



태권도 뒤차기의 인체 관절과 분절사이의 협응 형태

Interjoint and Intersegmental Coordination Pattern of Dwichagi in Taekwondo

이옥진(광운대학교) · 최지영(연세대학교) · 김승재*(한서대학교)

Lee, Ok-Jin(Kwangwoon University) · Choi, Ji-Young(Yonsei University) · Kim, Seung-Jae* (Hanseu University)

ABSTRACT

O. J. LEE, J. Y. CHOI, and S. J. KIM, Interjoint and Intersegmental Coordination Pattern of Dwichagi in Taekwondo. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 4, pp. 73-82, 2007. The purpose of this study was to qualitatively analyze coordination pattern of joints and segments during Dwichagi in Taekwondo and present a point of difference as compared with the previous study on Dolryeochagi in Taekwondo. By the utilization of three-dimensional cinematography, the angles of individual joints and segments of six male Taekwondo experts during Dwichagi were calculated by using Euler's angle. The used coordination variables were angle vs. angle plots between adjacent joints and segments and angle vs. angular velocity plots of individual joints and segments, respectively. It was observed during Dwichagi that in-phase coordination and spring-like rotational control mechanism of the lower and upper trunk were transferred into straight spring-like control mechanism of lower leg passing through flexion-extension and the fixation of degree-of-freedom of lower trunk and hip joint alternatively. This comparative study that coordination variables were used seems to be more useful research direction to deeply understand basic control mechanisms of Taekwondo kicking techniques when compared with the previous studies that defined Dwichagi as a thrust movement pattern merely based on biomechanical variables of a kicking leg.

KEYWORDS : DWICHAGI, COORDINATION, CONTROL MECHANISM, MOVEMENT PATTERN

I. 서론

태권도 차기기술을 운동학적 변인들을 이용하여 분석한 그 동안의 선행 연구들에 대하여 신경-근육들의 움직임의 결과로 나타나는 인체분절들의 꺾모습만을

표현하여, 내적으로 작용되는 신경-근육들의 제어기전을 이해하는데 어려움이 있다는 단점이 제기될 수 있다. 또 이러한 단점으로 인하여 태권도 지도현장에서 활용할 수 있는 실용적인 정보를 제공하는 데에도 한계가 있는 것으로 보인다.

그러나 이러한 운동학적 변인들을 운동 학습 및 제

* sjkim@hanseo.ac.kr

어 분야에서 사용되는 협응 변인들로 전환시켜 다른 분야의 시각으로 관찰할 수 있도록 표현한다면, 협응 변인들이 인체의 근육 움직임을 원천적으로 발생시키고 제어하는 기전을 이해하게하기 때문에 이를 토대로 태권도 차기기술을 분류하고, 단계별 학습순서를 제시하고, 태권도 수련자의 동작학습에 효과적인 피드백을 개발 하는 등 지도현장에서 보다 유용하게 활용될 수 있는 실용적 정보를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 그러므로 이 연구에서는 운동 학습 및 제어 분야에서 활용되고 있는 협응 변인, 구체적으로 두 관절사이의 공간적 협응 관계를 정성적 나타내 주는 각도 대 각도 도면과 동작에 관여하는 각 관절의 시공간적인 관계와 동작의 기본 제어기전을 나타내는 주는 각도 대 각속도 도면을 활용하여 태권도 차기기술을 분석한다면, 차기기술의 동작 형태를 체계화시킬 수 있을 뿐만 아니라 차기기술의 단계적 학습에 관한 유용한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

이에 따라 먼저 돌려차기 기술의 협응 형태를 분석하였으며(최지영, 이옥진, 김승재, 2007), 이 연구는 그 후속으로 뒤차기 기술을 협응 형태 연구의 주제로 선택하였다. 뒤차기를 돌려차기의 후속 연구로 선택한 이유는 지금까지의 연구들(김승재, 김주선, 김상복, 1995; 김현덕, 1992)에서 운동학적인 변인들의 특성에 근거하여 돌려차기는 스피드 총합의 원리 혹은 분절순서이론에 기초한 “던지는 듯한” 동작유형과 유사한 후려차기 유형으로 분류된 반면에 뒤차기는 운동량의 최적 협응의 원리에 근거한 “미는 듯한” 동작유형과 유사한 밀어차기 유형으로 분류되어, 돌려차기와 대조적인 협응 형태를 나타낸다는 보고 때문이다. 또 돌려차기 기술은 운동역학 분야에서 비교적 많은 연구들이 수행된 반면에 뒤차기 기술에 대한 현재까지의 연구들은 운동학적 변인을 분석한 연구(이동진, 박찬호, 김현수, 2006), 지면반력을 분석한 연구(이종훈, 1999), 기호화 나열법을 이용한 유사성에 관한 연구(김승권, 오선홍, 1996) 등과 같이 소수에 불과하였다. 그 이유 가운데 하나는 돌려차기가 180° 이내의 공간 회전운동으로 이루어진 반면에, 뒤차기는 180° 이상의 공간 회전운동을 포함하기 때문에 그 동작분석이 쉽지 않다는 점일 것이다.

따라서 이 연구의 목적은 태권도 뒤차기 기술에 관

여하는 관절과 분절들사이의 협응 형태를 각도 대 각도 도면과 각도 대 각속도 도면에 기초하여 정성적으로 분석하고, 특히 앞서 연구된 돌려차기 협응 형태와 비교하여 그 차이점을 제시하는데 두었다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

연구대상자는 한국 올림픽 국가대표로 선발된 6명의 남자 선수들로 키는 평균 177 ± 5.6 cm, 몸무게는 평균 72.2 ± 7.6 kg이었으며, 체급에 있어서 페더급 2명, 라이트급 1명, 웰터급 2명, 미들급 1명 이었다.

2. 자료측정

동조 장치로 연결된 2대의 16mm 고속카메라를 이용하여 100 frames/sec의 촬영속도로 뒤차기 기술을 촬영하였다. 대상자들은 인체의 해부학적 경계점들을 쉽게 알 수 있도록 수영복만을 착용시켰으며, 30분간의 충분한 워밍업후 자신들이 선호하는 차는다리로 명치 높이에 위치시킨 공격목표물을 향해 뒤차기를 각각 세 번씩 실제 경기현장에서와 같이 빠르고 정확하게 수행하라고 요구하였다. 우측다리를 차는다리로 이용한 대상자는 4명, 좌측다리의 경우는 2명이었다. 세 번의 뒤차기 시기 가운데 가장 정확하게 공격목표물의 가격한 동작을 선정하여 차는발이 지면에서 떨어지기 직전의 10장면부터 차는발이 공격목표물을 타격하는 순간이후의 10장면까지의 17개의 해부학적 경계점들을 수치화하였다. DLT 법(Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 이용하여 수치화된 해부학적 경계점들의 3차원 공간 좌표값들을 얻었으며, 이 좌표값들은 2차 Butterworth 저역필터(Winter, 1990)를 이용하여 12.5 Hz의 차단주파수에서 평활화되었다.

3. 자료처리

3차원 공간좌표값들을 이용한 인체 개개 분절들의 3

III. 결과

1. 각도 대 각도 도면

태권도 뒤차기에 관여하는 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절, 허부몸통, 상부몸통의 각변위에 대한 최대값과 최소값, 그리고 주요 동작구면별 수치자료는 <표 1>과 같았다. 이러한 자료를 기초로 작도된 각도 대 각도 도면은 인접한 두 관절각이 어떠한 공간적인 관계 속에서 움직이는지를 정성적으로 나타내 주는 대표적인 협응 변수로서 정적/부적 사선, 수직/수평선, 원형으로 나타나는 도면에 형태에 기초하여 동위상(in-phase) 협응과 반대위상(out of phase)협응, 그리고 자유도(여기에서는 관절각)의 결속과 해체에 관한 정보를 얻을 수 있다(Winstein & Garfinkel, 1989).

뒤차기동안 발목관절 족배-족저 굴곡과 무릎관절 신전-굴곡의 협응을 나타내는 <그림 2a>는 전형적인 부적 방향의 사선 모양으로써 두 관절이 반대위상으로 동시에 작동됨을 알 수 있었으며, 무릎최대굴곡(knee max)을 기점으로 족저굴곡되었던 발목관절은 족배굴곡시키고, 굴곡되었던 무릎관절은 신전시킴으로써 뒤차기 동안 반대위상 협응 형태를 유지하고 있음을 확인할 수 있었다. 이에 반해, 돌려차기에서는 두 관절이 동위상으로 협응되다가 무릎최대굴곡이후 발목관절을 고정시키고 무릎을 신전시키는 자유도의 고정 제어기전을 나타냈다.

뒤차기 동안 무릎관절의 신전-굴곡과 엉덩관절 굴곡-신전은 <그림 2b>에서 보듯이 전형적인 정적 방향의 사선으로써, 두 관절이 동위상으로 동시에 작동됨을 알 수 있었다. 구체적으로, 무릎관절과 엉덩관절이 동시에 굴곡되다가 무릎최대굴곡을 기점으로 두 관절이 모두 신전되면서 동작 내내 동위상 협응형태가 유지되고 있었다. 이에 반해, 돌려차기에서는 전체적으로 사각 형태로서 자유도의 고정 제어기전을 나타냈다. 주로 엉덩관절을 고정시킨 상태에서 무릎관절의 굴곡(동작 초기)과 신전(타격순간 전후)이 발생되었다.

엉덩관절과 허부몸통의 협응은 몸통과 하지(대퇴-하퇴-발)를 연결하는 중요한 부분으로써 뒤차기를 할 때

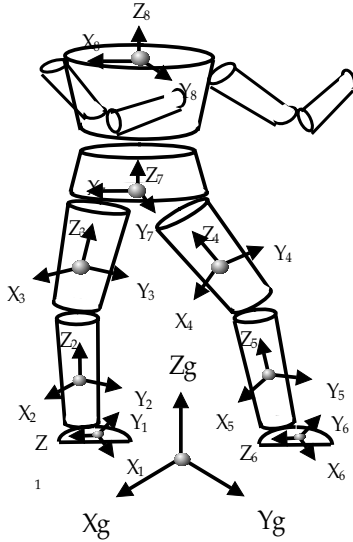


그림 1. 관성 기준계와 인체에 매립된 8개의 인체분절 좌표계; X축은 내외축, Y축은 전후축, Z축은 종축 또는 수직축을 나타냄(김승재와 최지영(1998)으로부터 개작됨).

차원 위치는 김승재와 최지영(1998)의 태권도 차기기술 분석법을 이용하여 결정되었다. 이 분석법은 인체분절들에 매립된 분절좌표계의 설정 및 단위벡터화, 인접한 인체 분절의 단위벡터를 이용한 회전변환 행렬식 유도, 세 축에 대한 회전에 의한 변환 행렬식을 이용한 오일러 각의 계산 등의 세 가지 단계를 거쳐 인체 분절들의 상대적 위치를 결정하였다. 본 연구에서 이용된 관성기준계와 인체에 매립된 분절좌표계는 <그림 1>에 나타난 바와 같다.

인체분절들의 상대적 위치는 김승재와 최지영(1998)에 의한 절차에 따라 인체 관절들의 각도가 각각 계산되었다. 발목관절은 배측/족저굴곡, 무릎관절은 신전/굴곡, 엉덩관절은 굴곡/신전, 내전/외전, 내측/외측 회전, 허부몸통은 전방/후방 기울기, 우측/좌측 측면기울기, 좌측/우측 회전, 상부몸통은 신전/굴곡, 우측/좌측 측면굴곡, 좌측/우측 회전. 이렇게 계산된 각도 변인들은 시간축을 100%로 정규화(normalization)한 다음 차는다리 관절사이와 몸통 분절사이의 각도 대 각도 도면, 차는다리 관절들과 몸통분절들의 각도 대 각속도 도면 등의 협응 변인으로 나타내었다.

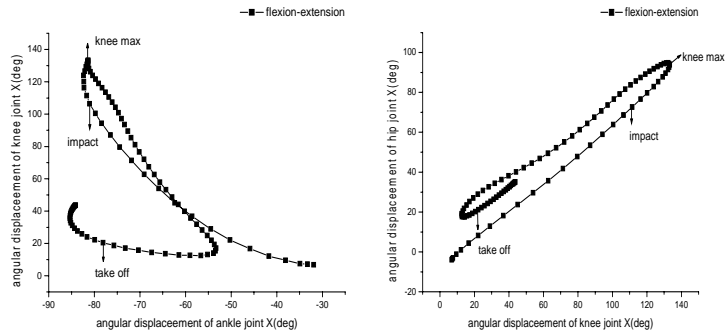


그림 2. 뛰차기동안 a) 발목관절 평균 족배-족저 굴곡 각도 대 무릎관절 평균 신전-굴곡 각도, b) 무릎관절 평균 신전-굴곡 각도 대 엉덩관절 평균 굴곡-신전 각도 도면.

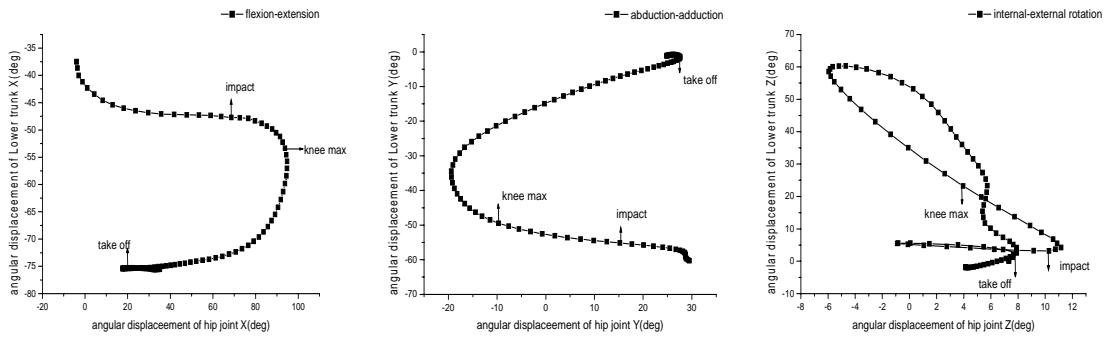


그림 3. 뛰차기동안 엉덩관절과 하부몸통 사이의 a) 평균 굴곡-신전 각도 대 전방-후방 기울기 각도, b) 평균 내전-외전 각도 대 우측-좌측 측면기울기 각도, c) 평균 내측-외측 회전 각도 대 좌측-우측 회전 각도 도면.

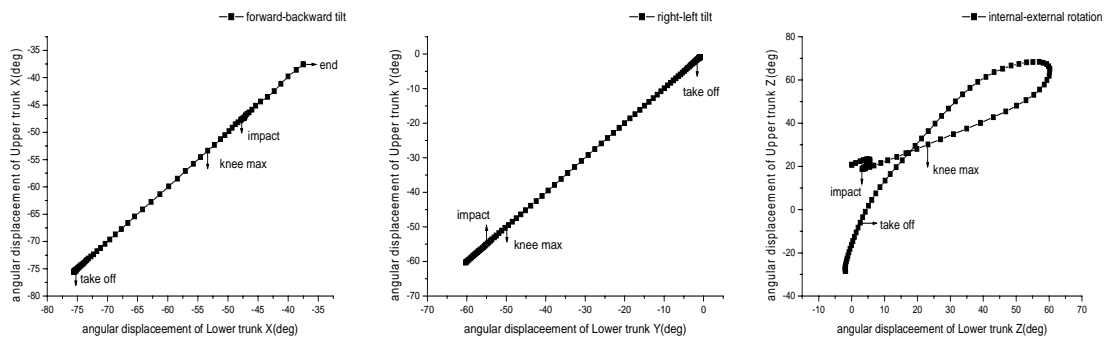


그림 4. 뛰차기동안 하부몸통과 상부몸통 사이의 a) 평균 전방-후방 기울기 각도 대 신전-굴곡 각도, b) 평균 우측-좌측 측면기울기 각도 대 우측-좌측 측면굴곡 각도, c) 평균 좌측-우측 회전 각도 대 좌측-우측 회전 각도 도면.

몸통의 제어기전(스프링 형태의 회전 제어기전)이 하지의 제어기전(스프링 형태의 굴곡-신전 제어기전)으로 전이되기 위해 어떠한 연결 제어기전이 필요한 지에 관한 정보를 제공해 준다는 점에서 주목해야 할 분석 변수이다(각도 대 각속도 도면 분석결과 참조). <그림 3a>에서 보듯이 뒤차기 동안 엉덩관절과 하부몸통의 굴곡-신전과 전방-후방 기울기는 수평선과 수직선으로 구성된 사각 형태로써, 이는 두 관절이 동시에 작동되지 않고, 한 관절을 고정시킨 상태에서 다른 한 관절만 작동시키는 자유도의 고정(fixation) 제어전략을 나타내는 것이다. 구체적으로, 동작 초기에는 하부몸통을 고정시킨 상태에서 엉덩관절을 굴곡시켰으며, 반대로 무릎최대굴곡 전후에는 엉덩관절을 고정시킨 상태에서 하부몸통을 신전시켰다. 그리고 그 이후부터 동작 종료 직전까지는 다시 하부몸통을 고정시키고, 엉덩관절만을 신전하였다. 이에 반해, 돌려차기에서는 이 부분에서 동위상으로 동시 작동되는 양상을 보였다. 한편, 내전-외전과 우측-좌측 측면기울기에서는 동작 초기의 완만한 정적 사선이 무릎최대굴곡 전에 완만한 부정 사선으로 전환되는 형태로써 두 관절이 동위상으로 동시 작동되다가 반대위상 협응으로 전환된다는 것을 알 수 있었다(그림 3b). 또 내측-외측 회전과 좌측-우측 회전에서는 타격순간까지는 부정 방향의 사선으로 두 관절이 반대위상으로 동시에 회전되다가 타격순간이후에는 하부몸통의 회전을 멈추고, 엉덩관절만을 회전시키는 자유도 고정 전략을 나타냈다(그림 3c).

하부몸통과 상부몸통의 전방-후방 기울기와 신전-굴곡(그림 4a), 우측-좌측 측면기울기와 측면굴곡(그림 4b)은 돌려차기와 동일하게 전형적인 정방향 사선으로 하부몸통과 상부몸통이 동위상으로 동시 작동 된다는 것을 알 수 있었다. 반면 좌측-우측 회전운동은 돌려차기에서는 비결속(decoupled) 협응을 의미하는 원형 형태와 유사했으나 뒤차기에서는 정적 방향의 사선 형태로써 동위상으로 동시에 회전되는 양상을 나타냈다(그림 4c).

2 각도 대 각속도 도면

뒤차기동안 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절, 하부몸통,

상부몸통의 각변위와 각속도에 대한 최대값과 최소값, 그리고 주요 동작국면별 수치자료는 <표 1>과 같았다.

이러한 자료를 기초로 작도된 각도 대 각속도 도면은 개별 관절각의 각도와 각속도의 변화를 동시에 나타내는 그림으로써, 뒤차기 동안의 신경-근육 시스템의 조직에 대한 정성적 그림을 제공한다. 이 도면의 형태는 뒤차기 기술의 제어기전에 대한 초기 통찰력을 제공한다. 구체적으로, 도면상의 궤도가 수평선과 수직선으로 구성된 사각 형태는 동작 제어가 동작 끝부분에 집중되는 탄도적 제어(ballistic control)를 나타내며, 반면 원형의 곡선 형태는 스프링(spring)이나 진자(pendulum)와 같이 위치 의존적인 복원력(position-dependent restoring force)이 되는 주기적 진동자(limit cycle oscillator)의 동작 제어기전을 나타낸다. 또한 가운데 부분이 볼록한(convex) 형태는 동작의 중단 없이 연속적이고 점진적인 가속과 감속 제어를 나타내며, 속도가 제로인 지점에 돌출 부분(cusps)의 발생은 갑작스럽게 동작이 중지되거나 재기되는 것을 나타낸다. 또한 속도가 제로가 되는 선과 각도 대 가속도 궤적이 만나는 접점이 많을수록 해당 관절의 다이내믹스 변화가 많다는 것을 의미한다(Winstein & Garfinkel, 1989).

뒤차기에서 발목관절의 족배-족저 굴곡은 차는발 이 지순간부터 무릎최대굴곡까지 전형적인 원형의 도면을 나타냄으로써 스프링과 같이 위치-의존적으로 힘을 회복하는 제어기전임을 알 수 있었으며, 무릎최대굴곡순간을 기점으로 다이내믹스를 전환하여 타격순간을 지나 동작의 종료까지는 가운데가 볼록한 곡선으로써 점진적인 가속과 감속 기전을 나타냈다(그림 5a). 이는 돌려차기와 다른 결과로서 돌려차기에서는 원형의 형태가 아니었으며, 타격순간이후 동작의 갑작스러운 중지 및 탄도적 속도제어를 의미하는 수직에 가까운 직선이 특징적이었고, 다이내믹스의 전환도 많았다.

무릎관절의 신전-굴곡은 돌려차기와 동일하게 전형적인 원형의 형태로써 스프링과 같이 굴곡, 신전의 끝에서 힘을 회복하는 제어기전임을 알 수 있었다(그림 5b).

뒤차기에서 엉덩관절의 굴곡-신전, 내전-외전, 그리고 내측-외측 회전운동 모두는 원형의 형태로써 스프링과 같은 주기적 진동자의 제어기전을 나타냈다(그림 6). 특히, 회전운동에서 차는발 이지순간후 동작 초기

표 1. 뒤차기동안 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절, 하부몸통, 상부몸통의 각변위와 각속도 (단위: 각도:deg, 각속도:deg/sec)

관절	운동방향	국면		동작전체			주요국면		
		중요시점	변인	최소	최대	최소-최대	시작 21%	무릎최대 68%	타격 79%
발목관절	족배-족저 굴곡	각변위		-85.36	-31.91	53.45	-78.10	-81.37	-81.03
		각속도		-4.95	15.57	20.51	7.69	-0.06	3.65
무릎관절	신전-굴곡	각변위		6.80	133.34	126.54	20.44	133.34	106.45
		각속도		-31.65	17.30	48.95	-6.37	-0.09	-20.18
엉덩관절	굴곡-신전	각변위		-3.98	94.80	98.78	20.17	93.81	68.63
		각속도		-22.03	11.44	33.47	-3.32	-3.01	-16.15
	내전-외전	각변위		-19.40	29.51	48.91	27.61	-9.69	15.24
		각속도		-7.42	9.87	17.30	-1.16	6.98	9.39
	내측-외측 회전	각변위		-5.94	11.17	17.11	7.84	3.96	10.28
		각속도		-6.18	6.54	12.73	.46	4.84	-2.97
하부몸통	전방-후방 기울기	각변위		-75.59	-37.48	38.11	-75.29	-53.35	-47.71
		각속도		-.38	6.17	6.55	.31	6.15	1.54
	우측-좌측 측면기울기	각변위		-60.28	-.76	59.52	-1.68	-49.46	-55.14
		각속도		-.20	6.58	6.78	.62	3.67	1.38
	좌측-우측 회전	각변위		-1.96	60.29	62.25	2.61	23.23	3.21
		각속도		-11.18	16.95	28.14	-2.65	15.05	.95
상부몸통	신전-굴곡	각변위		-75.58	-37.53	38.05	-75.33	-53.37	-47.57
		각속도		-.28	6.30	6.59	.23	6.29	1.56
	우측-좌측 측면굴곡	각변위		-60.28	-.081	59.47	-1.68	-49.45	-55.19
		각속도		-.18	6.65	6.83	.63	3.59	1.44
	좌측-우측 회전	각변위		-28.55	68.39	96.94	-6.03	30.17	18.66
		각속도		-14.39	11.01	25.40	-9.06	9.26	-1.13

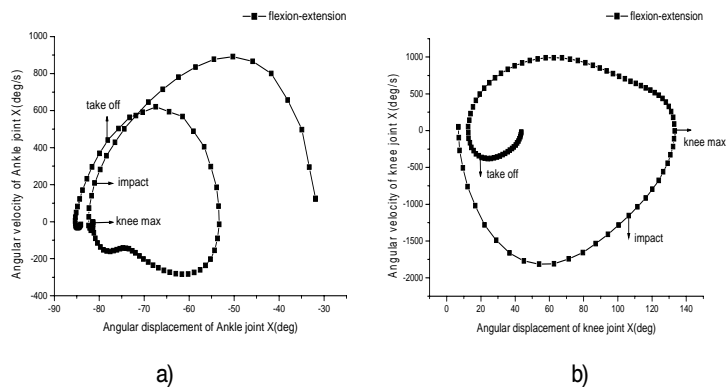


그림 5. 뒤차기동안 a) 발목관절의 평균 족배-족저 굴곡과 b) 무릎관절의 평균 신전-굴곡 각도 대 각속도 도면.

에, 다이내믹스의 전환을 나타내는 체로 속도 선을 통과하는 작은 원형을 확인할 수 있었고, 타격순간이후 동작의 종료까지는 가운데가 볼록한 곡선을 나타냄으로써 점진적인 가속과 감속 기전을 채택하고 있음을

확인할 수 있었다(그림 6c). 이러한 결과는 돌려차기와 다른 점으로써 돌려차기 동안 엉덩관절의 굴곡-신전은 급한 기울기의 곡선이 계단식으로 연결된 형태로써 뒤차기보다 급격한 속도의 가감속이 단계적으로 발생했

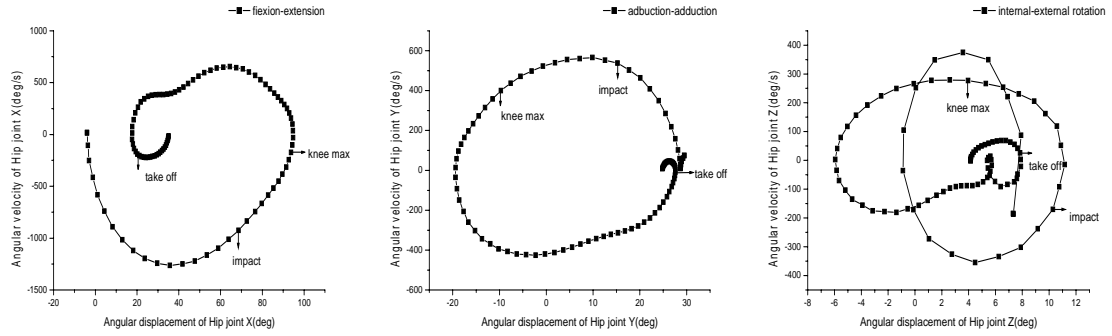


그림 6. 뒤차기동안 엉덩관절의 평균 a) 굴곡-신전, b) 내전-외전, c) 내측-외측 회전의 각도 대 각속도 도면.

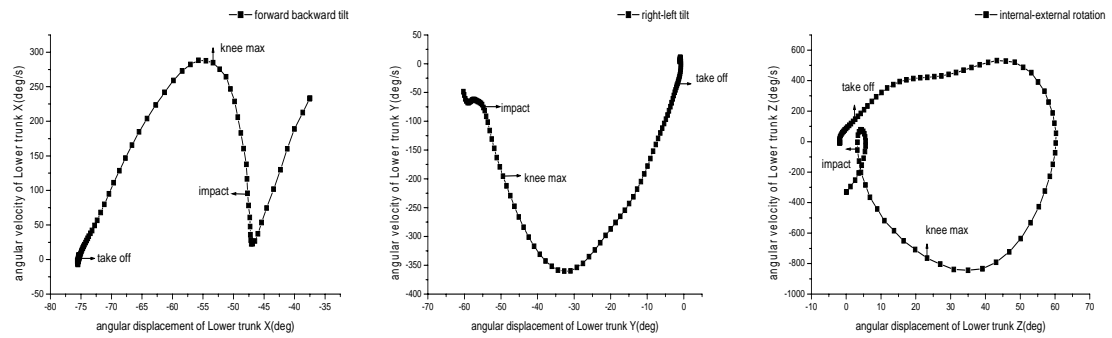


그림 7. 뒤차기동안 하부몸통의 평균 a) 전방-후방 기울기, b) 우측-좌측 측면기울기, c) 좌측-우측 회전의 각도 대 각속도 도면.

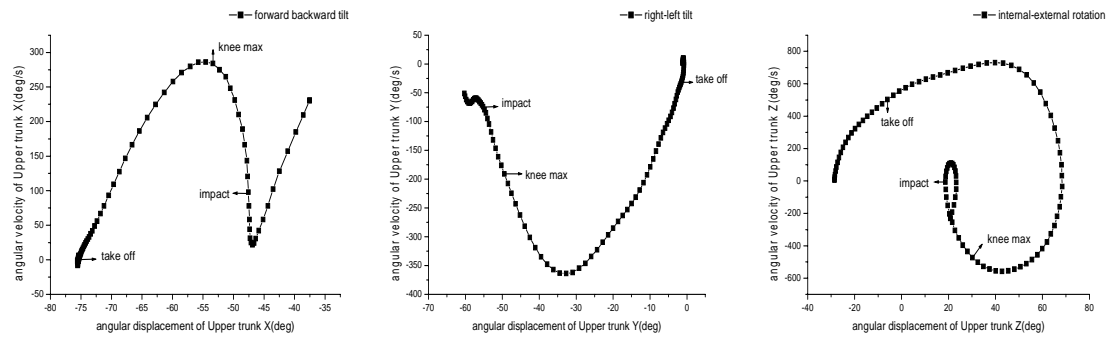


그림 8. 뒤차기동안 상부몸통의 평균 a) 신전-굴곡, b) 우측-좌측 측면굴곡, c) 좌측-우측 회전의 각도 대 각속도 도면.

으며, 특히 엉덩관절의 회전에서 타격순간이후의 제어 기전에서 그 차이점이 뚜렷하였다. 뒤차기는 점진적인 가속과 감속과 스프링과 같은 제어기전을 보인 반면, 돌려차기에서는 동작의 갑작스런 중단과 급격한 탄도적 속도 제어기전을 보였다.

<그림 7>와 <그림 8>에서 보듯이 뒤차기 동안 하부 몸통과 상부몸통의 제어기전은 동일하였다. 구체적으로 전방-후방 기울기(그림 7a)와 신전-굴곡(그림 8a), 우측-좌측 측면기울기(그림 7b)와 측면굴곡(그림 8b)은 가운데가 볼록한 완만한 곡선 형태로써 전형적인 점진적 가속과 감속제어를 나타냈으며, 좌측-우측 회전운동(그림 7c, 그림 8c)은 원형을 나타냄으로써 스프링 형태의 제어 기전임을 알 수 있었다. 이 또한 돌려차기의 몸통 제어기전과는 확연히 차이가 나는 결과로써 점진적이고 스프링과 같은 제어기전을 보인 뒤차기와는 다르게 돌려차기에서는 뒤차기보다 급격하고 단계적인 몸통의 제어가 나타났으며, 동작의 갑작스런 중지와 재개가 발생한다는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 논 의

이 연구의 목적은 태권도 뒤차기 기술에 관여하는 관절과 분절들사이의 협응 형태를 각도 대 각도 도면과 각도 대 각속도 도면에 기초하여 정성적으로 분석하고, 특히, 앞서 연구된 돌려차기 협응 형태와 비교하여 그 차이점을 제시하는데 두었다.

먼저 발목관절 대 무릎관절 협응에서 뒤차기는 반대 위상으로, 돌려차기는 동위상-자유도 고정으로 나타난 이유로는 발분절의 타격부위의 차이(뒤차기-발바닥 부위, 돌려차기-발등부위)로 인하여 뒤차기는 족배굴곡후 족저굴곡 자세에서, 돌려차기는 족저굴곡 자세에서 타격이 이루어지기 때문인 것으로 보인다. 특히 무릎최대 굴곡순간을 전후하여 전환점 일치(turning point synchronization) 협응 특성이 나타난 점은 무릎관절이 굴곡-신전하면서 발목관절이 족배굴곡-족저굴곡으로 변화하는 전환점이기 때문인 것으로 보여 진다.

무릎관절과 엉덩관절의 협응을 살펴보면 뒤차기는

자유도의 고정 기전을 보인 돌려차기와 다른 협응 형태를 갖는다는 점을 잘 알 수 있었다. 뒤차기에서 무릎 최대굴곡순간을 전후로 두 관절의 동시적인 굴곡과 신전의 변화 특성은 김현덕(1992)에 의해서도 보고된 바 있었으며, 이 점은 분절들의 회전이 동시에 일어나는 미는듯한(pushlike) 동작유형(Kreighbaum & Barthels, 1990)의 특성이라고 할 수 있다. 태권도 지도 현장에서 뒤차기를 회전동작 후 옆차기를 치는 기술이라고 흔히 말하고, 이 점을 뒤차기 학습과정에 적용하기도 한다. 그러나 김상복(2001)과 육동원, 이세용, 김상규(2002)에 의해 보고된 숙련자 옆차기의 무릎관절과 엉덩관절의 협응 형태는 본 연구의 직선궤도의 동위상 특성과 달리 반대위상-동위상이 교호하면서 삼각형 모양의 궤도를 보였다. 이러한 차이점은 지도현장에서 알려진 바와는 달리 뒤차기와 옆차기는 그 협응 형태에서 차이가 있으며, 지도현장에서 같은 방법으로 가르치는 것은 오류를 일으킬 수 있다는 점을 시사한다.

태권도 차기기술 연구에서 몸통을 포함시킨 선행연구는 거의 찾을 수 없어 본 연구의 타당성을 검증할 만한 비교 연구를 찾기 어려웠다. 뒤차기에서 특히 엉덩관절과 하부몸통의 굴곡-신전 각도 대 전방-후방 기울기 협응 형태는 돌려차기가 몸통의 회전보다는 치는 다리 관절들의 회전이 주도적으로 전방을 향해 치는 기술인 반면에 뒤차기는 더욱 큰 범위의 몸통의 회전을 치는다리 관절들의 회전으로 효과적으로 전이시킨다는 점에서 기인되는 것으로 보인다. 이 점은 황인승, 이성철, 임정(2004)이 돌려차기에서 제안했던 반동동작(혹은 사전스트레치)의 이용이 뒤차기에서는 준비구간 뿐만 아니라 동작수행 중간에서도 발생되기 때문에 관절과 분절이 자유도 고정 제어전략과 굴곡-신전을 번갈아 가며 이용함으로써, 몸통의 회전적 스프링 형태의 제어를 하지의 직선적 스프링 형태의 제어로 연결시키려는 시도로 생각된다. 이와 대비하여 돌려차기에서는 엉덩관절과 하부몸통의 동위상 협응이 연결 제어기전이 되어 스프링 형태의 몸통 회전이 하지(특히 발목과 엉덩관절)의 비교적 급격한 속도 가감속과 타격순간 이후의 갑작스러운 힘의 중지 및 탄도적 제어기전으로 전이된다고 볼 수 있을 것이다.

특히 하부와 상부몸통의 중축 혹은 수직축에 대한

협응에서 돌려차기는 동위상-비결속(decoupled) 전략을, 뒤차기에서는 전형적인 동위상 전략을 보인 점은 돌려차기는 작은 범위의 몸통 회전을 신속하게 이용하기 위한 협응 전략으로, 뒤차기는 더욱 큰 범위의 몸통회전을 부드럽게 이용하기 위한 협응 전략을 채택하기 때문이라고 해석할 수 있을 것이다.

각도 대 각속도 도면을 종합적으로 요약하면, 뒤차기와 돌려차기는 무릎관절의 제어기전은 동일한 스프링 형태의 기전을 나타냈지만, 발목관절과 엉덩관절, 몸통 제어에서 차이점을 나타냈다. 뒤차기에 관여하는 주요 관절들은 점진적이고 완만한 속도의 가감속과 동작의 양 끝단에서 힘을 회복하는 스프링과 같은 형태의 제어기전에 의해 작동되었다. 이에 반해, 돌려차기는 타격순간이후 급격한 동작의 중지 및 탄도적 속도 제어가 발목관절의 굴곡과 신전, 엉덩관절의 회전운동을 지배하는 제어기전이었으며, 엉덩관절의 굴곡신전도 뒤차기보다 급격하고 단계적인 속도 가감을 보였고, 하부와 상부몸통 또한 뒤차기보다 급격하고 불규칙하고 계단식의 단계적 속도 가감을 나타냈다. 이런 결과들은 뒤차기가 돌려차기보다 부드러운 기술이라는 특성을 갖고 있어 잘 학습될 경우 상해의 위험이 상대적으로 적을 수 있다는 점을 시사한다. 이와 같이 서술된 뒤차기의 전반적인 제어 특성을 살펴본 결과, 뒤차기를 단지 운동량 최적 협응의 원리에 근거하여 미는 듯한 동작유형(Putnam, 1993)과 유사 개념인 밀어차기 유형으로 분류한 선행연구들(김승재 등, 1995; 김현덕, 1992)의 시각은 차는다리의 특성에만 집중한 제한되고 좁은 의미의 동작형태 정의로 보인다.

V. 결론 및 제언

뒤차기 동안 하부, 상부 몸통의 동위상 협응과 스프링형태의 회전 제어기전이 하부몸통과 엉덩관절의 자유도 고정 제어전략과 굴곡신전을 번갈아 가며 이용하는 공간적 협응 특성을 매개로 하여 하지관절의 직선적 스프링형태의 제어기전으로 전이되는 과정을 관찰할 수 있었다.

협응 변인을 이용한 뒤차기와 돌려차기의 비교 연구는 단편적으로 차는다리만의 운동학적 변인들에 기초하여 뒤차기를 운동량 최적협응의 원리에 근거한 미는 듯한 동작유형과 유사 개념인 밀어차기 유형으로 분류하는 선행연구보다 뒤차기의 기본적인 제어기전을 보다 깊이 이해할 수 있도록 하였다.

따라서 추후 연구에서는 이러한 협응 변인과 기본 제어기전에 대한 이해를 토대로 태권도 차기기술의 단계적 학습순서를 제시할 뿐만 아니라 새로운 태권도 차기기술의 개발을 제안하는 바이다. 다양한 태권도 차기기술의 개발은 국제경기에서의 경기력 유지 및 향상에 기여할 수 있을 것이고, 최근에 뉴 스포츠로 등장한 이종격투기 종목에 적용할 수 있는 태권도 차기기술의 변형에도 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김상복(2001). 다분절 체계의 운동인 태권도 옆차기 동작의 협응 형태와 근모멘트 특성. **한국운동역학회지**, 11, 355-369.
- 김승권, 오선홍(1996). 태권도 뒤차기 동작의 운동학 및 동작 유사성에 관한 연구. **제주대학교 체육과학연구**, 119-145.
- 김승재, 김주선, 김상복(1995). 태권도 앞돌려차기와 뒤차기의 운동학적 동작형태 분류. **한국체육학회 제33회 학술발표회 논문집**(pp 533- 538). 서울: 한국체육학회.
- 김승재, 최지영(1998). 태권도 차기기술 분석을 위한 인체 분절의 3차원 위치 결정. **한국체육학회지**, 37, 220-232.
- 김현덕(1992). 태권도 뒤차기의 운동역학적 분석. **한국체육학회지**, 31, 505-512.
- 육동원, 이세용, 김상규(2002). 운동 숙련에 따른 태권도 옆차기 동작의 협응구조 및 근 모멘트 특성. **한국스포츠심리학회 2001 동계워크샵논문집**, 225-237.
- 이동진, 박찬호, 김현수(2006). 태권도 숙련자와 미숙련

- 자의 공격뒤차기 동작에 대한 운동학적 분석.
한국운동역학회지, 16, 43-51.
- 이종훈(1999). 태권도 차기동작의 지면반력 특성 분석.
한국학교체육학회지, 9, 97-103.
- 최지영, 이옥진, 김승재(2007). 태권도 돌려차기의 인체
관절과 분절사이의 협응 형태. **한국체육학회
지**, 46, 497-507.
- 황인승, 이성철, 임정(2004). 태권도 돌려차기시 분절들
의 반동동작. **한국운동역학회지**, 14, 139- 152.
- Abdel-Aziz, Y. I. & Karara, H. M. (1971). *Direct linear
transformation: From comparator coordinates into
object coordinates in close-range photogrammetry*.
Proceedings of ASPUI Symposium on
Close-Range Photogrammetry, Urbana,
Illinois, 1-19. Falls Church, VA: American
Society of Photogrammetry.
- Kreighbaum, E. & Barthels, K. M. (1990). *Biomechanics-a
qualitative approach for studying human
movement*. New York: Macmillan Publishing
Company.
- Putnam, C. A. (1993). Sequential motions of body
segmenta in striking and throwing skills:
Descriptions and explanations. *Journal of
Biomechanics*, 26[Suppl 1], 125-135.
- Winstein, C. J. & Garfinkel, A. (1989). Qualitative
dynamics of disordered human locomotion:
A preliminary investigation. *Journal of Motor
Behavior*, 21, 373-391.
- Winter, D. A. (1990) *Biomechanics and Motor Control of
Human Movement*. New York: John Wiley &
Sons.

투 고 일 : 10월 31일

심 사 일 : 11월 6일

심사완료일 : 12월 3일