1987)는 수평 트레드밀 위에서 피험자들에게 기기 동작을 반복적으로 연습시켰을 때 신체분절들 사이의 협응 형태가 유의하게 변화한다는 사실을 발견하였다. Anderson과 Sidaway(1994)는 축구 킥 동작 학습에서 연습이 진행됨에 따라 피험자들의 무릎 관절 및 대퇴관절의 상대 동작 형태가 유의하게 변화하여 킥 수행 기술의 향상이 일어나고 있음을 보고하였다.

Southard와 Higgins(1987)는 하루에 10분씩 모두 10일 간에 걸쳐 라켓볼을 포어핸드로 타구 연습하는 과제를 통해 피험자들이 처음에는 팔이 하나의 단위로 제어되었으나 연습이 진행됨에 따라 관절의 가동 범위가 증가하는 등 협응 및 제어 양상이 변화되었으며 또한 공의 타구를 위하여 팔이 공간에서 움직일 때 신체 각 부위가 다른 부위와 관련될 때의 속도가 현저하게 증가함을 발견하였다.

태권도 차기 동작에서 목표지점에 타격되는 신체부위는 발이지만 전달되는 힘은 발에서 나오는 것이 아니라 보다 근위분절에 있는 몸의 힘이 인접한 분절들의 운동을 일으키고 결국 최종적인 원위분절인 발로 운동량이 전달되어 타격이 이루어진다(윤창진, 1997).

운동학(kinematics)적인 변인들의 특성에 근거하여 볼 때 돌려차기는 스피드 총합의 원리 또는 분절순서이론에 기초한 “던지는 듯한” 동작유형과 비슷한 후려차기 유형으로 분류된 반면에 뒤차기는 운동량의 최적 협응의 원리에 근거한 “미는 듯한” 동작유형과 유사한 밀어차기 유형으로 분류되어, 돌려차기와 대조적인 협응 형태를 나타낸다고 보고되었다(김승재, 김주선, 김상복, 1995; 김현덕, 1992).

태권도 차기 동작에 관한 많은 연구들(김상복, 2001; 육동원, 이세용, 김상규, 2002; 신제민, 1999; 최지영, 이옥진, 김승재, 2007a, 2007b)은 대부분 옆차기와 돌려차기 동작들을 숙련자와 비숙련자간 단순 비교하였거나, 돌려차기 동작의 숙련과정에 관한 연구(윤창진, 2008)

들이었다. 그러나 옆차기 동작의 숙련과정에 따른 협응 관계 연구는 없는 실정이다.

태권도 차기 동작 중 옆차기는 던지는 듯한 동작과 미는 듯한 동작의 복합적인 성격을 띠고 있는 기술로서 부드럽고 효율적인 협응이 이루어져야만 효과적이고 위력적인 발차기가 될 수 있다. 이에 본 연구는 옆차기 동작의 인체관절과 분절사이의 협응 과정을 살펴 보기 위하여 Plagenhoef(1971)와 Bunn(1972)에 의한 스피드 총합의 원리(speed summation principle)에 해당되는 최대합성직선속도(maximal resultant linear velocity), 각 분절간 각속도의 순차적 또는 동시성 여부와 수직축을 중심으로 한 몸통분절의 각속도 변인들, 그리고 대퇴와 하퇴분절간의 관계의 특징을 설명해주는 각도 대 각도 도면을 통해 인체관절과 분절사이의 협응과정을 점검하는데 목적을 두고 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구의 피험자로는 이전에 태권도 차기 동작에 대한 사전경험이 없는 9명의 남자 중학교 3학년 학생으로 하였으며, 비교대상으로 숙련된 K대학 태권도 선수 1명으로 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

### 2. 실험 절차

S-VHS 캠코더(Panasonic 456, 60 fields/s) 6대를 사용하였으며 초보피험자들의 연습전, 1주 연습 후, 2주 연습 후, 3주 연습 후 각각에 대해 운동학(kineamtics)적인 자료들을 수집하였다. 피험자들은 자신이 할 수 있는 한 빠르게 동작을 수행하였으며 5번의 태권도 돌려차기 동작을 수행한 후 그 중 가장 잘된 동작 하나

표 1. 피험자의 신체적 특성

그룹	신장(cm)	체중(kg)	나이(yrs)	경력(yrs)
초보집단	175.1±3.4	61.4±7.3	15.0±0.0	0.0
숙련자	173.6	66.6	21	10

표 2 실험과제 수행계획

연습기간	연습횟수(누적시행수)	측정/분석
연습전	0회	사전검사(5회/1회)
제1주	1일차	30회
	2일차	30회(60회)
	3일차	30회(90회)
	4일차	30회(120회)
	5일차	30회(150회)
	6일차	30회(180회)
	7일차	
제2주	1일차	30회(210회)
	2일차	30회(240회)
	3일차	30회(270회)
	4일차	30회(300회)
	5일차	30회(330회)
	6일차	30회(360회)
	7일차	
제3주	1일차	30회(390회)
	2일차	30회(420회)
	3일차	30회(450회)
	4일차	30회(480회)
	5일차	30회(510회)
	6일차	30회(540회)
	7일차	

를 분석하였다. 그리고 비교집단으로 숙련된 피험자들의 운동학적인 정보를 영상분석을 통하여 수집하였다. 구체적인 실험과제 수행계획은 <표 2>와 같다.

### 3. 자료 처리

본 연구에서 6대의 영상자료는 kwon3d 3.0 프로그램을 이용하여 3차원 좌표값을 산출하였다. 인체관절 중심점은 상지의 경우는 관절중심을 직접적으로 디지털 이징하여 관절좌표를 구하였다. 하지의 경우, 무릎과 발목관절 중심은 관절외측 두 개과의 중심으로 설정하여 디지털이징 하였고 엉덩관절 중심의 경우 Tylkowski, Simon & Mansour(1982)에 의한 좌우측 전상장골극(L/R ASIS), 대전자(Great Trochanter)사이의 거리에 대한 비율로 추정하여 관절중심을 계산하였다. 본 연구를 위한 분석동작은 3개의 구간으로 나누었다. <그림 1>에 나타나 있듯이 1구간은 다리분절의 움직임이 시작되면서 차는 다리 발끝이 지면에서 떨어지는 시점(TO)까지

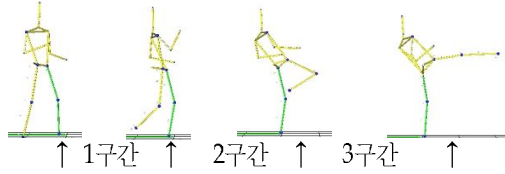


그림 1. 태권도 옆차기 기술의 동작 구간

이며, 2구간은 차는 다리의 발이 지면에서 떨어지는 시점에서부터 무릎관절각이 최소가 되는 시점(MinK)까지로 하며 3구간은 차는 다리의 무릎관절이 최소각을 이루는 시점에서 타격시점(impact)까지로 하였다.

각 분절 중심의 최대합성직선속도의 계산은 다음과 같이 하였다.

$$v = \sqrt{(v_{x2} - v_{x1})^2 + (v_{y2} - v_{y1})^2 + (v_{z2} - v_{z1})^2}$$

엉덩관절과 무릎관절의 각도는 해당되는 분절에 지역축을 삼고, 관성축과 이 지역축이 이루는 각도를 Euler's 함수를 이용하여 Cardan 각도로 계산하였다.

최대합성직선속도와 각속도는 초보피험자 9명의 자료를 1구간부터 3구간까지 시간-표준화(time-normalization) 한 후 총평균화(ensemble average)로 나타내었다. 그러나 각도-각도 도면에서는 피험자간의 근골격계 구조의 이질성 때문에 결코 발생할 수 없는 움직임 패턴을 만들 수 있다(Young & Marteniuk, 1998)는 연구결과에 따라 대표적인 피험자의 그래프를 제시하였다.

통계처리는 일원반복분산분석(a one-way analysis of variance with repeated measures)을 실시하여 최대합성직선속도의 트레이닝 기간들 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 살펴보았다. 통계적 유의성이 발견된 경우는 Tukey 방식으로 사후검정을 실시하였으며 유의수준은 5%로 하였다.

표 3. 숙련과정에 따른 대퇴분절 최대합성직선속도 (m/s)

Tests	Mean ±SD	df	F	Post hoc		
				B	C	D
(A)연 습 전	1.2±0.3			0.017*	0.660	0.024*
(B)1주연습후	2.0±1.0	3	4.230		0.206	0.999
(C)2주연습후	1.5±0.1				0.260	
(D)3주연습후	1.9±0.3					

Note. Significant difference at \* p<.05, \*\* p<.01.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 최대 합성직선속도

<표 3>은 대퇴분절의 연습전과 1주, 2주, 3주 연습 후의 최대합성직선속도 차이를 일원반복분산분석 한 결과로 연습전과 1주 연습 후, 연습전과 3주 연습 후에 서만 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 (P<.05). 반면에 연습전과 2주 연습 후, 1주와 2주 연습 후, 1주와 3주 연습 후, 2주와 3주 연습 후 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못했다. 이러한 현상은 2주 연습후의 경우 추운날씨로 인해 피험자들이 자신의 최대능력을 제대로 발휘하지 못했기 때문으로 생각되며 연습 전에 비해서 1주와 3주 연습 후에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 보아 숙련될수록 근위분절인 몸통분절의 운동량이 대퇴분절에 효율적으로 전달되었기 때문으로 생각된다.

<표 4>는 하퇴분절의 연습전과 1주, 2주, 3주 연습 후의 최대합성직선속도 차이를 반복일원분산분석 한 결과로 연습에 따라 하퇴분절의 최대합성직선속도가 조금씩 빨라진 것을 알 수 있으며 통계적으로도 연습전과 2주 연습 후, 연습전과 3주 연습 후, 1주 연습 후와 3주 연습 후 간에 통계적으로 유의성을 보였다(p<.05). 이는 2주 정도의 연습이 대퇴분절에서 하퇴분절로의 유의미한 운동량 전이를 가능하게 함을 의미한다.

<표 5>는 발분절의 연습전과 1주, 2주, 3주 연습 후의 최대합성직선속도 차이를 반복일원분산분석 한 결

과로 연습전과 1주, 연습전과 2주, 연습전과 3주 연습 후 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다 (P<.05). 반면에 1주, 2주, 3주 연습 후 간에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못했으나 연습에 따른

표 4. 숙련과정에 따른 하퇴분절 최대합성직선속도 (m/s)

Tests	Mean ±SD	df	F	Post hoc		
				B	C	D
(A)연 습 전	3.4±0.6			0.250	0.003**	0.000**
(B)1주연습후	4.0±0.7	3	40.649		0.228	0.001*
(C)2주연습후	4.6±0.6				0.104	
(D)3주연습후	5.3±0.7					

Note. Significant difference at \* p<.05, \*\* p<.01.

표 5. 숙련과정에 따른 발분절 최대합성직선속도(m/s)

Tests	Mean ±SD	df	F	Post hoc		
				B	C	D
(A)연 습 전	5.1±0.5			0.028*	0.005**	0.000**
(B)1주연습후	6.5±0.6	3	14.495		0.900	0.087
(C)2주연습후	6.8±1.3					0.309
(D)3주연습후	7.7±1.3					

Note. Significant difference at \*  $p<.05$ , \*\*  $p<.01$ .

속도 증가를 나타냈다. 이때의 속도는 거의 직선방향의 속도로서 하퇴분절에서 발분절로의 선운동량 전이가 효율적으로 이루어졌음을 의미한다.

<그림2>에서 <그림5>까지는 연습 전부터 1주, 2주, 3주 연습후의 대퇴, 하퇴, 발분절의 최대합성직선속도를 나타낸 것이다. 대퇴분절의 경우 최대합성직선속도가 모든 경우에 발이 지면에서 떨어지는 시점(TO)직전에 발생하였다. 이는 동작 초기에 발이 지면에서 떨어지기 직전, 차는 다리의 가장 근위분절인 대퇴분절이 전후방향(Y축)으로 빠르게 움직였다는 것을 의미한다.

하퇴분절의 경우, 발이 지면에서 떨어진 직후 최대속도가 발생하였다. 발분절의 경우, 무릎관절의 최대굴곡 시점(MinK) 직후에 최대속도가 발생하였는데 근위분절인 하퇴분절의 속도 감소로 인한 운동량 전이현상을 보여주고 있다. 특히, 3주 연습후인 <그림5>의 경우 발분절의 최대속도가 발생한 시점에 하퇴분절의 급격한 속도 감소 현상을 보여주고 있어서 학습이 진행됨에 따라 근위분절에서 원위분절로의 신체분절간 효율

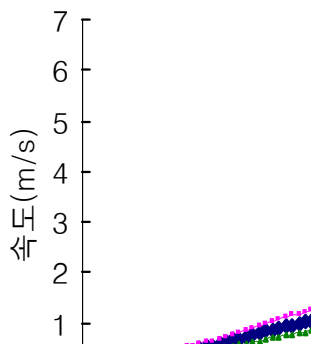


그림 2. 연습전 최대 합성 직선 속도

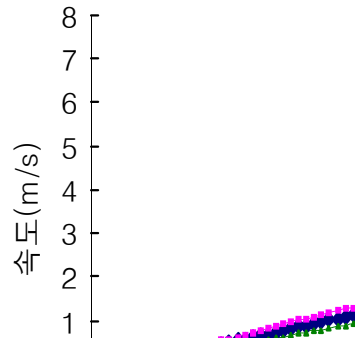


그림 3. 1주연습후 최대 합성 직선 속도

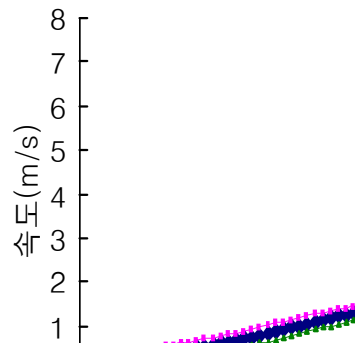


그림 4. 2주연습후 최대 합성 직선 속도

적인 협응 형태가 형성됨을 의미하였다.

<그림3>의 경우, 무릎관절 최대굴곡시점(MinK)부터 타격시점(Impact) 구간까지에서 하퇴분절의 속도증가 현상을 보여주고 있는데 이는 효율적인 협응이 이루어지지 않았다는 것을 의미한다.

<그림6>은 숙련된 피험자의 최대합성직선속도를 나타낸 것이다. 대퇴분절의 속도증가가 이루어진 후 이어서 하퇴와 발분절의 속도증가현상을 보여주고 있으며 하퇴분절이 최고속도에 도달한 후 감소현상이 일어나는 시점에 발분절의 2차적인 속도증가를 보여주고 있다.

## 2. 분절간 각속도

<그림7>에서 <그림10>까지는 수직축(Z축)을 기준으

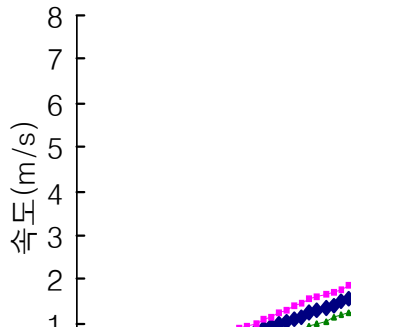


그림 5. 3주연습후 최대 합성 직선 속도

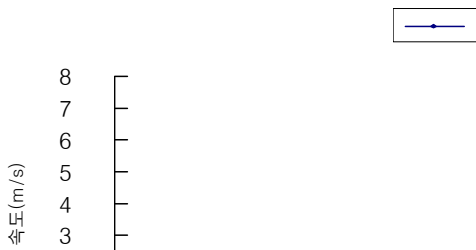


그림 6. 숙련자의 최대 합성 직선 속도

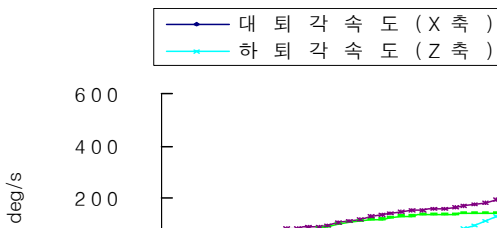


그림 7. 몸통, 대퇴, 하퇴분절의 각속도(연습전)

로 하는 몸통분절의 각속도와 좌우방향(X축)과 수직축(Z축)을 기준으로 하는 대퇴분절과 하퇴분절의 각속도를 나타낸 것이다.

<그림7>은 연습전의 각속도 양상으로 몸통분절과 대퇴분절의 Z축을 기준으로 한 각속도로 동작을 개시하였고 발이 지면에서 떨어지는 시점(TO)에 이미 하퇴분절이 Z축방향의 큰 각속도를 나타내어 분절간의 운동량 전달이 비효율적임을 나타내었다.

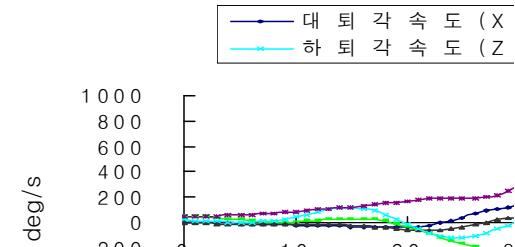


그림 8. 몸통, 대퇴, 하퇴분절의 각속도(1주 연습후)

<그림8>은 1주 연습후로 매우 복잡한 양상을 나타내고 있는데 이는 학습초기에 다이나믹한 변화가 일어나고 있기 때문으로 생각된다. 그러나 Z축에 대한 대퇴각속도가 2구간에서 양(+)의 최대치를 보이고 3구간에서 대퇴각속도가 음(-)의 각속도를 보이면서 하퇴각속도가 양(+)의 각속도 값 증가를 보이는 것은 바람직한 운동량 전이가 이루어지고 있음을 나타낸다.

<그림9>는 2주 연습후로 연습전인 <그림7>과 다소 유사한 형태를 보여주고 있으며 동작초기에 Z축에 대한 대퇴각속도의 급격한 증가와 곧 이은 Z축에 대한 하퇴각속도의 급격한 증가 양상을 나타내었는데 이는 대퇴분절과 하퇴분절의 Z축에 대한 동형동조(in phase)협응을 의미한다고 생각된다. 그러나 하퇴분절이 동작초기(TO)에 최대값을 나타낸 후 감소하였다가 다시 증가한 것은 비효율적이다.

<그림10>의 3주 연습후에는 Z축에 대한 대퇴분절과 하퇴분절의 양상이 이전 단계와는 다소 달라졌는데 2구간에서 Z축에 대한 몸통분절의 큰 각속도와 X축과 Z축에 대한 대퇴와 하퇴분절의 급격한 증가를 이룬 후 3구간에서 X축과 Z축에 대한 대퇴분절의 감소와 하퇴분절의 큰 각속도를 보이면서 타격에 이르는 것으로 나타났다.

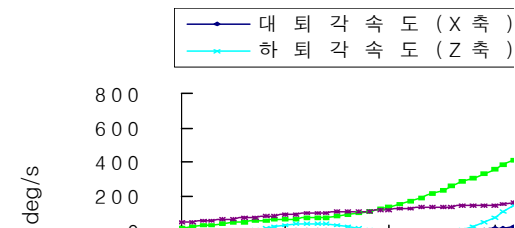


그림 9. 몸통, 대퇴, 하퇴분절의 각속도(2주 연습후)

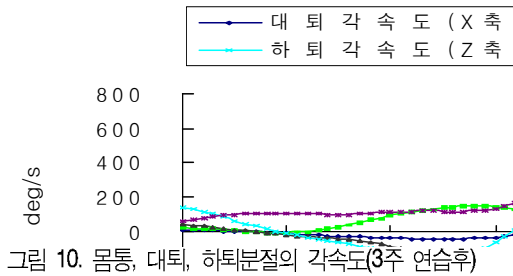


그림 10. 몸통, 대퇴, 하퇴분절의 각속도(3주 연습후)

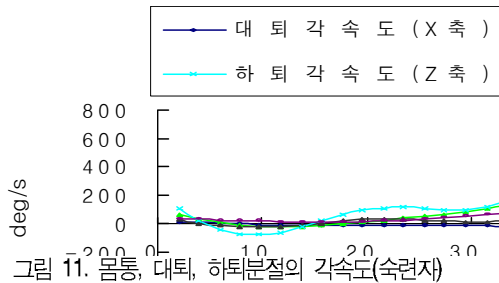


그림 11. 몸통, 대퇴, 하퇴분절의 각속도(숙련자)

<그림11>은 숙련된 피험자의 분절 각속도로서 구간 별로 3주 연습후와 유사한 형태를 나타내었다. 다만, Z축에 대한 대퇴분절의 최대값이 1구간에서 발생하였는데 이는 숙련된 피험자가 옆차기에 대한 예비동작으로 대퇴분절을 초기에 빨리 수평면에 나란히 했기 때문으로 사료된다. 반면에 <그림10>의 초보피험자들의 경우 Z축에 대한 대퇴분절의 최대각속도가 2구간에서 발생하였는데 이는 옆차기 동작을 앞차기의 연장으로 처음에는 앞차기와 유사하게 나아가다가 골반을 틀어서 옆차기를 했기 때문으로 생각된다. 만약 초보피험자들이 좀 더 숙련된다면 이 방식이 좀 더 빠르고 효율적일 것이며 옆차기가 던지는 듯한 동작과 미는 듯한 동작의 복합적인 기술임을 나타낸다고 생각된다.

### 3. 각도 대 각도 그래프

각도 대 각도 도면은 인접한 두 관절각이 어떠한 공간적인 관계 속에서 움직이는지를 정성적으로 나타내주는 대표적인 협응 변수로서 정적/부적 사선, 수직/수평선, 원형으로 나타나는 도면형태에 기초하여 동형동조(in-phase)협응과 이형동조(out of phase)협응, 그리

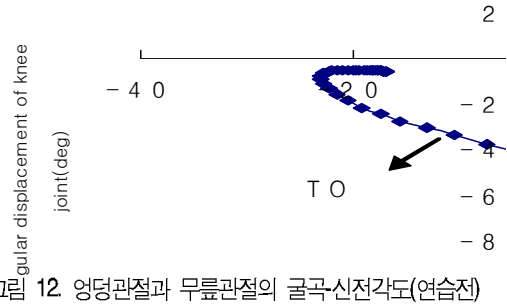


그림 12. 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡-신전각도(연습전)

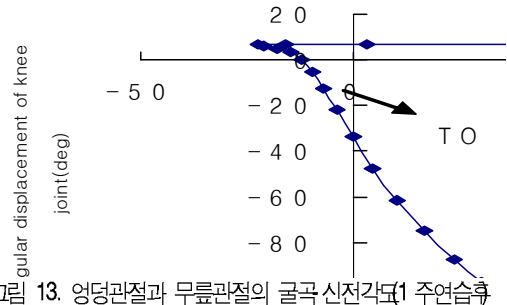


그림 13. 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡-신전각도(1주연습후)

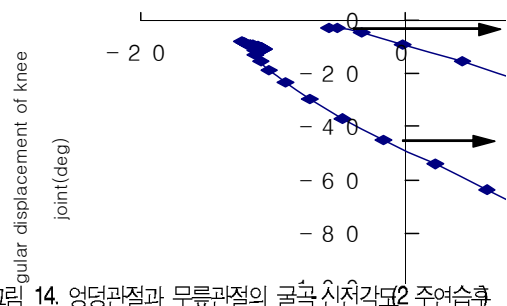


그림 14. 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡-신전각도(2주연습후)

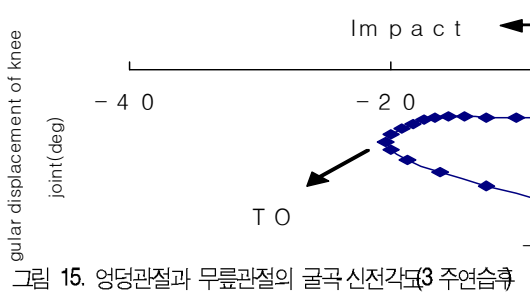


그림 15. 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡-신전각도(3주연습후)

고 자유도(degree of freedom)의 결속과 해체에 관한 정보를 얻을 수 있다(Winstein & Garifinkel, 1989).

<그림12>에서 <그림15>까지는 굴곡-신전각도를 숙련단계 별로 나타낸 것이며 <그림16>은 숙련된 피험자의 그래프이다.

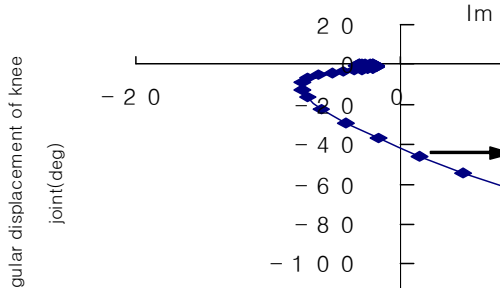


그림 16. 엉덩관절과 무릎관절의 굴곡-신전각도(숙련자)

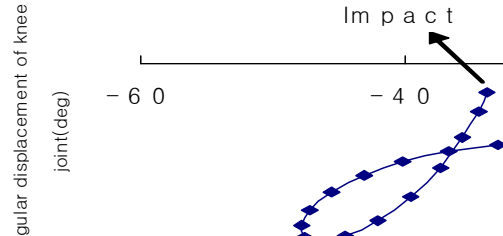


그림 19. 엉덩관절과 무릎관절의 내전-외전각도(2주연습후)

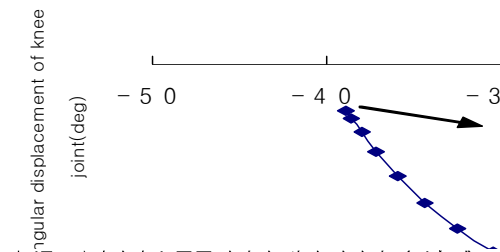


그림 17. 엉덩관절과 무릎관절의 내전-외전각도(연습전)

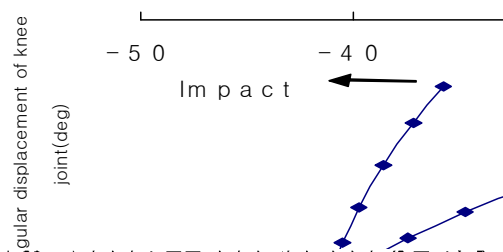


그림 20. 엉덩관절과 무릎관절의 내전-외전각도(3주연습후)

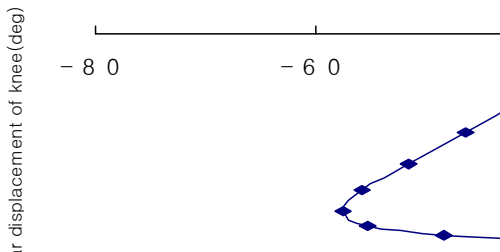


그림 18. 엉덩관절과 무릎관절의 내전-외전각도(1주연습후)

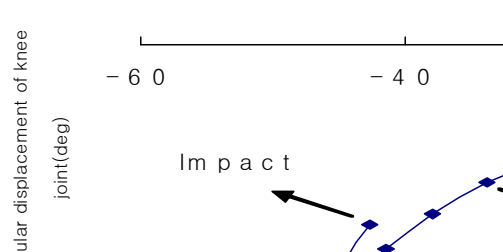


그림 21. 엉덩관절과 무릎관절의 내전-외전각도(숙련자)

모든 숙련단계에서 발이 지면에서 떨어지는 시점(TO)에서부터 무릎관절각이 최소를 이루는 시점(MinK)까지는 이행동조(out of phase) 협응 패턴을 보여주었다. 무릎관절각이 최소를 이루는 시점에서는 1주 연습 후와 2주 연습 후의 경우 잠시 무릎관절은 고정하고 엉덩관절각만 변하는 자유도의 고정(fixation) 제어전략을 나타내었다. 그러나 3주후와 숙련자의 경우는 매우 유사한 각도-각도 도면을 보여주고 있으며 무릎관절각이 최소를 이루는 시점에서 똑같이 전환점 동조(turning point synchronization) 현상이 발생하여 방향전환이 이루어지면서 새로운 협응이 이루어짐을 나타내었다.

<그림17>에서 <그림20>까지는 내전-외전각도를 숙련단

계별로 나타낸 것이며 <그림21>은 숙련된 피험자의 그래프이다. 초보피험자들의 경우 연습전 부터 3주 연습 후까지에서 수평선과 수직선으로 구성된 사각 형태로써, 이는 두 관절이 동시에 작동되지 않고 한 관절을 고정시킨 상태에서 다른 한 관절만 작동시키는 자유도의 고정(fixation) 제어 전략을 나타내었다. 구체적으로, 이 시점에서 엉덩관절은 고정시키고 무릎관절만 작동시켰다. 그러나 <그림21>의 숙련자는 엉덩관절의 고정이 풀리면서 동작이 이루어짐을 보여주었다. 이러한 현상은 초보피험자의 3주 연습 후 단계에서부터 보여주어 Bernstein(1967)이 제기한 자유도의 풀림단계에 들어선 것으로 생각된다.

<그림22>에서 <그림25>까지는 내-외측 회전각도를



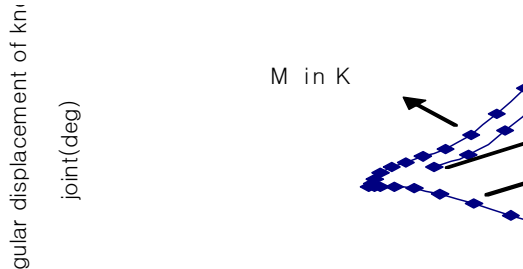


그림 22. 엉덩관절과 무릎관절의 내·외측회전각도(연습전)

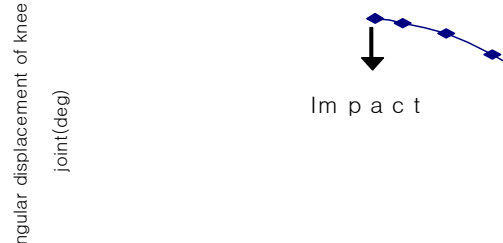


그림 25. 엉덩관절과 무릎관절의 내·외측회전각도(3주연습후)

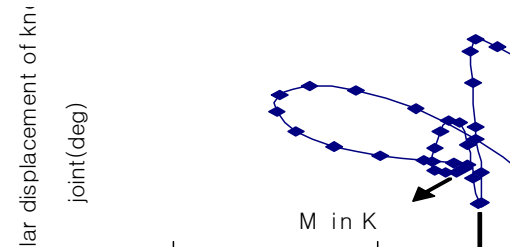


그림 23. 엉덩관절과 무릎관절의 내·외측회전각도(1주연습후)

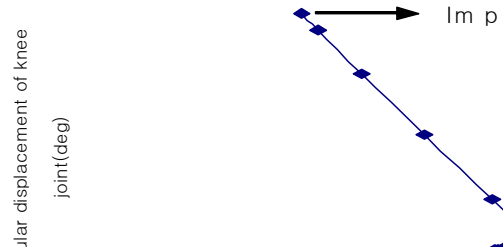


그림 26. 엉덩관절과 무릎관절의 내·외측회전각도(속련자)

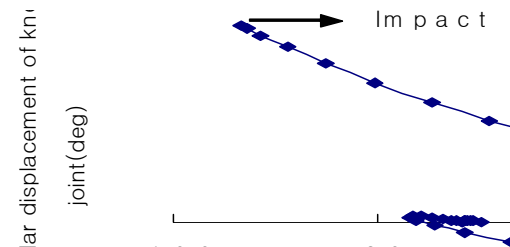


그림 24. 엉덩관절과 무릎관절의 내·외측회전각도(2주연습후)

속련단계별로 나타낸 것이며 <그림26>은 속련된 피험자의 그래프이다. 이는 분절의 장축방향에 대한 회전각도이어서 매우 복잡한 양상을 보여주고 있는데 초보피험자의 3주 연습 후가 속련된 피험자의 그래프와 유사한 형태를 보여주었다. 연습전은 단순한 패턴을 보여주었으며 1주 연습 후는 변환점이 매우 많은 다이내믹한 변화를 보여주었다. 이후 2주 연습 후는 다소 안정적인 형태를 보여주었으며 3주 연습 후는 속련자와 매우 흡사한 형태를 나타내주었다.

신체의 3방향에 대한 각도-각도 도면을 살펴본 결과 운동학습의 초기에는 많은 자유도를 갖는 복합시스템으로 인해 다소 복잡한 형태를 보였으며 연습이 진행

됨에 따라 신체분절들의 물리적인 속성에 의한 자기조직(self organization)현상이 발생하여 안정적인 협응 패턴이 발생하는 것으로 생각된다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 남자 중학교 초보피험자들을 대상으로 태권도 옆차기 동작의 숙련정도에 따른 인체관절과 분절사이의 협응 과정을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 초보피험자들의 숙련과정별 대퇴와 하퇴 그리고 발분절간의 최대합성직선속도 그래프를 살펴보면 연습후기로 갈수록 각 분절에 있어서 최대합성직선속도가 통계적으로 유의하게 증가하였으며 이는 인접한 분절간의 운동량 전이가 효과적으로 잘 이루어진 결과로 생각된다.

2. 분절간 각속도에서 학습초기에 다소 다이내믹한 변화를 보이다가 학습후기로 갈수록 몸통에서 대퇴, 하퇴분절로의 순차적인 전이를 보였으며 던지는 듯하면서 미는 듯한 동작형태를 보였다.

3. 굴곡-신진, 내진-외진, 내-외측회전의 세 방향에서 숙련과정에 따른 엉덩관절과 무릎관절간의 각도-각도 도면을 살펴볼 때, 학습초기에는ダイナ믹스한 변화를 보였으나 학습이 됨에 따라 숙련된 피험자처럼 안정적인 협응 패턴을 보여주었다.

본 연구에서는 3주간의 연습으로 인한 협응 및 제어 형태의 변화과정을 살펴보았는데 좀 더 정확한 기전 (mechanism)을 이해하기 위해서는 장기간의 추적 연구와 운동역학(kinetics)적인 변인들의 비교검토가 요구된다.

## 참고문헌

- 김기웅, 이옥진(2000). 기술수준에 따른 볼링 스윙 동작의 협응형태 : 각도-각도 도면 분석. *한국체육학회지*, 39(2), 207-220.
- 김승재(1993). 태권도 차기기술의 운동학적 동작형태 분류. 미간행 박사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 김승재, 김주선, 김상복(1995). 태권도 앞돌려차기와 뒤차기의 운동학적 동작형태 분류. *한국체육학회지 제33회 학술발표회 논문집*, 533-538.
- 김상복(2001). 다분절 체계의 운동인 태권도 옆차기 동작의 협응 형태와 근모멘트 특성. *한국운동역학회지*, 11, 355-369.
- 김현덕(1992). 태권도 뒤차기의 운동역학적 분석. *한국체육학회지*, 31, 505-512.
- 신제민(1999). 기술수준에 따른 태권도 돌려차기 동작의 협응 및 제어 형태 비교. 미간행 박사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 안문경(1998). 과제수행조건에 따른 신체분절의 제어형태. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.
- 육동원, 이세용, 김상규(2002). 운동숙련에 따른 태권도 옆차기 동작의 협응구조 및 근모멘트 특성. *한국스포츠심리학회 2001 동계워크샵논문집*, 225-237.
- 윤창진(1997). 태권도 차기 동작시 발속도에 대한 신체분절의 기여도. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 윤창진(2008). 다분절 운동인 태권도 차기동작의 동역학적 협응과 제어과정. 미간행 박사학위논문. 경북대학교 대학원.
- 이경식(2000). 점프유형과 점프높이에 따른 바운스 반동 점프의 협응 및 제어 형태 분석. 미간행 박사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 이옥진, 최지영, 김승재(2007). 태권도 뒤차기의 인체관절과 분절사이의 협응 형태. *한국운동역학회지*, 17(4), 73-82.
- 최지영, 이옥진, 김승재(2007). 태권도 돌려차기의 인체관절과 분절사이의 협응 형태. *한국체육학회지*, 46, 497-507.
- Anderson, D. I., & Sidaway, B. (1994). Coordination changes associated with practice of a soccer kick. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 93-99.
- Bernstein, N. A. (1967). *The coordination and regulation of movements*. London: pergamon press.
- Bunn, J. W.(1972). *Scientific Principles of Coaching*. Englewood, New Jersey: Prentice - Hall.
- Chun, R.(1976). *Tae Kwon Do : The Korean Martial Art*. New York : Harper & Row
- Kugler, P. N., & Kelso, J. A. S., & Turvey, M. T. (1980). *On the concept of coordinative structure as dissipative structure : I. Theoretical lines of convergence*, In G. E. Stelmach and J. Requin (Eds.), *Tutorials in motor behavior*. Amsterdam : North-Holland.
- Kugler, P. N., & Kelso, J. A. S., & Turvey, M. T. (1982). *On the control of coordination of naturally developing systems*. In J. A. S. Kelso and J. E. Clark (Eds.), *The developing of movement control and coordination* (pp. 5-78). New York: Wiley.
- Kwon, Y. H.(2004). KWON3D. *Motion Analysis Package Ver 3.1*.
- Newell, K. M. (1985). *Coordination, control and skill*. In D. Goodman, R. B. Wilberg, and I. M. Franks (Eds.), *Differing perspective in motor learning, memory, and control*. New York: North-Holland.

- Newell, K.M., & Van Emmerik, R. E. A. (1989). The acquisition of coordination: Preliminary analysis of learning to write. *Human Movement Science*, 8, 17-32.
- Plagenhoef, S.(1971). *Patterns of Human Motion*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall.
- Southard, D., & Higgins, T.(1987). Changing movement patterns: Effects of demonstration and practice. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 58, 77-80.
- Sparrow, W. A., & Irizarry-Lopez, V. M. (1987). Mechanical efficiency and metabolic cost as measures of learning a novel gross motor task. *Journal of motor Behavior*, 19, 240-264.
- Steenbergen, B., Marenik, R. G., & Kalbfleisch, L. E. (1995). Achieving coordination in prehension: Joint freezing and postural contributions. *Journal of Motor Behavior*, 27, 333-348.
- Tylkowski, C. M., Simon, S. R., & Mansour, J. M.(1982). *Internal rotation gait in spastic cerebral palsy*. Proceedings of the 10th open scientific meeting of the hip society. Mosby: St. Louis.
- Vereijken, B., Van Emmerik, R. E. A., Whitting, H. T. A., & Newell, K. M.(1992). Free(z)ing degrees of freedom in skill acquisition. *Journal of Motor Behavior*, 24, 113-142.
- Winstein, C. J. & Garfinkel, A.(1989). Qualitative dynamics of disordered human locomotion: A preliminary investigation. *Journal of Motor Behavior*, 21, 373-391.
- Young, R. P. & Marteniuk, R. G.(1998). Stereotypic muscle-torque patterns are systematically adopted during acquisition of a multi-articular kicking task. *Journal of Biomechanics*, 31, 809-816.

투 고 일 : 10월 31일

심 사 일 : 11월 6일

심사완료일 : 12월 9일