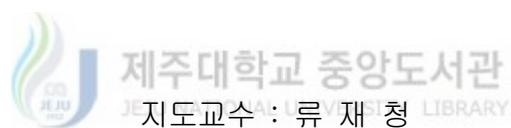


석사학위논문

태권도 찌어차기시 무릎 편 동작과
구부린 동작의 운동학적 비교분석



제주대학교 교육대학원

체육교육전공

김 동 규

2005년 5월

<국문초록>

태권도 짚어차기시 무릎 편 동작과 구부린 동작의 운동학적 비교분석

김 동 규

제주대학교 교육대학원 체육교육전공

지도교수 : 류 재 청

본 연구는 짚어차기에서 발을 들어올릴 때 무릎을 편 유형과 구부린 유형의 운동학적 분석을 통해 득점에 유리한 유형 및 운동학적 변인과 그 방법을 규명하여 태권도 기술지도와 경기력 향상에 기여하는 데 있다.

이 목적을 달성하기 위해 참여한 피험자는 짚어차기 기술 중 무릎 편유형과 구부린 유형을 모두 자유롭게 구사하는 짚어차기의 숙련자로서 전국 규모의 대회에서 3위 이상에 입상한 경력이 있는 남자선수 3명을 임의로 선발하였다.

동작 분석의 접근은 3차원 영상분석을 실시하였으며, 3차원 좌표와 연구변인의 산출은 KWON3D Ver. 2.1 프로그램을 이용하였다. 인체측정 매개변수는(Body Segment Parameter) 모델은 Plagenhoff(1983)의 모델을 사용하였다.

분석내용은 소요시간 변인, 신체중심변위(x, y, z), 신체중심 속도(x, y, z), 신체분절 변위(x, y, z), 신체분절 속도(x, y, z) 및 가속도(x, y, z), 고관절, 무릎관절의 각변위 및 각속도양상 및 동체의 전후경각으로 설정하였다.

1. 시간변인

무릎편유형과 무릎구부린유형의 짚어차기에서 국면별 및 전체소요시간은 통계적으로 유

의한 차이는 없었다. 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형보다 전체 소요시간에서 평균 .016 초 더 지연되었으나, 준비에서 타격시까지의 소요시간은 더 빠르게 동작을 완료하였다,

2. 선운동변인

1) 신체중심의 변위

무릎구부린유형의경우가 진행방향(Y)에서 무릎편유형보다 평균 6.13cm 더 긴 신체중심의 이동을 보여 $p<.05$ 수준에서 유의한 차이를 보였고, 역시 훔로스루 국면에서 4.4cm 더 긴 중심이동으로 $p<.01$ 수준에서 유의한 차이를 보였다.

2) 신체중심의 속도

두 유형의 찍어차기에서 진행방향(Y)에서 가장 큰 속도의 값은 제2국면으로 무릎구부린 유형의 경우가 무릎편유형보다 평균 8.74cm/s 더 빠른 결과를 보였고, 타격국면에서 진행 방향(Y)으로 중심 속도는 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 평균 15.53cm/s 더 큰 값을 보여, $p<.001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

3) 진행방향(Y)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

진행방향에서 두 유형을 분석한 결과 타격국면에서 대퇴의 경우 $p<.05$ 수준에서 무릎구부린유형의 경우가 더 큰 속도를 보였고, 발의 경우 $p<.001$ 수준에서 무릎편유형의 경우가 더 큰 속도를 보였다. 무릎편유형의 경우에 비하여 무릎구부린유형의 경우 타격국면에서 대퇴-하퇴-발로의 운동량 전이가 제대로 이루어지지 못하였던 것으로 나타났다.

4) 수직방향(Z)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

두 유형에서 제 2국면과 타격국면(3국면)에서 하지 각 분절의 상하방향(Z)에서 속도의 크기는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 신체 근위분절에서 원위분절로의 동작이 진행됨에 따라서 운동량의 전이가 적절히 이루어진 것으로 나타났다.

3. 각운동 변인

1) 동체의 전후 및 좌우 경각

무릎구부린유형의 경우보다 무릎편유형으로 찍어차기를 실시하였을 경우 동체의 좌우경각이 감소하여 더 안정된 찍어차기를 할 수 있는 가능성을 보였다.

2) 하지관절의 상대각도(고관절, 무릎관절, 발목관절)

무릎구부린유형에서 고관절의 각변위는 제 2국면에서 무릎편유형보다 평균 32.74도 더 굴곡된 자세를 보여 $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 반면 제 2국면에서 무릎편유형으로 찍어차기 시 무릎이 완전히 신전되지 않은 채 평균 약 140도를 이루면서 타격국면에서 평균 약 168도의 완전히 신전되지 못한 자세를 유지하였다.

4. 찍어차기 유형에 따른 변인 간 상호관계

무릎편유형의 경우 반응시간이 빠를수록 타격 시 하퇴와 발의 속도를 증가시킴으로써 강한 차기가 가능했고, 준비국면에서 신체중심이 높을수록 진행방향으로 타격 속도에 바람직한 영향을 미쳤다.

무릎구부린유형의 경우 전체 동작 소요시간을 줄이는 방편으로 준비국면에서 신체중심 높이를 더 낮추어야, 진행방향의 반응속도를 더 빠르게 하여 타격 시 하퇴 및 발의 속도를 빠르게 할 수 있다.

<목 차>

I. 서론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구 목적	2
3. 연구의 내용	2
4. 용어의 정의	3
II. 이론적 배경	4
1. 태권도 발 기술의 분류	4
2. 태권도 찍어차기의 운동 역학적 원리	6
3. 태권도 찍어차기시 동원되는 하지근군과 기능	7
4. 태권도 찍어차기의 운동역학적 선행연구	8
III. 연구방법	16
1. 연구 대상	16
2. 실험 및 분석장비	17
3. 실험절차	17
4. 좌표화 및 자료산출	19
5. 연구변인 산출	22
6. 분석국면	24
7. 자료처리	25
IV. 연구결과	26
1. 시간변인	26
2. 선운동변인	27
3. 각운동변인	42

4. 찍어차기유형에 따른 변인 간 상호관계	49
V. 논의	54
1. 시간변인	54
2. 선운동변인	55
3. 각운동변인	58
4. 찍어차기유형에 따른 변인 간 상호관계	59
VI. 결론	60
1. 시간변인	60
2. 선운동변인	60
3. 각운동변인	61
4. 찍어차기유형에 따른 변인 간 상호관계	61
VII. 참고문헌	63
ABSTRACT	66



<표 차례>

<표 1> 피험자의 특성	16
<표 2> 좌표화 순서 및 신체분절점	20
<표 3> 찍어차기 유형에 따라 국면별 평균소요시간	27
<표 4> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체 중심의 변위	29
<표 5> 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체 중심 속도	33
<표 6> 진행방향(Y)에서 오른쪽 하지 분절의 국면별 평균 평균속도	37
<표 7> 오른쪽 하지 분절의 국면별 Z방향(상하) 평균 속도	40
<표 8> 국면별 상체의 전후 및 좌우 경각의 평균 벡터 각	43
<표 9> 오른쪽 하지 관절의 국면별 평균 각변위	47
<표 10> 찍어차기 유형별 변인간의 상관관계	53

<그림 차례>

<그림 1> 3차원 공간좌표 변환을 위한 통제점 틀 및 실험배치도	19
<그림 2> 국면의 설정	24
<그림 3> 무릎편유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심의 변위	30
<그림 4> 무릎구부린유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심의 변위 ...	30
<그림 5> 무릎편유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심 속도	34
<그림 6> 무릎구부린유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심 속도 ...	34
<그림 7> 무릎편유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 속도	38
<그림 8> 무릎구부린유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 속도	38
<그림 9> 무릎편유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 Z방향(상하) 평균 속도	41
<그림 10> 무릎구부린유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 Z방향(상하) 평균 속도	41
<그림 11> 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 전후경각	44
<그림 12> 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 평균 좌우경각	44
<그림 13> 무릎편유형의 오른쪽 하지 관절에서의 국면별 평균 각변위	48
<그림 14> 무릎구부린유형의 오른쪽 하지 관절에서의 국면별 평균 각변위	48

1. 서론

1. 연구의 필요성

태권도는 우리 민족의 역사와 전통을 토대로 이루어진 고유의 무술이며 무도로서 일찍이 삼국시대로부터 행하여져 왔으며 현재 우리나라를 대표하는 문화유산으로 자리매김하였다. 1974년 세계태권도연맹(WTF)이 창립된 이후 태권도는 경기적 요소가 극대화되어 경쟁적 스포츠(Competitive Sports)로서 발전되었고, 2000년 시드니올림픽에서 정식종목으로 채택되는 영광을 누렸다. 현재 162여개 국가에서 7천만여명이 수련을 받고 있으며 그 수는 해마다 급격히 증가하고 있을 만큼 태권도는 이미 전 세계에서 각광받는 무도스포츠로 성장하였고 (문화관광부, 2000), 2004년 아테네 올림픽에서도 정식 종목으로 채택되었다. 태권도는 한글로 된 용어와 한국의 사고방식이 배인 예의규범과 같은 한국적 특색을 갖추고 있어 태권도의 세계화는 곧 한국문화의 세계 정복을 의미한다. 수천만 명의 세계인들이 한국 고유의 사상을 지니고 한국어로 태권도를 익힌다는 점은 분명 환영할 만한 일이지만, 한국인들에 비해 비교적 체격조건이 우수한 세계인들이 태권도를 익히고 연구하는데 정진한다면 한국은 태권도의 종주국으로서의 위상이 흔들릴 수도 있다. 체격조건의 열세에도 불구하고 계속 태권도 종주국의 위상을 지켜나가려면 태권도의 다양한 기술을 지속적으로 개발하고 연구해야 할 필요가 있다.

현재까지 국내에서 태권도의 경기력 향상을 위한 발차기의 운동 역학적 선행 연구는 강성철(1998, 2000), 김승재(1996,1998), 김장축(1991), 김진홍(2003), 김창국(1991), 김현덕(1992), 배영상(1984, 1988, 1990), 백일영(1987), 성낙준(1984, 1986), 안용규(1991), 양동영(1986), 이상연 등(1998), 장기준(1985), 조동희(2003), 황인승(1985) 등을 들 수 있다.

이 중에서 경기력에 절대적 타격력을 줄 수 있는 찹어 차기의 기술에 대한 선행연구는 강성철(2000)의 태권도 내려찹기 기술의 운동학적 분석, 김진홍(2003)의 목표물의 유무가 태권도의 찹어차기 동작에 미치는 영향, 백일영(1987)의 태권도 앞차기와 찹어차기의 운동학적 분석, 성낙준(1984)의 태권도 찹어차기의 역학적 분석, 장기준(1985)의 태권도 앞차기와 찹어차기의 운동학적 분석, 조동희(2003)의 태권도 대학선수들의 찹어차기에 대한 운동학적 특성 분석, 및 황인승(1985)의 태권도 찹어차기의 운동 역학적 분석 등이 있다.

찹어차기의 선행연구를 정리하면 단순히 다른 발동작 기술과 비교하거나, 한 유형의 운동

학적 분석 등으로 일관되었다.

태권도는 투기경기로서 겨루기에서 득점력 획득을 중심으로 발전되어왔다. 특히 찌어차기의 타격 목표물은 얼굴, 앞가슴이며, 여타 다른 발차기들과 비교해 볼 때 상대방에게 보다 강한 충격을 줄 수 있는 특성을 가진다. 발로 안면부를 가격할 경우 2득점할 수 있을 뿐 아니라, 다운으로 이어질 경우 3득점까지도 획득할 수 있는 가장 승부력이 강한 기술로 분류된다. 태권도에서 이러한 특징을 가지는 찌어차기에 대해 좀더 능률적이고 효과적인 찌어차기의 기술을 규명하기 위한 방안으로서 무릎 편 유형과 구부린 유형기술 간의 우위를 규명하려는 선행연구가 부진하여 현재까지도 무릎을 편유형과 구부린유형에서 어느 방법이 더 효과적인지 운동역학적으로 규명되지 않은 채 논란을 거듭하고 있다.

따라서 태권도 차기 동작의 기술인 찌어차기시 무릎을 편채 발을 들어올려 찌어차는 유형과 및 구부린채 들어올려 찌어차는 경우의 효과를 운동 역학적으로 규명하여 그 결과를 현장에서 경기력을 향상을 위해 기초자료로 활용할 수 있는 과학적인 연구결과를 제시하는 것이 필요하다.

2. 연구의 목적



찌어차기 동작에 있어서 어떤 유형의 경우가 가장 빠르게 상대방을 타격할 수 있는 방안인가 규명하기 위해 운동 역학적 접근을 하였다. 찌어차기에서 발을 들어올릴 때 무릎을 편 유형과 구부린 유형의 운동학적 분석을 통해 득점에 좀더 유리한 유형 및 운동학적 변인과 그 방법을 규명하여 태권도 기술지도와 경기력 향상에 기여하는 데 있다.

3. 연구의 내용

본 연구의 목적을 수행하기 위해 연구문제로서 찌어차기 동작에 대한 무릎 편 유형과 무릎 구부린 유형의 국면별 [제1국면 : 반응(RT)- 이지(TO), 제2국면 : 이지(TO)- 발의 최고점(TE), 제3국면 : 발의 최고점(TE)-목표물 타격(FK), 제4국면 : 목표물 타격(FK)- 헬로스루(FT)]로 분석할 연구문제는 다음과 같다.

- 1) 두 유형에서 분석국면별 소요시간을 분석한다.

- 2) 두 유형에서 분석국면에 따라 전신중심 및 발 중심의 선운동학적 변인분석을 한다.
 - 3) 두 유형에서 분석국면에 따라 전신중심 및 발 중심의 각운동학적 변인분석을 한다.
 - 4) 1), 2), 3)의 규명으로 두 유형에서 목표물에 가해지는 발의 타격속도에 미치는 변인 간 상호관계를 규명한다.
 - 5) 1), 2), 3), 4)의 규명으로 찌어차기 두 유형에서 목표물에 타격을 하는 데 운동학적 변인 특성을 규명하고, 타격속도에 유리한 유형의 특성을 제시한다.
- 위의 각 연구문제를 분석한 후 태권도 찌어차기 기술 훈련에서 국면별 효율적인 유형과 기술지도를 위한 방안을 제시한다.

4. 용어의 정의

본 연구의 전 과정에서 자주 인용되는 용어에 대한 정의와 설명은 다음과 같다.

- 1) 찌어차기 : 상대방의 얼굴이나 가슴을 공격하는데 주로 쓰이는 차기 기술로 발을 높이 들어 발바닥 또는 뒤꿈치로 차는 기술.
- 2) 무릎 편 유형 찌어차기 : 발을 들어올리는 과정에서 무릎을 편 상태로 들어올린 다음 찌어차는 유형
- 3) 무릎 구부린 유형 찌어차기 : 발을 들어올리는 과정에서 무릎을 구부린 상태에서 대퇴를 들어올린 다음 찌어차는 유형
- 4)차는 발 (다리) : 실제 차기 동작을 수행하는 발 (다리). 이 연구에서는 오른발
- 5)지지 발 (다리) : 차기 동작의 수행시에 축이 되는 발 (다리). 이 연구에서는 왼발.
- 6)앞발 : 차기 동작을 수행하는 선수의 앞쪽에 놓인 발, 이 연구에서는 지지 발.
- 7)뒷발 : 차기 동작을 수행하는 선수의 뒤쪽에 놓인 발, 이 연구에서는 차는 발.
- 8)스탠스 : 차기 동작을 위한 준비 자세에서의 양 발 간의 간격으로, 이 연구에서는 발목의 안쪽 뼈 사이의 거리.
- 9)고관절 : 엉덩관절이라고도 불리는 골반과 대퇴골을 잇는 관절.
- 10)무릎관절 : 대퇴골 하단과 경골(脛骨) 상단 및 슬개골(무릎뼈)의 후면 사이에 있는 관절.
- 11)발목관절 : 하퇴(下腿)가 발목에 이어지는 부분의 내외 양측에 돌출한 융기부를 둘러싸는 관절.

II. 이론적 배경

1. 태권도 발 기술의 분류

태권도에서 차기 기술은 여러 공격 기술 가운데 경기에 가장 많이 사용되는 기술로 다리를 움직여 발을 끌어올린 다음 목표를 가격하여 제압하는 동작이다. 이 때의 차기 동작은 무릎을 접었다가 펴는 힘으로, 편 다리의 무릎을 굽히는 힘으로 차는 기술이며, 또는 편 채로 다리를 돌리거나 몸의 회전력을 이용하여 다리를 돌리면서 상대를 가격하는 기술이다. 태권도의 기본 발차기 기술은 크게 후려차기(swing kick) 유형과 뺨어차기(thrust kick) 유형으로 분류된다. 후려차기 유형에는 앞차기, 돌려차기, 뒤후려차기로 분류할 수 있고 뺨어차기 유형에는 뒤차기와 옆차기로 구분된다. (국기원, 1995).

1) 앞차기

앞차기는 차는 다리의 무릎을 접어 가슴 가까이 끌어 올려 접었던 무릎을 펴면서 앞으로 내뻗는 차기 동작이다. 이 때 발의 이동 궤도는 목표를 향하여 일직선이 된다. 차는 부위는 발가락을 젖힌 앞 축이며, 차기의 목표는 낭심, 단전, 명치, 턱 등이 된다. 찬 발은 반작용으로 무릎을 접어 끌면서 최초의 위치에 놓는다. 이 때 상황에 따라 발의 위치는 자기가 이동하고 싶은 쪽으로 옮겨 놓아도 무방하다. 그러나 찰 때나 끌어들일 때 중심을 못 잡고 비틀거리거나 자신이 의도한 곳으로 발을 옮겨 놓지 못하면 완벽한 차기 동작이 이루어지지 않은 것이다. 차기 전이나 차기 동작 중에 무릎이 펴지게 되면 무게 중심이 위로 올라가게 되어서 중심유지 기능이 약화되며, 따라서 넘어지기 쉽고 후속 동작을 취하는데 불리하다. 지지 다리의 발바닥이 차는 도중에 지면에 붙어 있게 되면 고관절과 무릎관절의 운동을 방해하는 힘을 두 관절에 부가하여 차는 속도를 빠르게 하는데 방해가 받으며 차는 순간 목표물에 가하는 충격력을 약화시킨다. 더 나아가 무릎 관절과 고관절의 탈골을 일으킬 수도 있다. 그러므로 차기 동작시에는 발목을 약간 펴 발뒤축을 땅에서 떨어지게 하여 발의 앞 축을 중심으로 발바닥이 회전할 수 있도록 하고 차고 난 다음 다시 원위치로 돌아올 수 있어야 한다. 이 때 발목을 너무 펴게 되면 역시 무게 중심이 위로 올라가 동작의 수행에 도움이 되지 않는다.

2) 옆차기

옆차기는 앞차기 동작과 같은 방법으로 차는 다리의 무릎을 접어 끌어올리고 몸을 차는 방향의 반대 방향으로 틀면서 접었던 무릎을 뺀어 발뒤축 혹은 발날로 목표를 가격하는 동작이다. 차는 순간 차기 다리의 골반은 옆어지듯이 틀어주고 고개는 돌려 차는 목표를 바라본다. 이 때 몸통에서는 어깨 쪽에서 골반 및 다리까지 나선형과 같은 비트는 현상이 일어난다. 그러므로 차는 순간 발의 뒤축이 회전하면서 목표를 강하게 가격할 수 있다. 차기의 목표는 상대의 서는 위치에 따라 정면일 경우는 명치나 얼굴, 옆으로 서 있을 때는 옆구리나 얼굴의 옆, 턱이 된다.

차기 다리는 반작용에 의하여 끌어들여 원위치 혹은 다음 동작을 위해 편리한 곳이나 중심을 쉽게 잡을 수 있는 곳에 딛는다. 지지 다리는 차기다리를 끌어올릴 때부터 발목을 충분히 펴 앞 축만으로 딛고 회전을 빨리 할 수 있게 도우며, 무릎도 펴서 차는 방향으로 추진력을 주어 가속도를 붙게 한다. 차기다리를 끌어들이 때에는 발목과 무릎을 낮추며, 옆차기를 하는 순간에는 상체가 차는 방향과 반대 방향으로 눕혀져서는 안된다. 상체를 세워 Y자 형이 되게 하여 차는 방향으로 체중을 이동시켜 주어야만 강한 옆차기 동작을 수행할 수 있다.



3) 뒤차기

뒤차기는 지지 다리의 발 앞 축을 중심축으로 차기 다리인 뒷다리의 무릎을 굽혀 들어올리고 몸통을 등 쪽 방향으로 약간 돌리면서 차는 방법으로 차는 발은 지지 발의 무릎을 스치듯이 직선으로 뒤쪽으로 뺀다. 이 때 시선은 차는 발 방향의 어깨 위로 상대를 주시하며 차기 발의 사용 부위는 뒤축, 발바닥 등이 된다.

4) 돌려차기

돌려차기는 상대방에게 가장 큰 충격을 주는 차기 동작 중의 하나이다. 이 동작은 차는 순간에 앞의 축이 되는 지지발에 체중을 실으면서 차는 다리의 무릎을 접어 몸을 앞쪽으로 돌리고, 접었던 무릎을 펴며 발목도 펴서 앞 축을 축으로 몸의 회전이 잘 되게 하여야 하며 차기 다리는 설정한 목표에서 멈추어야 한다.

돌려차기는 앞차기, 옆차기 동작과는 달리 발의 이동 궤도가 직선이 아니다. 즉, 차기 발

은 몸 뒤에서 일단 들어 올려 회전 이동을 한다. 돌려차기를 오래 동안 수련하게 되면 차는 순간 차기발이 목표보다 약간 위에 있어 차기 동작이 아래로 내려찍는 형태가 되기도 한다.

5) 짝어차기

짝어차기는 상대방의 얼굴이나 가슴을 공격하는데 주로 쓰이는 차기 기술로 발을 높이 들어 발바닥 또는 뒷꿈치로 차는 기술이다. 이 동작은 상대방의 신장이 작거나 자세가 낮은 상태에 있을 경우에 사용하며 위에서 내려찍어 차는 동작과 안에서 밖으로 혹은 밖에서 안으로 짝어차는 두 가지 방법이 있다. 짝어차기를 할 때에는 아래로 힘있게 빠른 속도로 차는 것이 가장 중요하다.

2. 태권도 짝어차기의 운동 역학적 원리

짝어차기는 준비자세에서 신체를 앞, 위로 움직이면서, 차는 다리를 높이 들어 올렸다가 짝듯이 내려 차는 발기술로서 준비 자세에서의 발의 위치(stance), 체중지지 발의 동작, 차는 다리의 동작, 양팔과 신체의 동작, 자세 회복으로 나누어 분석해 볼 수 있다.

발의 위치에 대하여는 양발을 어깨너비만큼 딛고 양발에 체중을 똑같이 나누어 무릎을 대퇴부와 하퇴부의 각이 90~120도로 굽히고 양발을 나란한 상태로 할 때, 가장 빨리 움직일 수 있다(Bunn, 1972). 그러나 짝어차기에서는 앞, 위로 움직여야하므로 한 방향으로 스타트할 때에는 중심을 기저면 방향 끝에 두라는 원리(Bunn, 1972)가 적합하며, 뒷 방향으로의 운동을 고려하여 중심을 낮추는 것이 좋을 것이다.

체중 지지 발은 차는 발 올리기에서 뒷꿈치를 들어 올려 뒷 방향으로의 운동량을 크게 할 수 있으며, 지지 발의 제 1지골을 축으로 한 회전운동을 함으로서 몸 전체의 전방 병진운동을 효과적으로 할 수 있다. 이것은 운동량의 전달과 몸의 일부를 회전시켜 몸 전체가 병진운동을 하는 원리(이금세, 1982)에 해당된다. 타격을 가할 때에는 신체에서 나온 힘은 지면에 대한 지지 발의 반력의 유효성에 비례하여 물체에 가해진다는 원리(이금세, 1982)에 의해 견고하게 유지되어야 한다.

다리 올리기에는 있어서는 앞 동작에서 얻은 관성을 효율적으로 이용해야 하며, 발을 높이 올리는 것이 타격 목표까지 힘을 가하는 거리가 길어 타격 시에 강한 힘을 낼 수 있는 반면

타격까지의 시간이 길어지므로 상황에 따라 두 변인을 적절히 조절해야 할 것이다.

타격은 신체의 움직이는 부분이 어떤 물체에 순간적으로 접촉하는 운동으로서 가장 중요한 요인은 짧은 시간에 차는 힘을 목표에 집중시키는 것이다. 타격에서는 운동량의 효과 즉, 물체의 운동이 다른 물체와 접촉하여 힘이 되려면 충격을 주는 순간의 운동량이 클수록 그 힘은 더 크게 된다는 원리(이금세, 1982)가 적용되며, 운동량은 $P=mv$ 이므로 속도 (v)를 크게 해야 하며, 최후의 운동량을 크게 하기 위해 종속도가 커야 한다. 가속도의 면에서는, $F=ma$ 에서 질량 (m)을 일정하다고 하면, 힘 (F)은 물체의 가속도에 따라 변하고 가속도 $a=v/t$ 이므로, 짧은 시간에 속도 (v)를 크게 해야한다.

찍어차기의 타격에서는 최적의 운동량을 내기 위하여 가능한 커다란 회전 운동을 해야한다는 원리(Bunn, 1972)에 의해 다리를 쪽 펴야 하며, 각운동의 작용과 반작용 즉, 어떤 물체에 의하여 다른 물체에 가해지는 모든 Torque에는 후자에 의해 전자에 가해지는 크기가 같고 방향이 반대인 Torque가 있다는 원리(James, 1978)를 이용하여 신체를 뒤로 젖힘으로서 그 반작용으로 다리의 각운동을 크게 할 수 있다. 신체를 뒤로 젖히는 동작은 타격 후 휠로스로부터 다리와 팔의 각운동량에 의한 몸 전체의 전방 회전을 막아주는데, 이것은 회전운동에 대한 반응은 그 반대 방향으로 회전하는데 따라 균형을 잡는다는 원리(이금세, 1982)에 의한 것이다.

양팔은 신체의 균형 유지와 운동량의 전달을 위해 이용되는데 특히 타격 시에 차는 발과 함께 아래로 젖혀 내리면 운동량을 크게 할 수 있을 것이다. 타격 후에 자세의 안정을 되찾으려면 새로운 기저면을 만들어야 하는데 다음 동작의 신속한 연결을 위해 찬 발을 가능한 어깨 너비에 가깝게 해야 할 것이다.

3. 태권도 찍어차기시 동원되는 하지근군과 기능

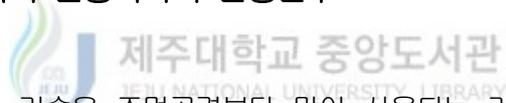
찍어차기 동작에서 왼쪽발로 지지하고 오른쪽발로 찬다고 가정하면 왼쪽의 지지다리 고관절을 중심으로 오른쪽 골반과 대퇴, 하퇴, 발은 회전하는 것으로 나타난다. 즉, 차기 동작시 차기 다리의 고관절은 굴곡하며 대퇴의 가속도는 최대가 되면서 대퇴, 하퇴, 발이 움직인다. 차기 다리의 하퇴와 발을 앞으로 내밀게 하는 급속한 신전은 무릎의 굴곡 동작에 의해서 유발되며, 고관절의 굴곡은 전후면에서 발의 속도를 증가시킨다(Zernicke, 1978).

또한 찍어차기 동작시 전후면에서 생기는 차기 다리의 하퇴 각운동량은 대퇴의 회전 동

작과 무릎관절의 운동각의 결합에 의해 발생되는데 이때 지지발은 땅에 고정되어있고 차기 다리의 무릎은 굴곡된다. 차기다리의 무릎이 신전되기 시작하면 발은 가속되어 선속도가 빨라지고, 대퇴가 감속되어 멈추었을 때 하퇴는 가속도를 얻게 되며, 무릎관절의 신전이 임팩트 순간의 발의 속도를 증가시키는데 크게 기여하고, 무릎 가속도는 대퇴가 지면과 거의 수직을 이루었을 때 가장 크게 증가한다(Zernicke, 1978).

찍어차기 또한 다른 여러 형태의 차기동작과 거의 비슷한 동작 패턴을 따른다. 이 패턴은 Wickstrom(1983)의 연속 동작 패턴 5가지이다. 첫째, 지지 다리를 앞으로 내어 딛고 차는 다리의 골반을 뒤쪽으로 회전시켜 대퇴를 신전시키며, 둘째, 고관절과 무릎 관절을 동시에 굴곡시키면서 차는 다리를 앞으로 회전시키고, 셋째, 차는 다리의 무릎 관절을 급격히 신전시키며, 넷째, 앞으로 이동하는 대퇴의 운동을 순간적으로 정지시키면서 발이 목표물에 닿기 직전까지 계속 무릎 관절을 신전시키고, 다섯째, 차는 반작용으로 반대편 팔이 앞으로 스윙하는 것으로 구성되어 있다.

4. 태권도 찍어차기의 운동역학적 선행연구



태권도에서의 발차기 기술은 주먹공격보다 많이 사용되는 기술로서 주먹공격보다 공격 범위가 넓고 공격 성공률이 높으며 비교적 높은 점수를 획득할 수 있어 발차기 기술의 원리를 규명하고 발전시키기 위한 많은 연구들이 수행되었다. 이러한 연구들 대부분은 영상분석에 의한 방법, 지면반력과 관련한 방법 등을 이용하여 직·간접적으로 태권도 경기력 향상 및 새로운 기술 개발을 위한 기초자료 제공에 활용되어왔다. 그 중 태권도에 관한 운동 역학적 연구에 대해 살펴보면, 성낙준(1984)은 “태권도 찍어차기의 역학적 분석”에서 영상분석법을 이용하여 태권도 선수들의 뒷발로 찍어차기와 앞발로 찍어차기시의 발차기 소요시간, 각 신체 분절간의 각도, 가격시 발의 속도 등을 분석하였다. 이 연구에 의하면 뒷발로 찍어차기가 앞발로 찍어차기보다 목표물 가격 순간의 발의 속도가 빨랐고, 무릎을 굽혀 올리는 동작보다 펴서 올리는 동작이 목표물 가격 순간의 발의 속도가 빠른 것으로 나타났다.

또한 성낙준 등(1986)은 “태권도 기본 발차기의 역학적 분석”에서 가격을 위한 목표물을 설치하고 영상분석 방법을 이용하여 국가대표선수 4명을 대상으로 기본 발차기(돌려차기, 옆차기, 뒤후려차기, 찍어차기, 뒤차기)에 대한 역학적 분석을 실시하였다. 이 연구에서 동작 수행 시간은 몸통 돌려차기가 가장 빨랐으며, 그 다음은 뒤차기, 옆차기, 뒤후려차기, 찍어차기 순으로 빠른 것으로 나타났다. 그리고 가장 충격력이 큰 발기술은 돌려차기이며, 그 다음

은 뒤후려차기, 뒤차기, 옆차기 순으로 크게 나타났다고 보고하고, 이러한 분석 결과를 종합해 볼 때 가장 효율적인 발기술은 몸통 돌려차기인 것으로 밝혔다.

장기준(1985)은 “태권도 앞차기와 찍어차기의 운동학적 분석”에서 앞차기는 겨루기에서 가장 많이 사용되고 짧은 순간에 상대방에게 충격을 줄 수 있는 차기 동작으로서 이 동작은 고관절과 무릎관절을 굴곡 시켜 들어올린 다음에 발이 놓여 있던 위치에서 목표까지 무릎을 펴면서 차는 기술이라고 밝히고, 앞차기 동작 시에 고관절은 대퇴부 회전 운동의 축이 되며, 고관절이 움직이기 시작하면 대퇴 분절의 회전 운동이 쉽게 일어나도록 대퇴부에 운동량을 전달하는 역할을 하고, 충격을 가할 때에는 움직임을 멈추어 목표물을 맞출 수 있는 정확성을 찾게 해 준다고 하였다. 그리고 무릎 관절의 신전 동작은 앞차기에서 가장 중요한 동작으로 유연하고 민첩하게 신전시키는 정도가 운동량의 전달에 크게 영향을 미친다고 하였다.

황인승(1985)은 “태권도 뒤후려차기 기술의 역학적 분석”에서 뒤후려차기의 기계학적 모형의 작성과 이 모형에 따른 뒤후려차기의 운동학적 분석을 시도하였다. 이 연구에서는 초보자의 동작을 1차 모델, 선수들의 동작을 2차 모델로 보았는데 연구의 결과에 의하면 뒤후려차기 동작에서는 어깨와 고관절의 교호적 회전 운동이 중요하며 이를 위해서 허리 회전근육을 강화시키고 동작 순서와 타이밍을 맞추어야 한다고 강조하였다.

또한, 골반과 상체의 회전을 용이하게 하기 위해서는 지지발의 방향과 위치가 중요하고, 회전 시 회전 저항을 줄이기 위해서는 뒤축을 들어 지지면적을 적게 해야 한다고 하였다. 차기 다리의 무릎은 회전 초기에는 굽혀서 회전을 쉽게 하도록 하고 가격 시에는 무릎을 펴 발의 후리는 동작을 돕고, 목표물의 위치로 발을 쉽게 들어올릴 수 있도록 상체를 기울여야 한다고 하였다.

백일영(1987)은 “태권도 앞차기의 운동학적 분석”에서 앞차기는 대퇴와 하퇴가 채찍과 같은 동작으로 수행되며, 목표물이 있는 상태에서의 차기 동작과 목표물이 없는 상태에서의 차기 동작의 운동학적 모형은 동작 국면별로 차이가 나타나기 때문에 연습은 목표물이 있는 상태에서 이루어지는 것이 타당하다고 하였다.

양동영(1986)은 “태권도 차기 동작의 역학적 에너지 변화에 관한 생체 역학적 분석”에서 태권도의 차기 동작 중 앞차기, 돌려차기, 뒤차기 동작에 대한 연구를 통하여 각 차기 동작에 소요되는 시간은 앞차기가 가장 빨랐으며, 각 각분절의 각속도가 최고에 도달하는 순서는 대퇴, 하퇴, 발의 순으로 나타났다고 보고하였다. 그리고 차는 쪽 팔의 움직임을 차는 발의 운동방향과 반대 방향으로 움직이는데, 이러한 팔 동작은 차는 발의 속도를 빠르게 해 주는 역할을 할 뿐 아니라 몸 전체의 균형을 유지하는데 효과적이라고 밝혔다. 또한, 3차원 영상

분석과 지면반력기를 이용하여 차기 동작의 운동학적 변인과 운동 역학적 변인을 구하여 차기 동작의 특징을 알아보고 신체 분절의 에너지 변화에 대하여 규명하였다. 이 연구에서 차기 동작시 하지 분절에서는 발의 속도가 대퇴와 하퇴 분절 속도보다 빠르고, 각속도 변화에서는 미숙련자보다 숙련자가 보다 빠르게 나타났다고 보고하였다.

또한 각 분절의 각속도가 최고에 도달하는 타이밍 순서는 대퇴, 하퇴, 발의 순서로 나타났으며, 수직 방향의 지면반력인 F_z 는 발을 지지하는 순간에 가장 컸으며, 숙련자가 비숙련자보다 크게 나타났다. 각각의 차기 동작 시 힘이 지면에 대해 작용하는 방향은 앞차기의 경우에는 우측 방향이었으며, 돌려차기와 뒤차기는 좌측 전방인 것으로 나타났다. 이 때의 역학적 에너지의 크기는 숙련의 정도와 동작의 유형에 관계없이 돌려차기, 앞차기, 뒤차기 순으로 크게 나타났고, 회전 운동의 에너지는 돌려차기가 가장 컸으며, 발의 회전 운동 에너지는 대퇴나 하퇴보다 적은 것으로 나타났다고 보고하였다.

윤동섭 등(1999)의 “태권도 뒤차기의 운동학적 분석”에서 경기 시에 많이 사용되고 짧은 순간에 선제 공격 및 역습 공격을 하여 득점하고 상대방에 충격을 가할 수 있는 기술은 뒤차기 동작이라고 하여 뒤차기 동작시의 몸통 공격 시간, 거리 및 속도 등의 운동학적 변인들을 분석하였다. 이 연구에서는 회전 중에 차기발이 지지발의 무릎에서 크게 이탈하면 회전 반경이 커지기 때문에 지지발의 무릎을 스쳐가도록 하여 회전 반경을 적게 하는 것이 뒤차기 시간을 단축시키는 가장 중요한 요인이라고 밝혔다.

최영렬(1986)은 태권도의 뒤후리기 기술에서 가장 효율적인 자세를 찾기 위한 연구를 수행하였는데, 이 연구에서는 스탠스의 크기를 변화시켜 나타나는 차기 동작의 시간 차이를 비교하였다. 이 연구의 결과에 의하면 어깨너비의 스탠스와 어깨너비에 20cm를 더한 스탠스에서 가장 빠른 발차기 수행 속도를 보였으며 그 다음으로 어깨너비에 10cm, 어깨너비에 30cm를 더한 스탠스의 순으로 발차기 수행속도가 빠른 것으로 나타났다고 보고하였다.

배영상(1988)은 “태권도 뒤차기에 있어서 차기 다리의 기계적 에너지”에 관한 연구에서 영상분석법을 이용하여 뒤차기 동작 시 나타나는 고관절, 무릎관절, 발끝의 속도와 역학적 에너지를 분석하였다. 이 연구에서는 차는 다리의 경우 고관절의 전진 운동과 발끝의 전진 및 끌어당겨 올림은 목표물 가격 순간에 중요한 요인이라고 하였다. 또한 뒤차기 기술을 효율적으로 수행하기 위해서는 무릎을 최대 굴곡 시점까지 들어올리는 것이 대퇴가 상체로부터 에너지를 유입하여 대퇴에 보다 많은 에너지를 축적할 수 있는 동작이라고 밝혔다.

김규완(1989)은 “발차기 종류 및 스탠스의 크기가 전신 반응 시간 및 충격력에 미치는 영향”에서 대표급 우수 선수들을 대상으로 기준 스탠스와 $+\frac{1}{2}$ 족장스탠스, $-\frac{1}{2}$ 족장스탠스의

3종류의 스탠스에 앞차기 및 돌려차기시의 충격력을 측정, 분석하였다. 이 연구에서 차기의 형태에 따른 충격력에서는 앞차기시의 충격력이 돌려차기시의 충격력보다 큰 것으로 나타났으며, 스탠스의 종류에 따른 충격력에서는 $+ \frac{1}{2}$ 족장스탠스에서의 충격력이 다른 두 스탠스에서의 충격력보다 큰 것으로 보고했다.

배영상(1990)은 영상분석법과 스트레인 게이지를 이용한 충격량 측정기를 사용하여 돌려차기 동작의 특성과 그 기전을 규명하고자 하였는데, 이 연구에서는 빠른 차기를 위한 가장 중요한 요소로는 차기 다리의 대퇴로부터 하퇴(발을 포함)로서의 합리적인 에너지의 전이이며, A형 돌려차기(전형적인 돌려차기)는 발차기의 소요시간이 짧고 가격 시에 발끝이 속도 벡터가 수평과 이루는 각도가 작아 큰 충격력을 얻을 수 있으므로 적극적인 공격에 유리하며, B형 돌려차기(변형된 돌려차기로 빗차기)는 발차기의 반응 시간이 짧기 때문에 상대의 공격을 피하면서 상대방을 가격하는 공격에 유리하다고 밝혔다. 또한 A형 돌려차기와 B형 돌려차기의 차기 기술에서는 차기의 유효거리, 차기 반응시간, 차기 소요시간, 가격 각도 등이 차이가 있다고 보고하였다.

김복영(1991)은 “다리 자세에 따른 태권도 돌려차기의 효과”에서 국가대표급 우수 선수의 전형적인 돌려차기 동작의 특성을 모형화하고 다리 자세에 따른 태권도 돌려차기를 오른 발로 수행한다고 가정할 때, 왼쪽 고관절을 축으로 골반의 회전 운동이 일어나는 것으로 나타났다. 이 때 오른손과 상체는 골반의 회전 방향과 반대 방향으로 회전하므로 상체와 하체는 전체적으로 비틀림 동작을 하게 되며, 또한 오른쪽 고관절이 굴곡하는 동안 오른쪽 무릎 관절이 동시에 굴곡 동작을 하는 것으로 나타났다.

그리고 오른쪽 무릎 관절이 최대로 굴곡한 후 오른쪽 무릎 관절의 신전 동작이 일어나면서 발로 목표물을 가격하게 된다. 이 때 오른쪽 고관절은 목표물 가격 순간까지 굴곡한다. 신체 분절의 속도는 오른쪽 고관절, 무릎관절, 발목관절의 순으로 증가하므로 목표물 가격 순간 오른쪽 발목 관절의 속도를 크게 하기 위해서는 차기 동작의 초기에 오른쪽 고관절, 오른쪽 무릎관절의 순으로 속도를 크게 하는 것이 중요하다. 또한 최대로 굴곡할 때 오른쪽 무릎관절의 각도가 적을수록 오른쪽 발목 관절의 최대 속도가 커지므로 무릎을 많이 굴곡시키는 것이 차기 동작을 효율적으로 수행하는데 유리하다고 밝혔다. 그러나 다리 자세가 태권도의 돌려차기에 효과를 주는지의 여부는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 밝혀졌다.

김창국(1991)은 “태권도 돌려차기 동작의 운동 역학적 분석”에서 차기 다리의 둔부에서 대퇴, 하퇴, 발로 이어지는 역학적 에너지의 합리적인 전이는 가격 시 충격력과 발끝의 속도를 결정짓는 중요한 요소라고 하였으며, 빠른 차기를 수행하기 위하여 신체 질량 중심의 빠

른 이동이 필요하지만 가격을 가할 때 충격력을 강화하기 위해서는 신체 질량 중심을 낮추어 안정성을 확보하는 동작과 둔부를 목표물 이동 방향으로 체중을 이동시키는 동작이 바람직하다고 강조하였다.

김현배(1991)는 “지면반력기를 이용한 태권도 차기 동작의 지면반력분석”에서 앞차기 동작에서 지지발의 중심 이동 변화는 좌·우 방향과 전·후 방향에서 각각 숙련자는 2.02cm, 10.69cm, 미숙련자는 15.88cm, 21.65cm로 나타나 미숙련자가 숙련자에 비해 이동 폭이 크게 나타남을 밝혔으며, 충격량은 좌·우 방향, 전·후 방향 및 상·하 방향에서 각각 숙련자는 평균 0.84N/sec., 22.96N/sec., 475N/sec. 미숙련자는 평균 10.89N/sec., 24.48N/sec., 345.83N/sec.로 나타나고, 최대 지면반력은 좌·우, 전·후, 상·하 방향에서 각각 숙련자는 평균 97.44N, -169.30N, 968.8N, 미숙련자는 평균 59.38N, -45.43N, 459.83N으로 나타났다고 보고하였다.

선행 연구의 결과를 종합하면 좌·우, 전·후 방향에서는 미숙련자의 충격량이 숙련자에 비해 높았고 상·하 방향에서는 미숙련자의 충격량이 숙련자에 비해 낮았다. 숙련자가 미숙련자에 비해 좌·우, 전·후 방향으로의 힘 분산은 적으나 상·하 방향으로의 힘을 집중시키며, 숙련자가 미숙련자에 비해 앞쪽 방향으로의 충격력이 크게 나타나고 있어 앞차기 기술을 보다 효율적으로 수행하고 있다고 보고했다.

김현덕(1992)은 “태권도 뒤차기의 운동 역학적 분석”에서 차기 동작에서 상체는 던지는 듯한 동작 형태, 차기 다리는 회전 동작과 동시에 미는 동작이 일어나는 형태로 나타나 태권도 뒤차기 동작은 던지기 밀기의 연속과정이라고 하였다. 그리고 김승재(1993)는 “태권도 차기기술의 운동학적 동작 형태 분류”에서 태권도 차기 기술 가운데 앞돌려차기, 돌개차기, 뒤후려차기, 뒤차기 등을 선택하여 운동학적으로 분석하여 계량화하고 기본 동작의 형태를 분류하였다.

이 연구에서는 앞돌려차기와 돌개차기는 원위 분절이 최대 속도로 움직이기 위해서 분절들의 회전 동작이 차례로 일어나기 때문에 후려차기 유형으로 구분하였고, 뒤차기는 힘의 발현을 위해 분절들의 회전 운동이 동시에 일어나기 때문에 밀어차기 유형으로 분류하였으며, 뒤후려차기의 경우 두 가지 동작이 특징을 모두 포함한 것이라고 보고하였다.

신용석(1993)은 “태권도 뒤후려차기 기술의 각운동량 분석”에서 뒤후려차기 동작은 수직축을 중심으로 수평면에서 일어나는 분절들의 동작이 가장 중요한 요인으로 보았으며, 분절들의 운동량 생성과 전이가 잘 일어날 수 있도록 양팔을 먼저 돌리고 양팔의 동작이 멈출 때 몸통을 돌리고, 다시 몸통의 회전이 멈출 때 엉덩이 부분을 돌리며, 마지막으로 다리를

휘둘러 내는 동작 순서를 유지하는 것이 효과적이라고 밝히고, 전후축이나 좌·우축에 대한 동작은 대체로 몸의 균형을 유지하는 정도로 보여지지만 중요한 요인으로는 작용하지 않았다고 보고하였다.

강성철과 김복영(1996)은 태권도 돌개차기 동작에 대한 운동 역학적 분석에서 하지의 운동량을 목표물에 효과적으로 전달시키기 위해서는 목표물을 가격할 때 상체의 유지, 고관절의 적절한 굴곡과 무릎의 적절한 신전이 필요하며, 상체와 대퇴의 각운동량을 임팩트까지 적절히 하퇴와 발로 전이시키고 임팩트 시 무릎, 하퇴와 발의 속도와 각운동량을 적절히 조절하면 효과적인 돌개차기 동작을 수행할 수 있다고 하였다.

이러한 선행 연구들을 종합하면 대학·일반 국가대표급 선수들을 대상으로, 차기 동작은 상체, 골반, 대퇴, 하퇴, 발의 순서로 운동량이 전달된다. 차기 동작을 수행하기 위한 힘을 발생시키는 데에는 골반의 회전과 고관절의 굴곡이 가장 중요하고, 그 다음으로 무릎 관절의 굴곡과 신전이 중요하며, 이러한 과정을 거쳐 발의 최종 속도가 결정되는 것으로 결론을 내릴 수 있다.

신성휴와 운동섭(1996, 1997)은 앞돌려차고 돌개차기의 연속 동작에 관한 연구에서 신체 중심의 빠른 이동과 안정된 자세가 두 동작을 연속적으로 수행하는데 매우 중요하다고 밝혔다. 이를 위해서는 앞돌려차기 동작 후 차기 다리의 회전 속도를 감속시키고 그 다음에 돌개차기를 위해 대퇴, 하퇴, 그리고 발로 이어지는 채찍과 같은 동작을 수행하는 것이 연속 동작을 위한 최대 속도를 얻는데 매우 중요하다고 하였다.

또한 태권도 앞돌려차기 기술이 숙련자와 비숙련자 간에 어떠한 운동학적 차이가 있는지를 규명하기 위한 연구에서는 숙련자가 비숙련자들에 비해 차기 동작의 소요시간이 짧으며 특히 동작 국면의 시간이 더욱 짧은 것으로 나타났다고 보고하였다. 그 외에도 차기 발의 이동거리, 차기 다리의 속도, 신체 중심의 이동 변위, 관절 각도의 변화 등의 운동학적 변인들이 숙련자가 비숙련자들에 비해 빠르거나 작은 것으로 밝혔다.

운동섭(1996)은 태권도 앞돌려차고 돌려차기 동작 시의 기술적 특성과 효율적인 연속 동작의 형태를 규명하기 위하여 대학 태권도 남자 우수선수 경량급 3명, 중(中)량급 3명, 중(重)량급 3명을 대상으로 동작을 분석하고 지면반력기를 이용하여 지면반력을 측정, 분석하였다. 이 연구의 결과에 의하면 동작의 수행 시간은 경량급이 가장 짧은 것으로 나타나 기회포착의 기술이 우수한 것으로 나타났고, 임팩트 시 발의 속도는 중(中)량급이 가장 빠른 것으로 나타났으며, 임팩트 시의 무릎 각도는 경량급이 가장 큰 것으로 나타났다.

지면반력 중에서 좌·우 지면반력은 주로 지지 기간의 초기에 발현되고 전·후 지면반력

은 주로 지지 기간의 후기에 발현되는 것으로 나타났다. 그리고 이 연구에서는 태권도의 차기 동작을 선운동으로 제한하여 연구할 경우에는 신체 분절의 각운동량, 회전속도, 회전 모멘트 등의 변인들에 대해서는 명확하게 밝힐 수 없다고 보고하였다.

윤창진(1997)은 “태권도 차기 동작 시 발속도에 대한 신체 분절의 기여도”에서 앞차기와 옆차기 동작은 대퇴 분절과 하퇴 분절의 회전운동이 발 분절의 속도에 크게 기여함을 규명하였고, 돌려차기 동작과 뒤차기 동작은 대퇴 분절과 하퇴 분절 이외에 몸통 분절의 회전운동도 발 분절의 속도에 크게 기여한 것으로 밝혔다. 후려차기 동작시 발 분절의 속도에 대한 신체 분절의 기여도는 대퇴 분절과 하퇴 분절의 회전 운동이 크게 기여하는 것으로 나타났는데, 동작의 특성상 좌우 방향(Y축)에서의 회전 속도가 매우 크게 기여한 것으로 나타났다.

뒤후려차기 동작시의 발 분절의 속도에 대한 신체 분절의 기여도는 대퇴 분절과 하퇴 분절 그리고 동작의 특성상 몸통 분절의 회전 동작이 크게 기여한 것으로 나타났다. 찍어차기 동작 시의 발 분절의 속도에 대한 신체 분절의 기여도는 대퇴 분절의 회전 동작이 가장 큰 동작인 것으로 나타났고 특히 앞차기 동작 수행시에 대퇴 분절과 하퇴 분절의 각속도 변화는 차기 동작의 특성상 Y축 방향의 각속도에서 크게 나타났다고 보고하였다.

김상복과 김주선(1997)은 “태권도 돌려차기 시 관절 운동의 분석”에서 고관절을 중심으로 한 3차원적 다축 운동과 분절간의 상대각 운동 특성을 파악하고자 하였다. 즉, 이 연구에서는 고관절과 하지의 각 분절에 부분 좌표계를 부착하고 카단 각(Cadan Angles)을 이용하여 분절의 상대각을 계산하고 운동학적 변인들을 구하였다. 이 연구의 결과 빠르고 효율적인 돌려차기 기술을 수행하기 위해서는 무릎이 최대 굴곡하기 전까지 차는 방향으로 차기 다리의 속도를 증가시켜 차기 동작에 소요되는 시간을 단축하는 훈련이 필요한 것으로 나타났다.

그리고 고관절에서의 3차원 각운동은 무릎 관절의 신전 직전까지는 최대 외측 회전 운동을 하며, 가락을 할 때에는 최대 내측 회전과 최대 외전 상태가 되게 해야 하고, 고관절을 고정시켜 무릎관절을 중심으로 발목관절과 발끝의 회전운동을 가능케 하여야 하며, 결론적으로 근위 분절에서 발생하는 속도를 원위 분절로 계속 조화롭게 전이되도록 하여 가락 시 원위 분절의 최고 끝 지점에서 최대 속도를 갖도록 하는 것이 중요하다고 강조하였다.

신성휴 외 4인(1997)은 “태권도 발차기 연속 동작에 대한 운동학적 요인 연구 분석”에서 선수 경력이 10년 이상인 태권도 선수들을 대상으로 앞돌려차고 돌개차기의 각 국면별 발차기 시간과 신체 중심과 신체 중심의 변위 및 속도 그리고 중요 관절의 각도와 각속도 등의 운동학적 특성과 효율적인 연속 동작의 특성을 체급별로 비교하였다. 이 연구에서는 차기 동작의 속도는 경량급 선수들이 중량급 선수들에 비해 빠른 것으로 나타나고 있으나 각 동작

국면에서의 관절 각도는 체급에 따라서 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

김승재와 최지영(1998), 김승재 외 2인(1998)은 “태권도 차기 기술 분석을 위한 인체 분절의 3차원 위치 결정”과 “태권도 차기 기술의 관절과 분절 운동의 운동학적 정의”에 관한 연구에서 카단 각과 오일러 각의 상대적 위치 개념을 이용하여 태권도 차기 기술의 분석에 보편적으로 적용할 수 있는 인체 분절의 3차원 위치 결정 방법을 제시하고자 하였는데, 이 연구의 결과에 의하면 카단 각과 오일러 각은 뒤차기 시 차기 다리와 지지 다리의 관절 운동과 하부 몸통과 상부 몸통의 상대적 위치를 3차원적으로 세밀하고 자연스럽게 표현하는데 매우 효과적인 것으로 보고했다.

황인승과 이성철(1999)은 “태권도 돌려차기 시 근활동 모양에 관한 3차원적 분석”에서 돌려차기 동작 시 신체 분절간의 상호작용을 운동학적, 특히 해부학적으로 설명하고자 하였는데, 이 연구의 결과에 의하면 돌려차기 동작 시 말초 분절들의 운동은 기시 분절의 운동에 의하여 이끌려 일어나는 현상으로 나타났다. 즉 대퇴의 운동은 상체의 운동에 의하여, 하퇴의 운동은 대퇴에 의하여 이루어지는 것으로서 궁극적으로 기시 분절의 회전 운동을 따라 시간차를 두고 말초 분절들이 따라 도는 모양을 나타낸다고 보고했다.

또한 태권도 차기 동작을 수행할 때에는 상체를 회전시켜야 할 경우가 많다. 이를 위해서는 각운동량을 상체에 전달해야 하는데 각운동량을 생성해내는 외력에 의한 각충격량은 양 다리가 동시에 지면에 딛고 선 후에 한 다리는 지면을 밀고 나머지 한 다리는 축이 될 때, 또는 한 다리는 밀고 한 다리는 딛는 순간적인 두 다리의 교호작용에 의해서만 발생한다. 이 순간에 발생한 각 운동량은 동작이 끝날 때까지 지지발의 저항에 의해 점차 감소한다.

차는 다리의 동작은 동작 체계에서 생긴 각운동량에 의하여 시작되며 고관절을 중심으로 한 다리의 외전근과 신전근에 의하여 휘둘러진다. 태권도 차기 동작에서의 운동 역학적 에너지(kinetic mechanical energy)는 차기 동작 시의 골반대와 몸통의 회전 운동과 고관절의 외전, 무릎 관절의 굴곡 및 신전 동작이 이루어지는 지지다리, 몸통 및 상지에서는 감소하면서 동시에 차기 다리에서는 증가한다(Stoner & Ben-Sira, 1981).

김진홍(2003)은 “목표물의 유무가 태권도의 찍어차기 동작에 미치는 영향”에서 목표물의 설정은 피험자들의 시간적, 운동학적 변인에 유의한 영향을 주어 동작시간을 단축시키고 변위를 크게하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

조동희(2003)는 “태권도 대학선수들의 찍어차기에 대한 운동학적 특성 분석”에서 시간, 자세, 속도, 중심을 운동학적 변인들로 설정, 분석하여 역학적인 기초를 제공하였다.

III. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 피험자는 제주도에 거주하고 태권도협회에 선수로 등록되어 있는 20세 이상의 유단자로서, 전국 규모의 대회에서 3위 이상에 입상한 경력이 있는 남자선수 3명을 임의로 선발하였다. 이들은 찍어차기 기술 중 무릎 편유형과 구부린 유형을 모두 자유롭게 구사하는 찍어차기의 숙련자이다. 3명의 피험자를 대상으로 각 유형에 대해 선수마다 10회씩 찍어차기를 시도하여 가장 성공적인 3시기(trial)씩 선별하여 1인당 편 유형 3시기, 구부린 유형 3시기의 총 6시기로서 3명 모두 18시기의 결과를 분석대상으로 하였다. 피험자들의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 특성

이름	신장(cm)	체중(kg)	나이(yr)	선수경력(yr.)	비 고
HCS	170	54	22	10	편급
LGJ	177	60	24	10	반담급
NCH	182	75	21	9	웰터급
M±SD	176.3±3.30	63.0±10.81	22.3±1.52	9.7±0.57	

2. 실험 및 분석장비

본 연구의 목적을 수행하기 위해 사용된 실험장비는 두 유형의 찍어차기 동작의 촬영장비와 영상분석장비로 구성하였다. 촬영장비는 Panasonic사의 모델 D-5100 비디오 카메라(2대), 통제점 틀(control object point), 동조용 타이머(synchronization, 고무풍선)이며, 영상 분석 및 자료처리장비에는 비디오 디지털라이저 및 분석용 프로그램으로 구성되었다.

1) 비디오 카메라

3차원 영상분석을 위해 Panasonic사의 모델 D-5100 비디오 카메라 2대를 사용하였으며, $60\text{field} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 촬영하였다. 각각의 프레임은 2개의 필드(fields)로 나눌 수 있기 때문에 분석시 시간 해상도는 $1/60$ 초가 된다. 촬영시 노출시간은 $1/500$ 초로 고정하였다.

2) 통제점 틀(control object points)

통제점 틀은 1m 스틸로 제작된 막대를 조립하여 가로 2m, 세로 1m, 높이 2m 크기의 구조물로서 3D-DLT(3 dimension direct linear transformation) 방법으로 36개 공간의 실제 좌표값을 산출하는 데 활용한다.

3) 비디오 디지털라이저

비디오 카메라로 촬영된 영상은 S-VHS VCR(panasonic AG-7350)과 19" S-VHS 모니터(Sony PVM-1942Q), 비디오 분석프로그램(Kwon3D, 2.1) 및 AG7350 조그셔틀 기능을 내장하였고, 일반 VHS와 S-VHS 모두 사용 가능하다. 프레임 그래버(frame grabber)가 내장되어 있기 때문에 비디오 프레임을 짝·홀수 필드로 분리하여 영상에 나타나게 하여 $1/60$ 초의 시간해상도를 가질 수 있다. 카메라 속도는 $60\text{field} \cdot \text{sec}^{-1}$ 이다.

4) 분석프로그램

디지털라이저로 3차원 영상을 좌표화하고, 변인 분석용 산출프로그램으로 3차원 좌표와 운동학적 변인 산출을 위해 KWON3D Ver. 2.1 프로그램을 이용하였다.

KWON3D는 디지털라이징, 3차원 좌표, 각종 운동학적 변인 산출, DLT방법에 의한 실공간 3차원 좌표산출 및 필터링을 위한 프로그램으로서 3차원 분석 패키지로 구성되어 있다.

3. 실험절차

실험 장소는 실내체육관 정규 규격을 갖춘 태권도 경기 코트에서 실시하였다. 피험자의 찍어차기 동작이 일어나는 곳에 공간좌표 설정을 위한 통제점을 표시한 통제점 틀을 피험자의 찍어차기 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 설치하였다.

실험장면은 <그림 1>과 같다. 통제점 틀은 전방 좌우에 10m 지점에 2대의 비디오 카메라 줌에 포착되도록 설치하고, 목표물에 대한 두 카메라간의 각도는 120도, 거리는 10m, 2대의 카메라의 높이는 각각 1m로 삼각대에 고정시켜 수평을 유지시켰다. 카메라 노출속도는 1/500초로 하였고, 카메라 속도는 $60\text{field} \cdot \text{sec}^{-1}$ 로 고정한 후 통제점 틀을 1분 동안 촬영한 다음 통제점 틀을 제거한 후 피험자의 두 유형의 찍어차기 동작을 촬영하였다.

피험자의 실험 이전에 충분한 준비운동과 찍어차기 동작을 연습시켰고, 테이프에 수록된 동작을 분석할 때 각 분절의 위치를 쉽게 알아보고, 인위적인 오차(random error)를 최소화하기 위하여 피험자들에게 밀착 반바지를 착용토록 하였고, 각 신체 관절에 표식점(landmark)을 하였다.

제거한 통제점 틀의 위치에서 피험자들은 찍어차기 동작을 충분히 연습을 한 후 본 실험에 임하게 하였다. 촬영하기 전에 준비운동을 충분히 실시하며, 각 피험자는 찍어차기 각 유형별 10회씩을 실시하게 한 후 성공적으로 이루어진 시기(trial)의 것을 분석용으로 활용하였다.

지정한 순서에 따라서 숙련군 3명은 매 시기마다 신호에 따라서 무릎 편유형 10회 차기를 한 후 무릎 구부린 유형 10회 차기를 실시하게 하였다. 방향설정은 피험자가 타격목표물 지점을 향해 타격을 하는 방향을 Y축 방향으로 하고, 통제점 틀을 기준으로 지면에 대하여 수직 방향을 Z축 방향으로 하였다. 또 Z축에서 Y축으로의 벡터의 외적(cross product)을 X축으로 설정하였다.

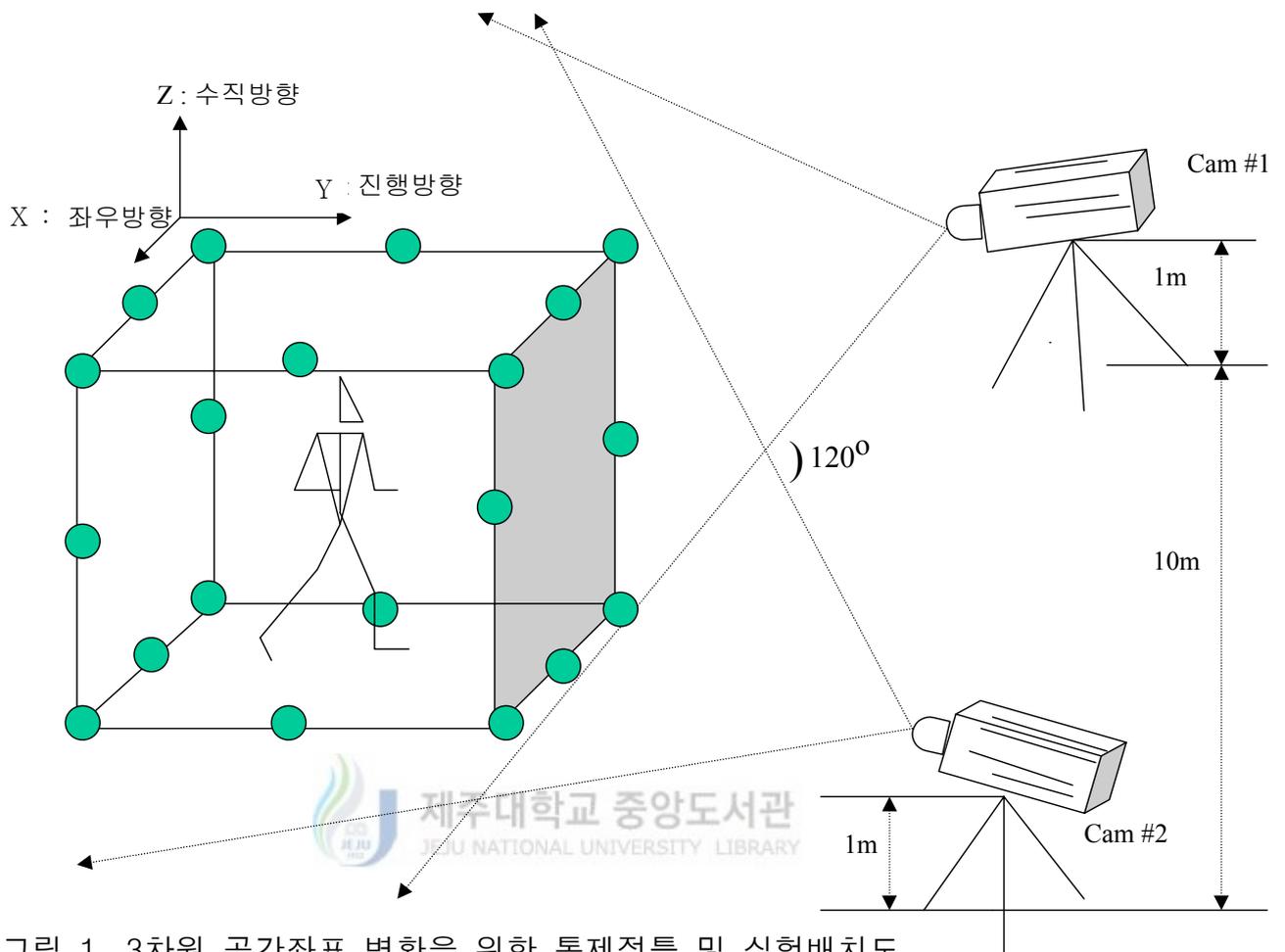


그림 1. 3차원 공간좌표 변환을 위한 통제점들 및 실험배치도

4. 좌표화 및 자료산출

1) 통제점 틀 및 인체 관절 좌표화

좌표화는 통제점 틀의 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화로 나눌 수 있으며, BSP(Body Segment Parameter)모델은 Plagenhoff(1983)의 모델을 사용하였다.

통제점 틀의 좌표화는 기준점(reference point)을 포함하여, KWON3D 2.1 프로그램을 이용하여 총 36개 중 20개의 통제점을 좌표화하여, 자료산출과정에서 실공간좌표를 위한 매개 변수로 활용하였다. 그리고 자료 처리 과정에서 실공간 좌표계의 기준점(원점)은 화면상 고

정된 지점으로 정하였다.

인체 관절 중심점의 좌표화는 타격을 위한 발의 이지(take-off)부터 활로스루(follow through)까지로 하고, 디지털라이징 점은 기준점(Reference Point)과 인체분절점(20개점)으로 총 21개점으로 하였고, 인체 관절 중심점의 좌표화는 Plagenhoff(1983)의 자료를 기초로 하였으며, 분절 고유번호 순으로 좌표화 하였고, 매 프레임 마다 이 과정을 반복하며, 한 프레임 모두 좌표화가 종료되면 컴퓨터의 파일(file)로 저장하였다.

표 2. 좌표화 순서 및 신체분절점

순서	신체분절점	자유물체도
1	화면상 고정점(reference point)	
2	오른 손가락 끝(Right Finger Tip)	
3	오른 손목관절(Right Wrist Joint)	
4	오른팔꿈치관절(Right Elbow Joint)	
5	오른어깨관절(Right Shoulder Joint)	
6	왼 손가락 끝(Left Finger Tip)	
7	왼 손목관절(Left Wrist Joint)	
8	왼 팔꿈치관절(Left Elbow Joint)	
9	왼 어깨관절(Left Shoulder Joint)	
10	오른 발끝(Right Toe)	
11	오른 뒤꿈치(Right Heel)	
12	오른 발목관절(Right Ankle Joint)	
13	오른 무릎관절(Right Knee Joint)	
14	오른 고관절(Right Hip Joint)	
15	왼 발끝(Left Toe)	
16	왼 뒤꿈치(Left Heel)	
17	왼 발목관절(Left Ankle Joint)	
18	왼 무릎관절(Left Knee Joint)	
19	왼 고관절(Left Hip Joint)	
20	머리끝(Vertex)	
21	턱(Chin Point)	
22	코(Nose)	

2) 동조(synchronization)

2대의 비디오 카메라는 시간 해상도가 $60\text{frame} \cdot \text{sec}^{-1}$ 인 상태인 카메라에서 나온 2쌍의 좌표(X, Y)를 매 0.020초 간격으로 보간시킨 후 분석할 두 카메라의 동일한 시점을 동조하였다. 이러한 동조방법은 3차 스플라인 함수(cubic spline function)에 의한 보간법(interpolation)을 이용하였다(Kwon3D).

3) 3차원 실공간 좌표 산출

3차원 실공간 좌표 산출은 디지털화 좌표군과 실공간 좌표군으로부터 DLT(Direct Linear Transformation) 기법을 이용하여 DLT 변환계수를 산출한 후 3차원 공간좌표의 기계적 및 인위적 오차(random error)를 감소시키기 위해 스무딩(smoothing)을 실시하였고, 이때 차단주파수(cut off frequency)는 6.0Hz의 저역통과 필터(low-pass filtering)방법을 사용하였다. 즉 DLT 기법은 디지털화 좌표계와 실 공간 좌표계의 관계에서 나온 DLT 계수와 필터를 투영하여 나온 관절점 평면좌표를 이용하여 인체관절 점의 3차원 좌표를 산출하는 방식이다(Abdel-Aziz와 Karara, 1971).

4) 표준화(Normalization)

연구 대상자간의 스윙시간이 이지부터 훔로스루까지의 찍어차기 소요시간이 일치하지 않기 때문에 각 변인들의 비교를 위해서 이지 자세부터 훔로스루까지의 시간을 100%로 보고 그 간격을 동일 프레임수로 나누는 표준화(Normalization) 기법을 사용하였다. 따라서 모든 찍어차기에 대한 각 분석국면별 동일한 시점에서 분석이 가능하다.

사용된 표준화 기법은 n개의 점($x_i, y_i=0,1,2,\dots,n-1$)이 주어 졌을 때 임의의 x에 대한 함수값 $y=f(x)$ 를 Cubic spline 함수로 구하였다.

5) 연구변인

연구의 목적을 수행하기 위한 연구내용은 찍어차기 동작의 두 유형에 대해 분석국면별 [제1국면, 반응국면(RT): 준비(RE) - 이지(TO), 제2국면, 스윙국면(SW) : 이지(TO) - 발의 최고점(TE), 제3국면: 타격국면(FKD) : 발의 최고점(TE) - 목표물 타격(FK), 제4국면(훔로스루국면,FT) : 목표물 타격(FK) - 착지(TD)] 로 분석할 연구 변인은 다음과 같다.

- (1) 소요시간 변인
- (2) 신체중심변위(x, y, z), 신체중심 속도(x, y, z)의 양상
- (3) 신체분절 변위(x, y, z), 신체분절 속도(x, y, z) 및 가속도(x, y, z)의 양상
- (4) 고관절, 무릎관절의 각변위 및 각속도양상
- (5) 동체의 전후경각

5. 연구변인 산출

1) 선운동변인

(1) 소요시간

각 프레임 간 시간 간격이 0.0167초로서 각 국면별 소요된 프레임에 대한 1프레임의 소요시간을 곱하여 산출하였고, 반응프레임(D₁)부터 타격프레임(D₂)까지의 프레임 수를 계산하여 프레임 수에다 0.0167초를 곱해 구하였다.

$$\text{동작시간} = (D_2 - D_1) \times 0.0167(\text{s})$$

(2) 변위

변위는 신체 분절 중심 및 전신 중심의 위치변화(D₂-D₁)를 말하며, 중심 변위를 산출하기 위하여 공간상의 신체 중심공간의 좌표값은 다음과 같다.

$$D = \sqrt{(X_i - x_i)^2 + (Y_i - y_i)^2 + (Z_i - z_i)^2}$$

(X:좌우방향, Y:전후방향, Z:수직방향)

(3) 속도 및 가속도(신체분절 및 전신중심)

신체 분절점 위치좌표 P_i에 대한 속도 (V_i)는

$$v_i = \frac{(P_{i+1} - P_{i-1})}{2\Delta t}$$

신체 분절점 위치좌표 P_n에 대한 가속도 a_n는

$$a_n = \frac{(P_n - 2P_{n-1} + P_{n-2})}{\Delta t^2}$$

(4) 분절 i의 중심점 좌표 cg_i 산출은

$$cg_i = (1 - P_i)P_i + D_i \cdot P_i$$

(P_i = 분절길이에 대한 근위단으로부터 무게중심거리 비율(%),

$D_i \cdot P_i$ = 분절 근위단 및 원위단 좌표)

(5) 신체중심 위치, 속도, 가속도 산출

전신 무게중심의 위치 CG는

$$CG = \sum_{i=1}^{14} \frac{(cg_i \cdot m_i)}{M}$$

cg_i = i번째 분절의 무게중심 위치좌표

m_i = 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절 질량

M = 백분율로 표시된 분절질량을 합한 전체질량

전신무게 중심의 속도와 가속도는 분절점의 속도와 가속도 산출방법과 동일하게 산출했

다.

2) 각운동의 변인

신체분절의 움직임을 산출하기 위한 좌표계는 관성좌표(global coordinate)를 이용하였고, 2관절점 간에 벡터각(vector angle)을 산출하였다.

산출한 분절 벡터각을 1차 미분한 결과 각속도 및 2차 미분한 결과 각속도를 각각 산출하였다.

(1)각도

본 연구에서 산출할 각도(deg)들은 발목관절각, 무릎 관절각, 고관절각, 동체 전후경각 등이 있으며, 각 관절의 각도를 이루는 벡터를 A(A_x, A_y, A_z), B(B_x, B_y, B_z)라고 할 때 A, B벡터의 내적으로 구하였다.

$$\theta = \arccos \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}}$$

(2) 각속도

$$w_B = w_B / A + w_A$$

$\omega_{B/A}$: 분절 A에 대한 분절 B의 상대 각속도의 크기

ω_A : 분절 A의 관성 각속도(절대각속도)의 크기

6. 분석국면

국면의 분석은 <그림 5>과 같이 총 4개 국면으로 구분하였다.

- 1) 제1국면(반응국면(RT) : 준비(RE) - 이지(TO)) : 준비자세에서 시작 신호 후 발이 지면에서 떨어지는 순간
- 2) 제2국면(스윙국면(SW) : 이지(TO) - 발의 최고점(TE))
- 3) 제3국면(타격국면(FK) : 발의 최고점(TE) - 목표물 타격(FK))
- 4) 제4국면(휠로스루국면(FT) : 목표물 타격(FK) - 착지(TD))

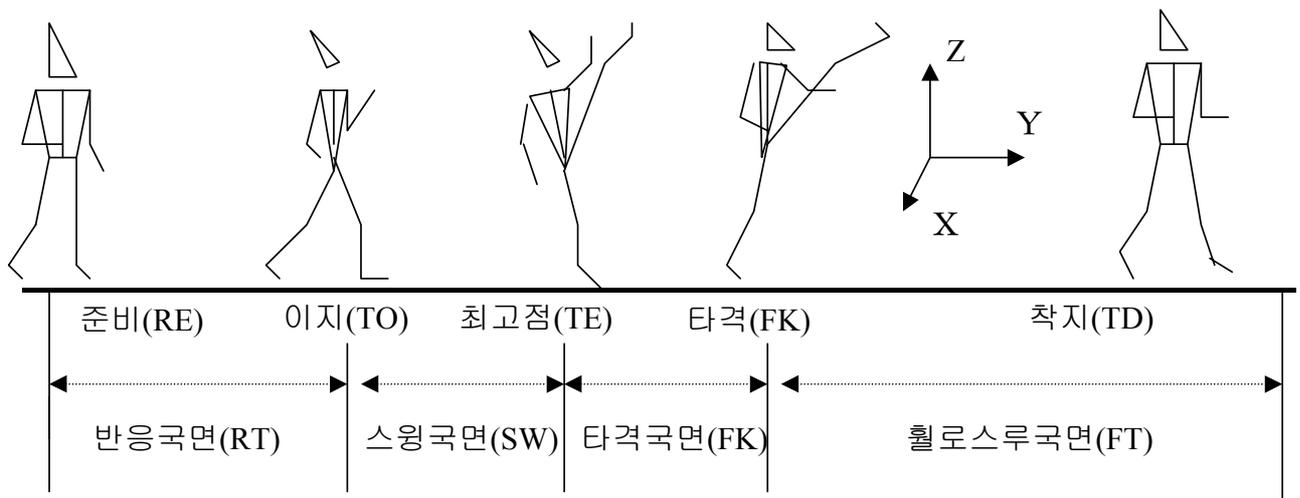


그림 2. 국면의 설정

7. 자료처리

찍어차기의 두 유형에 대한 분석된 운동학적 변인에 대한 자료처리는 분석 국면별 각 집단과 변인별 평균±표준편차(M±SD)를 산출하였고, 두 집단간 연구변인의 차이를 검증하기 위해 독립 t-검증을 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하여 처리하였다.

그래픽 및 기타 디지털이징된 자료의 정리 및 처리는 마이크로 소프트 엑셀(microsoft excel)을 활용하였다.



IV. 연구결과

본 연구는 태권도 찌어차기의 무릎 편 동작과 무릎 구부린 동작의 두 유형을 운동학적 비교분석 후 차이를 규명하여 찌어차기의 지도지침을 제시하는 데 있다. 이를 위해 찌어차기의 두 유형에 숙련이 된 국가대표급 수준의 핀급, 반탐급, 월터급 3명의 선수를 대상으로 3차원 영상분석을 실시하였다.

각 피험자로 하여금 무릎편유형 10회, 무릎구부린유형 10회를 실시하게 한 뒤 가장 성공적이라고 판단되는 3회 시기(trial)를 분석용으로 하였다. 따라서 무릎편유형 9회 시기와 무릎구부린유형 9회 시기의 총 18회 시기를 분석용으로 활용하였다. 분석은 두 유형의 시간변인, 신체중심의 운동학적 변인, 차기발의 대퇴, 하퇴, 발의 운동학적 변인 및 타격에 영향을 미치는 변인간의 상관관계분석을 하였다.

1. 시간변인

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찌어차기 전 동작 및 국면별 소요시간을 분석한 결과는 <표 3>과 같다. 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 총 소요시간은 평균 $.906 \pm .108$ 초였으며, 가장 적은 소요시간을 보인 국면은 제 3국면인 타격국면으로 평균 $.049 \pm .016$ 초를 보였다. 또한 반응시간을 나타내는 제 1국면은 모든 국면에서 평균 $.256 \pm .091$ 초로서 최고점까지 스윙국면의 평균 $.344 \pm .025$ 초(38.04%)보다 더 적은 시간을 소요하였다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 총 소요시간은 평균 $.922 \pm .019$ 초였으며, 가장 적은 소요시간을 보인 국면은 제 3국면인 타격국면으로 평균 $.033 \pm .000$ 초를 보였다. 또한 반응시간을 나타내는 제 1국면은 모든 국면에서 평균 $.267 \pm .033$ 초로서 최고점까지 스윙국면의 평균 $.333 \pm .000$ 초(36.15%)보다 더 적은 시간을 소요하였다.

무릎편유형과 무릎구부린유형 사이 각 국면 및 전체소요시간의 경우 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형보다 전체 소요시간에서 평균 $.016$ 초 더 지연되었고, 이러한 차이는 반응국면(제 1국면)과 훔로스루국면(제 4국면)에서 더 많은 시간을 지연한 것으로 나타났다.

표 3. 찍어차기 유형에 따른 국면별 평균소요시간 (frame, sec, %)

구분	체급	RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)	Total
무릎 편유형	Fin	18(0.3)	19(0.317)	2(0.033)	15(0.25)	54(0.9)
	Bantam	19(0.317)	21(0.35)	4(0.066)	17(0.284)	61(1.017)
	Welter	9(0.15)	22(0.367)	3(0.05)	14(0.233)	48(0.8)
M±SD	15.33±5.50 (0.256±0.091)	20.67±1.52 (0.344±0.025)	3.00±1.00 (0.049±0.016)	15.33±1.52 (0.255±0.025)	54.33±6.50 (0.906±0.108)	
비율		28.22	38.04	5.52	28.22	100.00
무릎 구부린유형	Fin	16(0.267)	20(0.333)	2(0.033)	16(0.267)	54(0.900)
	Bantam	14(0.233)	20(0.334)	2(0.033)	20(0.333)	56(0.933)
	Welter	18(0.300)	20(0.333)	2(0.034)	16(0.266)	56(0.933)
M±SD	16±2.00 (0.267±0.033)	20±.00 (0.333±.000)	2±.00 (0.033±.000)	17.33±2.30 (0.288±0.038)	55.33±1.15 (0.922±0.019)	
비율		28.92	36.15	3.61	31.32	100.00
t-값		-.197	.756	1.732	-1.251	-.262

2. 선운동변인

1) 신체중심의 변위

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 각 방향(X,Y,Z)에서 신체중심의 변위를 분석한 결과는 <표 4> 및 <그림 3>, <그림 4>와 같다.

그림에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 동작이 이루어진 양상은 각 국면이 진행됨에 따라 서로 비슷한 양상을 보였다. 전체적으로 두 유형 모두 좌우방향(X)에서 신체중심 변위는 모든 국면이 진행됨에 따라서 주목할 만한 변화는 없었다. 모든 국면에서 가장 큰 값을 보인 경우는 진행방향(Y)에서 반응국면부터 타격직후까지 변화를 보인 후 헬로스루 국면 이후에는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 즉 제 2국면에서부터 큰 값으로 증가하는 양상을 보이다가 타격국면이후 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 상하방향(Z)의 경우 진행방향의 경우와 달리 제 2국면에서 다소의 증가를 보인 후 타격 국면 이후에는 다시 감소하는 양상을 보였다.

<표 4>에서 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 신체중심의 진행방향(Y)으로 총 변위는 평균 41.12cm를 보였고, 가장 많은 변위를 보인 국면은 최고점까지 스윙 국면에서 타격직전국면(제2국면)으로 평균 26.87cm의 변위를 보였다. 신체중심의 수직 변위는 타격국면에서 평균 110.67 ± 3.80 cm 로서 준비국면에서보다 신체중심의 높이가 평균 17.67cm 더 높은 위치를 유지하였으나, 신체중심의 좌우측으로의 변위(X)는 모든 국면이 진행되어가는 동안 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 신체중심의 진행방향(Y)으로 총 변위는 평균 46.28cm를 보였고, 가장 많은 변위를 보인 국면은 최고점까지 스윙국면에서 타격직전국면(제 2국면)으로 평균 28.67cm의 변위를 보였다. 신체중심의 수직 변위는 타격국면에서 평균 108.78 ± 4.33 cm 로서 준비국면에서보다 신체중심의 높이가 평균 16.53cm 더 높은 위치를 유지하였으나, 신체중심의 좌우측으로의 변위(X)는 모든 국면이 진행되어가는 동안 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

이러한 두 가지 유형의 찍어차기의 진행방향(Y)에서 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형보다 평균 6.13cm 더 긴 신체중심의 이동을 보인 결과 $p < .05$ ($t = -2.989$)수준에서 유의한 차이를 보였다. 또한 무릎구부린유형의 경우가 훔로스루 국면에서 4.4cm 더 긴 결과를 보여 $p < .01$ ($t = -3.332$), 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

두 유형의 찍어차기를 정리하면 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형의 경우에 비하여 진행방향으로의 신체중심의 전체 변위는 평균 5.16cm 더 길었고, 준비국면에 비하여 제 2 국면에서의 신체중심의 최고점 높이(Z)는 무릎편유형의 경우 평균 12.28cm 증가하였고, 무릎구부린유형의 경우 평균 11.98cm가 증가하였다. 두 유형간의 차이는 무릎편유형의 경우가 평균 0.30cm 더 높았던 것으로 나타났고, 이 결과는 통계적으로 유의한 차이가 없음을 뿐 아니라 찍어차기 기술에서 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 그러나 진행방향에서(Y) 무릎구부린유형의 경우는 무릎편유형의 경우에 비하여 진행방향으로의 신체중심변위를 많이 보여 찍어차기의 각 국면이 진행되어가는 동안 전진하면서 이루어졌다. 반면 무릎편유형의 경우는 무릎구부린유형의 경우보다 신체중심의 수직높이를 더 높임으로써 찍어차기가 상하 방향으로 이루어져 진행방향으로의 변위(Y)가 더 적은 것으로 나타났다.

표 4. 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체 중심의 변위 (cm)

구분	체급	RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)	
무릎 편유형	Fin	X	44.59±0.26	43.84±0.11	44.04±0.07	45.66±1.28
		Y	73.22±4.05	99.35±9.59	111.90±0.18	113.76±1.13
		Z	88.94±0.95	100.34±4.16	102.30±0.33	94.99±5.34
	Bantam	X	46.09±0.23	48.68±1.68	50.93±0.20	53.06±0.96
		Y	46.83±4.53	74.89±11.07	89.74±0.49	92.35±0.92
		Z	96.31±0.90	105.52±5.84	110.93±0.99	101.47±4.90
	Welter	X	37.02±0.08	40.06±1.73	41.74±0.13	43.08±1.16
		Y	58.06±3.78	81.20±10.18	95.77±0.49	94.25±1.28
		Z	94.67±1.11	107.37±5.91	113.64±0.26	106.05±5.82
M±SD	X	43.75±3.47	44.07±3.82	46.67±4.66	47.70±4.48	
	Y	58.82±12.89	85.69±14.07	94.93±7.53	99.94±9.87	
	Z	93±3.57	104.98±5.80	110.67±3.80	100.26±6.70	
무릎 구부린 유형	Fin	X	41.66±0.42	41.33±0.56	41.72±0.04	43.28±1.36
		Y	65.44±4.10	90.16±9.66	104.48±0.66	108.21±2.05
		Z	88.25±0.86	99.47±5.42	103.66±0.37	95.98±5.55
	Bantam	X	49.28±0.41	50.74±1.29	52.67±0.18	54.67±0.93
		Y	54.76±4.49	81.81±10.92	96.47±0.53	101.42±2.31
		Z	94.77±1.21	106.32±5.62	110.1±0.34	102.45±5.61
	Welter	X	43.81±0.32	43.48±0.21	43.88±0.12	45.41±0.81
		Y	54.08±7.13	85.5±11.19	101.33±0.62	103.56±1.03
		Z	93.85±0.67	106.2±6.15	112.99±0.09	105.39±6.75
M±SD	X	44.69±2.81	45.22±4.16	46.13±5.23	48.4±5.23	
	Y	58.06±7.56	86.73±12.22	101.06±3.65	104.34±3.35	
	Z	92.25±3.01	104.53±6.15	108.78±4.33	100.92±6.89	
t-값	X	-1.537	-1.434	.205	-.704	
	Y	.160	.160	-2.989*	-3.332**	
	Z	1.313	.981	.865	-1.134	

★: p<.05, ★★: p<.01

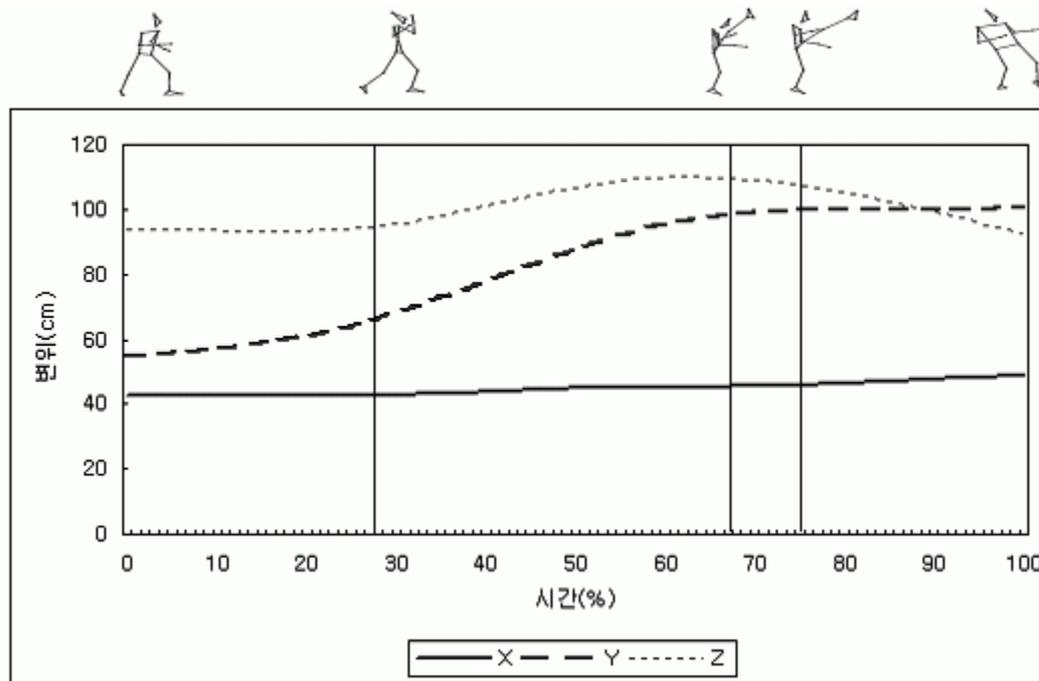


그림 3. 무릎편유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심의 변위

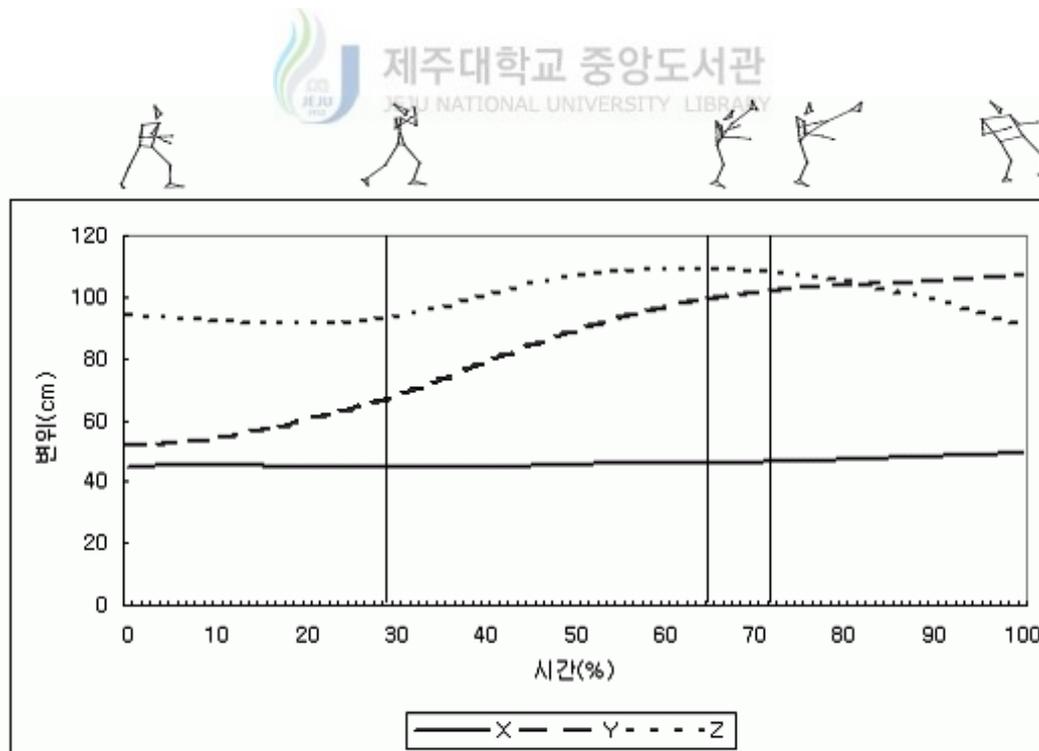


그림 4. 무릎구부린유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심의 변위

2) 신체중심의 속도

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 짝어차기 전 동작 및 국면별 각 방향(X,Y,Z)에서 신체중심의 속도를 분석한 결과는 <표 5> 및 <그림 5, 6>과 같다.

그림에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 동작이 이루어진 양상은 각 국면이 진행됨에 따라 서로 비슷한 양상을 보였다. 전체적으로 두 유형 모두 좌우방향(X)에서 신체중심 속도는 모든 국면이 진행됨에 따라서 주목할 만한 변화는 없었다. 모든 국면에서 가장 큰 값을 보인 경우는 진행방향(Y)에서 반응국면에서부터 타격직후까지 변화를 보인 후 훔로스루 국면 이후에는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 즉 제 2국면에서 최고값을 보인 후 타격 국면에 접어들면서 큰 값으로 감소한 것으로 나타났다. 상하방향(Z)의 경우 진행방향의 경우와 달리 제 2국면에서 급격한 증가를 보인 후 타격 국면 이후에는 부정(-)으로 증가하는 양상을 보였다.

표에서 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 신체중심의 진행방향(Y)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 평균 $87.1 \pm 28.35 \text{cm/s}$ 였고, 그 다음 큰 국면은 반응국면인 제 1국면에서 평균 $47.87 \pm 33.34 \text{cm/s}$ 로 나타났다. 그 후 타격국면과 훔로스루 국면에서는 진행방향의 속도 값이 급격히 감소하였다. 최고높이로 들어올리는 국면인 제 2국면에서 신체중심의 수직 속도 값(Z)은 평균 $40.29 \pm 31.57 \text{cm/s}$ 로서 정적(+인 높은 속도의 값을 보이다가 타격직후부터 훔로스루 국면까지는 부정(-)으로 큰 속도의 값을 보였다. 즉 하지를 최고높이로 들어올리는 스윙과정(제2 국면)에서 나타난 속도 값은 정적(+인 가속도 값을 보였지만 타격 후 하지가 지면으로 내려오면서 속도가 감소하였음을 알 수 있다. 신체중심 좌우방향속도(X)는 준비국면에서는 거의 변화없는 안정된 값을 보였고, 하지가 최고 높이로 올라가는 제 2국면에서부터 훔로스루 국면까지 큰 변화 없는 일정한 안정된 값을 보였다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 신체중심의 진행방향(Y)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 평균 $95.84 \pm 40.07 \text{cm/s}$ 였고, 그 다음 큰 국면은 반응국면인 제 1국면에서 평균 $59.40 \pm 29.66 \text{cm/s}$ 로 나타났다. 타격국면과 훔로스루 국면에서는 점차 감소하는 값을 보였다. 최고높이로 들어올리는 국면인 제 2국면에서 신체중심의 수직 속도 값(Z)은 평균 $45.87 \pm 36.50 \text{cm/s}$ 로서 정적(+인 높은 속도의 값을 보이다가 타격직후부터 훔로스루 국면까지는 부정(-)으로 큰 속도의 값을 보였다. 즉 하지를 최고높이로 들어올리는 과정에서 나타난 속도 값은 정적(+인 가속도 값을 보였지만 타격 후 하지가 지면으로 내려오면서 속도가 크게 감소하였음을 알 수

있다. 신체중심 좌우방향속도(X)는 준비국면에서는 거의 변화없는 안정된 값을 보였고, 하지가 최고 높이로 올라가는 제 2국면에서부터 훔로스루 국면까지 일관된 안정된 값을 보였다.

이러한 두 가지 유형의 찍어차기의 진행방향(Y)에서 가장 큰 속도의 값을 보인 최고높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)에서 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형보다 평균 8.74cm/s 더 빠른 결과를 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 대신 좌우(X)로 무릎편유형이 무릎구부린유형보다 평균 3.59cm/s 더 큰 움직임을 보여 다소 불안정한 자세를 취하였다. 타격국면인 제 3국면에서 진행방향(Y)으로 신체중심의 속도는 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 평균 15.53cm/s 더 큰 값을 보여, $p < .001 (t = -4.896)$ 에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 역시 훔로스루 국면에서 마찬가지로 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형의 경우보다 평균 15.93cm/s 더 큰 값을 보여, 역시 $p < .001 (t = -4.576)$ 에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

표 5. 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 평균 신체 중심 속도 (cm/s)

구분		RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)	
무릎 편유형	Fin	X	-2.93±3.31	0.11±3.52	6.04±0.55	15.39±5.90
		Y	44.2±39.71	86.23±29.01	16.04±7.04	9.65±13.69
		Z	7.45±28.09	33.37±40.01	-27.6±2.38	-62.75±16.99
	Bantam	X	-1.16±2.82	13.14±7.42	7.96±1.76	6.94±12.44
		Y	44.25±30.12	92.54±32.40	19.52±2.87	15.9±18.97
		Z	-2.99±13.29	43.12±27.30	-36.68±13.7	-56.33±4.95
Welter	X	-0.03±2.99	12.32±10.61	5.68±0.92	14.03±8.96	
	Y	76.64±6.87	83.39±21.73	21.76±11.83	-9.85±18.09	
	Z	19.72±21.55	45.27±24.72	-12.34±8.58	-73.89±27.19	
M±SD	X	-1.78±3.19	8.85±9.72	7.24±1.66	12.14±10.44	
	Y	47.87±33.34	87.1±28.35	17.88±6.45	5.45±20.49	
	Z	2.76±19.95	40.29±31.57	-30.05±15.01	-65.67±17.94	
무릎 구부린 유형	Fin	X	-2.23±7.14	2.07±6.98	-1.82±1.25	13.86±6.84
		Y	42.14±37.08	89.65±19.61	39.47±8.66	22.68±7.47
		Z	-0.23±21.93	42.99±36.30	-22.13±4.43	-61.95±17.88
	Bantam	X	-2.18±6.61	10.83±4.18	10.5±2.16	7±8.3
		Y	61.13±19.12	97.55±31.90	32.45±2.20	26.94±16.69
		Z	-5.54±28.27	43.79±42.60	-20.07±0.93	-52.71±18.10
	Welter	X	-2.80±5.09	1.96±1.99	7.18±2.34	8.52±4.39
		Y	73.48±21.10	100.41±26.40	37.17±6.57	14.88±9.29
		Z	3.42±19.08	51.68±27.48	-5.07±5.85	-75.20±38.92
	M±SD	X	-2.42±8.88	5.26±6.24	6.24±6.07	9.72±7.39
		Y	59.4±29.66	95.84±40.07	33.41±3.87	21.38±13.26
		Z	0.43±22.85	45.87±36.50	-17.62±8.00	-65±26.07
t-값	X	.781	2.757**	.467*	1.224	
	Y	-1.262	-1.786	-4.896***	-4.576***	
	Z	1.327	-1.006	-1.717	-.302	

★: p<.05, ★★: p<.01, ★★★: p<.001

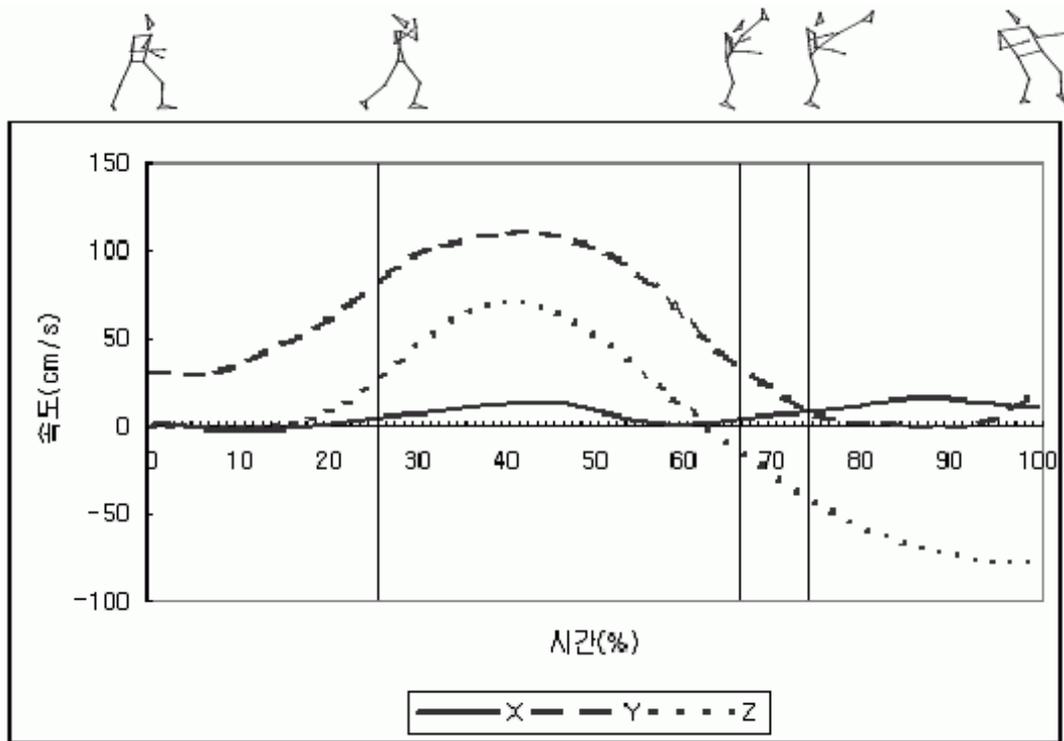


그림 5. 무릎편유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심 속도

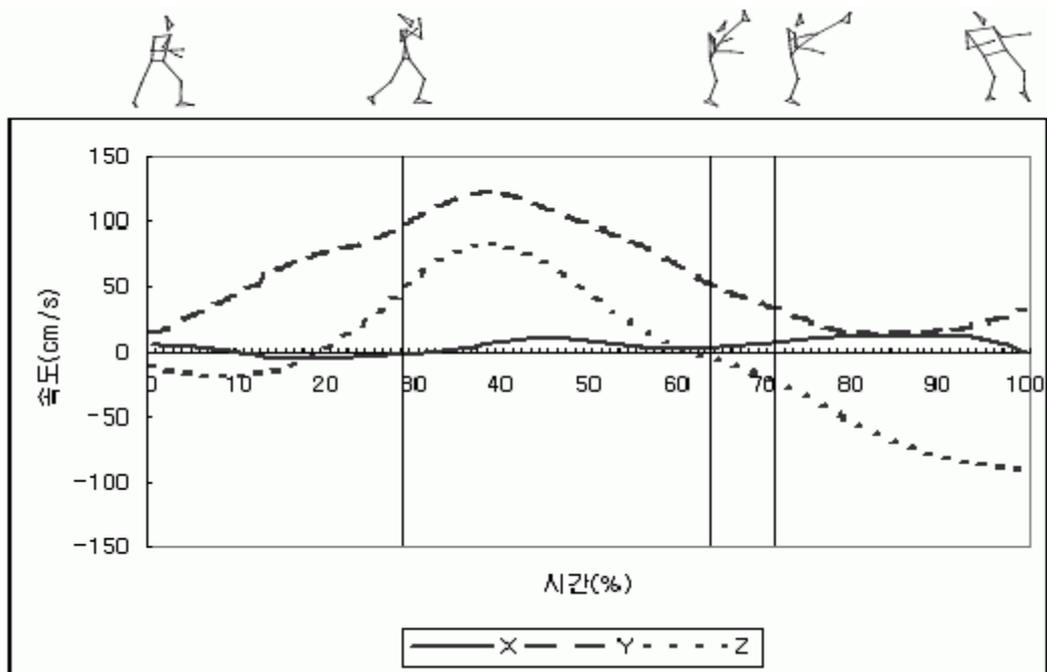


그림 6. 무릎구부린유형의 각 방향(X, Y, Z)에서 국면별 신체 중심 속도

3) 진행방향(Y)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 진행방향(Y)에서 차는 하지의 대퇴, 하퇴, 발의 평균속도를 분석한 결과는 <표 6> 및 <그림 7, 8>과 같다.

그림에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 동작이 이루어진 양상은 각 국면이 진행됨에 따라 서로 비슷한 양상을 보였다. 전체적으로 두 유형 모두 타격국면(제 3국면)직전에 하지를 최대 높여 올리는 준비국면(제 2국면) 전반기에서 발-하퇴-대퇴의 순으로 큰 속도의 값을 보였고, 타격이 이루어진 직후 두 유형 모두 발-하퇴-대퇴의 크기 순으로 작은 정점을 이루는 쌍곡점을 이룬 후 역시 부적(-)으로 발-하퇴-대퇴의 순으로 큰 속도 값을 보이면서 훔로스루 동작이 이루어졌다. 즉 진행방향에서 찍어차기가 이루어지는 가운데 타격직전과 타격직후에 크기에서 다소 차이를 보이는 두개의 쌍곡점을 보였고, 모든 국면에서 하지분절의 속도 값은 발-하퇴-대퇴의 크기로 나타난 바, 분절 간 운동량의 전이가 근위단에서 원위단으로 제대로 이루어진 것으로 나타났다.

표에서 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 진행방향(Y)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 타격국면(제 3국면)으로 대퇴의 평균 $150.87 \pm 27.96 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $316.12 \pm 55.54 \text{cm/s}$, 발의 평균 $442.63 \pm 100.94 \text{cm/s}$ 로 나타났고, 그 다음 큰 값을 보인 국면은 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 나타났다. 가장 중요한 타격국면에서 찍어차기가 진행방향으로 진행될수록 하지의 각 분절이 근위단 분절에서 원위단 분절로 값의 크기가 대퇴에 비하여 하퇴의 경우 209%, 대퇴에 비해 발의 경우 293%의 속도가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 무릎편유형으로 찍어차기를 하는 과정에서 국면의 진행에 따른 근위분절에서 원위분절로 운동량의 전이가 적절히 이루어져서 타격에 영향을 미칠 수 있는 차기동작임을 알 수 있다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 진행방향(Y)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 대퇴의 평균 $151.47 \pm 113.55 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $303.54 \pm 198.12 \text{cm/s}$, 발의 평균 $439.33 \pm 230.13 \text{cm/s}$ 로 나타났고, 그 다음 큰 값을 보인 국면은 타격국면인 제 3국면으로서 대퇴의 평균 $188.04 \pm 25.19 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $289.34 \pm 47.24 \text{cm/s}$, 발의 평균 $303.99 \pm 40.40 \text{cm/s}$ 로 나타났다. 이러한 결과를 분석하면 무릎편유형의 경우와는 정 반대의 속도변화를 보였다. 즉 제 2국면에서 타격국면(제 3국면으로) 진행하는 동안 대퇴의 경우 24%의 속도증가를 보였지만 하퇴의 경우 오히려 찍어차기가 진행될수록 타격국면에서 4.7%의 속도가 감소하였고, 발의

경우 31%가 감소하는 현상을 보였다. 무릎구부린 유형의 경우 무릎편 유형과 달리 동작이 진행될수록 진행방향으로의 근위분절에서 원위분절로 운동량의 전달이 제대로 이루어지지 못하여 적절한 타격력을 발휘하지 못하는 결과를 보였다.

진행방향에서 두 유형의 찍어차기를 분석한 결과 가장 중요한 타격국면에서 무릎편 유형의 경우는 제 2국면에서 제 3국면으로 진행하는 동안 하지 각 분절의 속도값이 크게 증가하여 타격에 큰 영향을 주고, 신체 근위분절에서 원위분절로의 운동량이 적절히 전달되어 타격시 발의 속도 값이 가장 크게 나타났다. 반면, 무릎구부린 유형의 경우 제 2국면에서 하지의 각 분절의 값이 타격국면으로 진행되어 가는 과정에서 속도의 값이 손실되어 적절한 타격에 영향을 주지 못한 결과를 보였다. 또한 신체 근위분절에서 원위분절로의 운동량전달이 제대로 이루어지지 못하여 타격과정에서 적절한 타격이 이루어지지 못한 결과를 보였다. 두 유형의 타격국면에서 대퇴의 경우 $p < .05 (t = -2.619)$ 로 무릎구부린 유형의 경우가 큰 속도의 값을 보였고, 발의 경우 $p < .01 (t = 3.061)$ 로 무릎편 유형의 경우가 더 큰 값을 보여 통계적으로 유의한 차이를 보였다.



표 6. 진행방향(Y)에서 오른쪽 하지 분절의 국면별 평균속도 (cm/s)

구분		RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)	
무릎 편 유형	Fin	대퇴	79.96±102.23	156.94±105.42	189.50±3.58	46.8±98.39
		하퇴	70.27±128.48	300.11±227.39	293.95±34.01	217.40±245.55
		발	27.00±63.91	443.51±375.31	339.98±68.82	-87.00±374.96
	Bantam	대퇴	86.78±91.24	148.00±124.88	130.11±19.41	47.49±78.66
		하퇴	57.80±104.47	256.76±339.90	313.24±66.71	-6.81±203.26
		발	7.92±80.61	355.55±536.69	488.11±99.93	-84.44±294.59
	Welter	대퇴	96.72±82.30	226.56±303.42	334.74±63.68	-19.27±257.74
		하퇴	137.43±68.05	115.62±96.67	152.78±14.01	62.22±55.84
		발	12.90±53.39	331.64±477.37	450.42±92.96	-144.93±409.74
M±SD	대퇴	93.31±92.80	139.25±109.25	150.87±27.96	51.75±78.50	
	하퇴	70.58±109.50	259.33±292.81	316.12±55.54	-14.05±229.50	
	발	16.33±68.67	374.02±465.54	442.63±100.94	-103.68±351.94	
무릎 구부린 유형	Fin	대퇴	60.49±69.34	154.63±120.89	214.34±7.15	68.16±101.39
		하퇴	38.08±78.35	307.61±178.30	302.67±30.22	-3.73±230.73
		발	0.52±29.21	444.31±237.66	288.31±68.06	-87.17±347.08
	Bantam	대퇴	111.49±92.55	152.38±117.25	158.87±1.98	61.39±64.56
		하퇴	83.45±123.29	302.27±224.32	233.55±6.43	9.70±148.25
		발	26.11±81.43	437.68±262.23	273.65±39.61	-56.31±207.02
	Welter	대퇴	73.31±97.54	300.75±199.37	331.79±4.57	-25.20±201.50
		하퇴	106.91±76.15	147.41±107.92	190.91±4.08	56.39±71.13
		발	18.52±53.08	436.00±197.91	349.81±42.81	-117.49±322.56
M±SD	대퇴	92.75±81.00	151.47±113.55	188.04±25.19	61.93±78.02	
	하퇴	64.55±100.10	303.54±198.12	289.34±47.24	-5.13±189.74	
	발	14.75±57.07	439.33±230.13	303.99±40.40	-84.63±287.50	
t-값	대퇴	.032	-.606	-2.619*	-.643	
	하퇴	.287	-.974	.968	-.211	
	발	.126	-.977	13.03***	-.295	

★: p<.05, ★★: p<.01, ★★★: p<.001

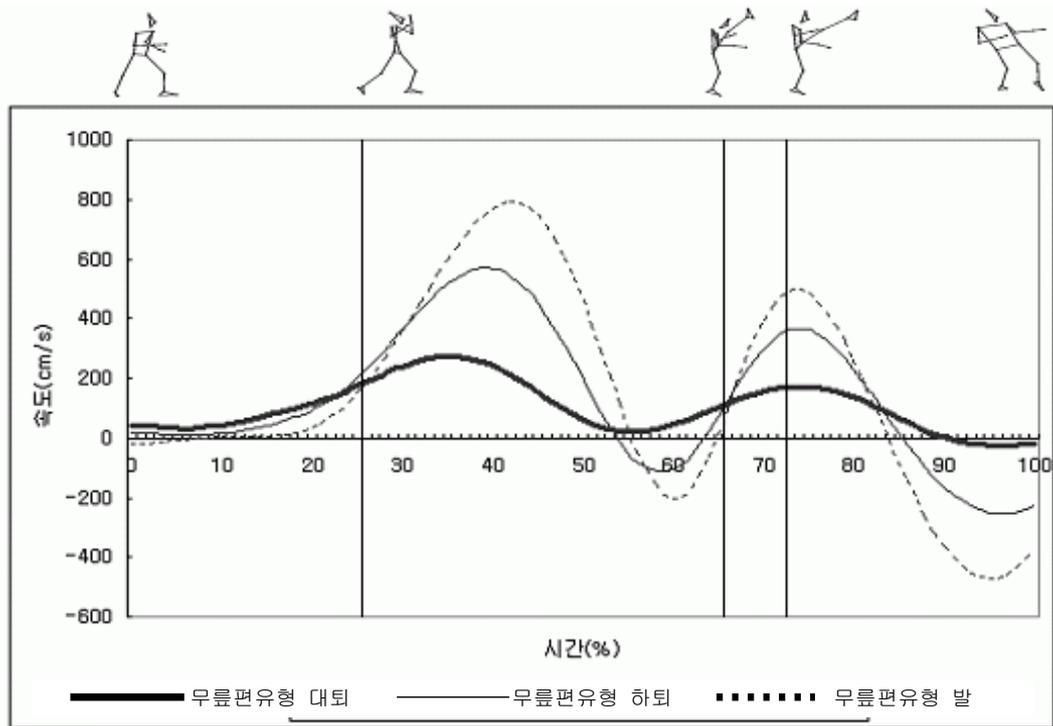


그림 7. 무릎편유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 속도

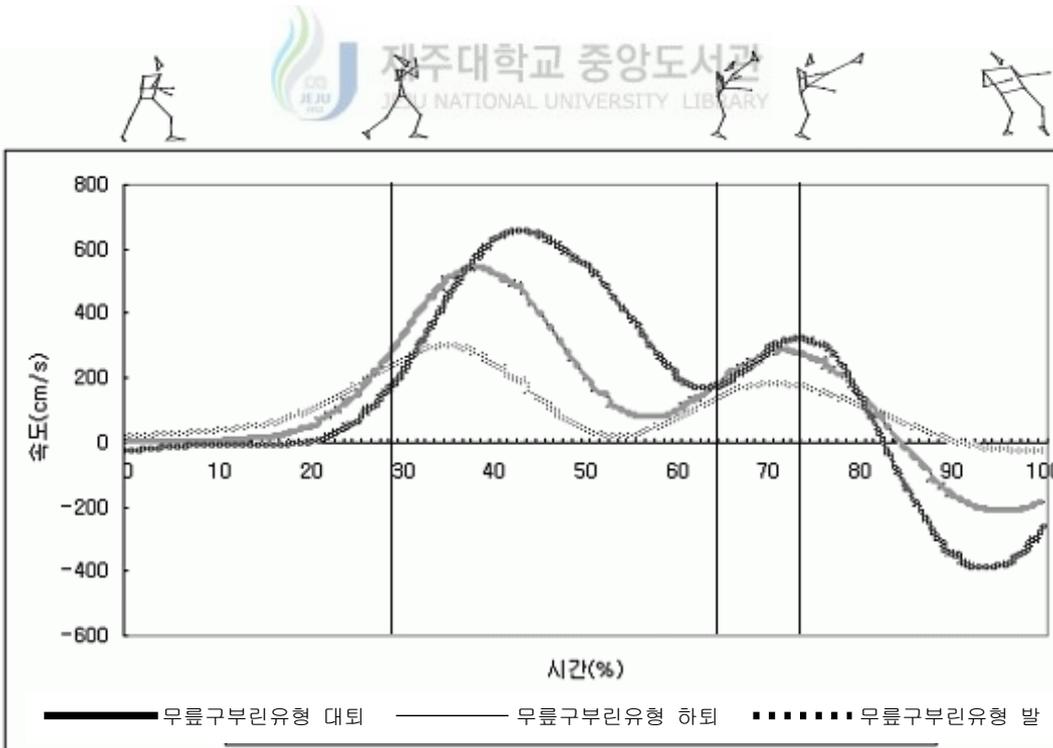


그림 8. 무릎구부린유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 평균속도

4) 수직방향(Z)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 상하방향(Z)에서 차는 하지의 대퇴, 하퇴, 발의 평균속도를 분석한 결과는 <표 7> 및 <그림 9, 10>과 같다.

그림에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 동작이 이루어진 양상은 각 국면이 진행됨에 따라 서로 비슷한 양상을 보였다. 타격국면(제 3국면)직전에 하지를 최대 높여 올리는 준비국면(제 2국면) 후반기에서 발-하퇴-대퇴의 순으로 큰 속도의 값을 보였고, 타격이 이루어진 직후 두 유형 모두 역시 부적(-)으로 발-하퇴-대퇴의 순으로 큰 속도값을 보이면서 훔로스루 동작이 이루어졌다.

표에서 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 상하방향(Z)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 타격국면(제 3국면)이전인 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 나타났다. 제 2국면에서 대퇴의 경우 평균 $149.53 \pm 98.91 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $351.06 \pm 226.34 \text{cm/s}$, 발의 평균 $485.17 \pm 367.53 \text{cm/s}$ 로 나타났고, 타격국면에서는 모든 하지분절이 부적(-)으로 큰 값을 보였다. 즉 최고 정점까지 하지가 올라간 다음 타격을 가하는 시점 직후부터 감소하는 경향을 보였다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 각분절의 운동량 전이율에서 대퇴에서 하퇴로 전이량은 234%, 대퇴에서 발로의 전이량은 324%로 나타났다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 근위분절에서 원위분절로의 적절한 운동량의 전이율을 보였고, 타격 후에는 전과 마찬가지로 부적(-)으로 발-하퇴-대퇴의 크기 순으로 속도 값을 유지한 것으로 나타났다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 상하방향(Z)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 타격국면(제 3국면)이전인 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 나타났다. 제 2국면에서 대퇴의 경우 평균 $156.96 \pm 128.67 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $349.13 \pm 185.79 \text{cm/s}$, 발의 평균 $472.96 \pm 278.67 \text{cm/s}$ 로 나타났고, 타격국면에서는 모든 하지분절이 부적(-)으로 큰 값을 보였다. 즉 최고 정점까지 하지가 올라간 다음 타격을 가하는 시점 직후부터 감소하는 경향을 보였다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 각분절의 운동량 전이율에서 대퇴에서 하퇴로 전이량은 222%, 대퇴에서 발로의 전이량은 301%로 발-하퇴-대퇴의 순으로 큰 값을 보였다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 근위분절에서 원위분절로의 적절한 운동량의 전이율을 보였고, 타격 후에는 전과 마찬가지로 부적(-)으로 발-하퇴-대퇴의 크기 순으로 속도 값을 유지한 것으로 나타났다.

표 7. 오른쪽 하지 분절의 국면별 Z방향(상하) 평균 속도 (cm/s)

구분		RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)
무릎	대퇴	-0.94±23.06	137.41±124.19	-41.19±8.37	-135.57±42.30
	Fin 하퇴	4.52±28.16	313.78±219.64	-186.76±57.57	-382.47±106.06
	발	30.43±54.74	428.19±368.71	-317.54±98.26	-563.99±192.63
무릎 편	대퇴	-14.02±16.06	144.45±95.04	-28.92±21.93	-127.28±29.01
	Bantam 하퇴	2.64±13.03	348.52±246.23	-151.60±103.54	-374.25±72.71
	발	25.26±33.48	489.92±393.81	-297.30±201.21	-541.73±152.18
무릎 유형	대퇴	-11.17±19.08	141.75±88.38	-52.23±23.91	-170.70±41.05
	Welter 하퇴	12.94±17.56	327.38±248.26	-173.39±104.78	-451.18±96.69
	발	33.61±41.21	452.89±376.56	-273.91±172.43	-651.57±205.95
M±SD	대퇴	-11.51±19.36	149.53±98.91	-45.56±19.09	-148.61±36.39
	하퇴	5.47±20.91	351.06±226.34	-195.71±67.74	-409.28±92.50
	발	28.96±43.55	485.17±367.53	-346.60±121.32	-590.36±188.25
무릎 구부 린유 형	대퇴	-19.66±11.95	144.13±132.55	-49.08±6.48	-138.90±39.96
	Fin 하퇴	-5.37±14.63	322.56±179.84	-102.42±105.34	-372.33±115.47
	발	19.82±42.13	439.91±275.33	-94.54±223.32	-542.69±205.31
무릎 구부 린유 형	대퇴	-19.01±15.79	150.67±123.83	-2.89±6.32	-119.93±65.27
	Bantam 하퇴	1.36±17.04	345.43±208.51	-71.85±74.24	-330.14±82.11
	발	31.71±43.48	470.22±312.97	-154.46±196.01	-471.29±112.61
무릎 구부 린유 형	대퇴	-14.05±19.06	156.29±136.48	-54.25±4.37	-154.50±49.11
	Welter 하퇴	6.96±20.05	337.36±195.27	-122.31±87.62	-396.09±100.11
	발	28.41±55.03	462.15±264.77	-155.79±218.62	-573.01±192.16
M±SD	대퇴	-17.37±15.90	156.96±128.67	-36.03±28.50	-142.20±49.89
	하퇴	1.20±17.93	349.13±185.79	-144.18±53.87	-373.79±93.81
	발	26.51±47.03	472.96±278.67	-244.04±110.51	-535.37±172.39
t-값	대퇴	1.659	-.358	.781	-.718
	하퇴	1.097	.052	-1.558	-1.881
	발	.270	.206	-1.659	-1.509

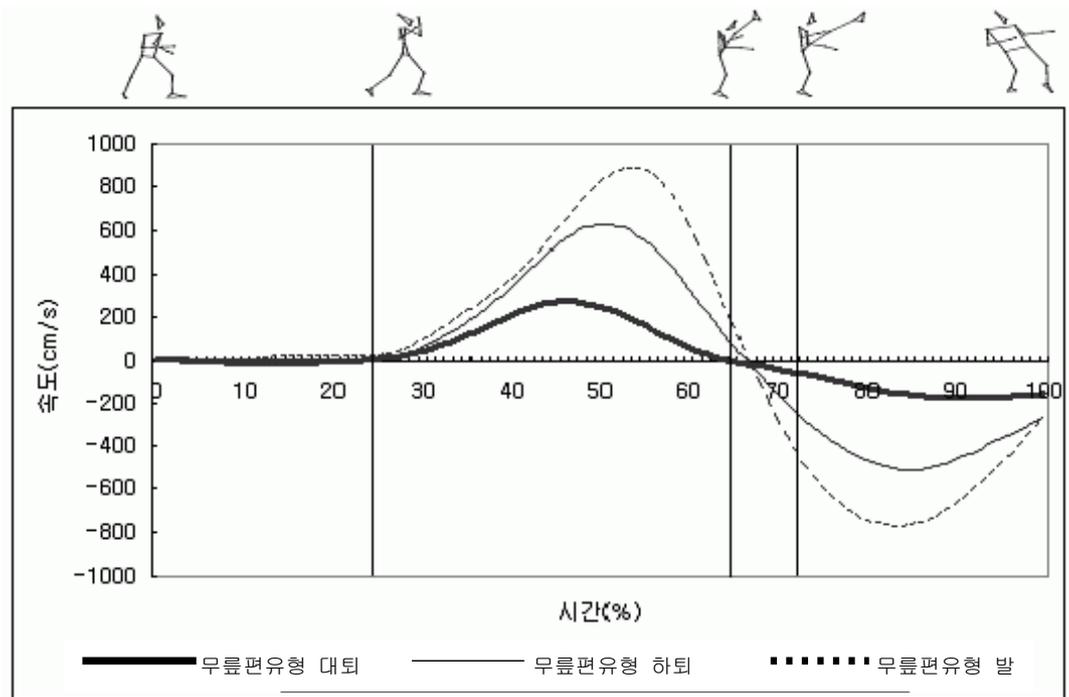


그림 9. 무릎편유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 Z방향(상하) 평균 속도

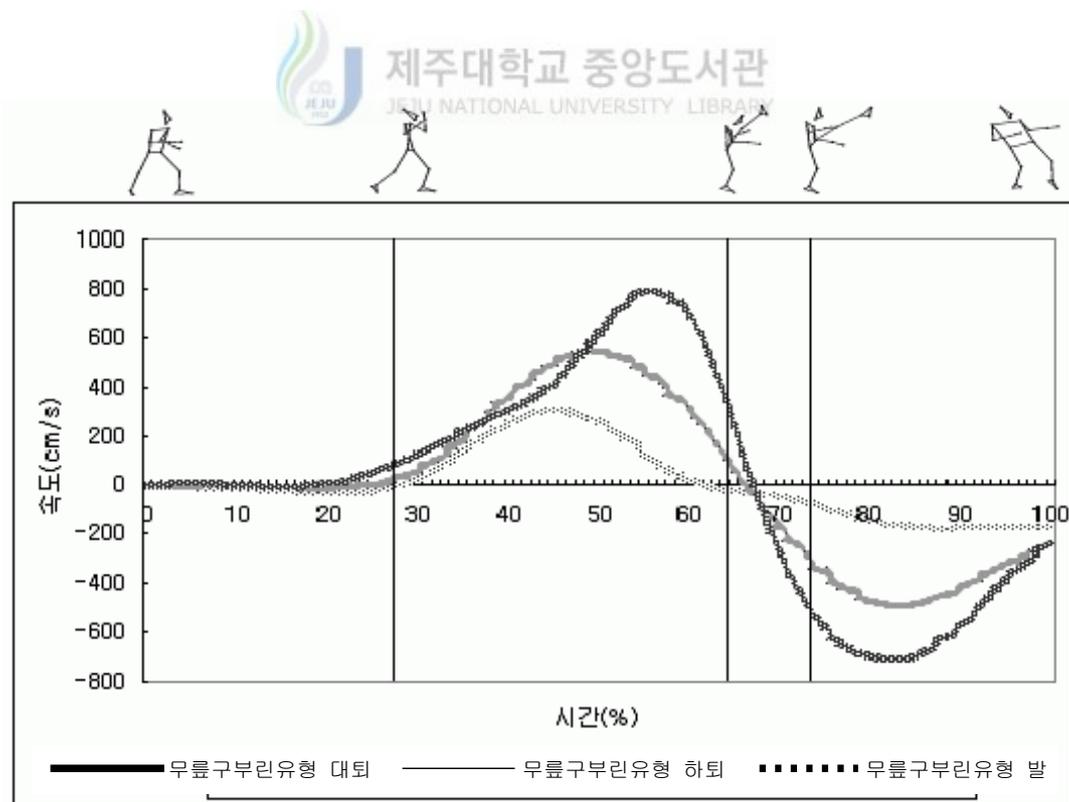


그림 10. 무릎구부린유형의 오른쪽 하지 분절의 국면별 Z방향(상하) 평균속도

3. 각운동 변인

1) 동체의 전후 및 좌우 경각

모든 체급에서 무릎편유형과 구부린 자세의 찍어차기 전 동작 및 국면별 동체의 전후 및 좌우 경각을 분석한 결과는 <표 8> 및 <그림 11, 12>과 같다. 본 연구에서 전후경각의 정의는 피험자가 찍어차기를 하는 동안 피험자의 측면에서 보았을 때 앞-뒤의 동체경사각을 의미하고, 좌우경각은 피험자의 전면에서 보았을 때 피험자가 찍어차기를 하는 동안 좌우로 기울어지는 각도를 의미한다.

무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 동체의 전후경각이 가장 큰 국면은 타격국면에서 평균 22.97 ± 2.47 도, 그 다음 국면은 하지를 최고 높이로 올리는 스윙국면(제2 국면)에서 평균 15.43 ± 9.38 도의 동체 전후 기울기각을 보였고, 준비국면이나 타격이 완료된 시점인 훔로스루 국면에서는 동체의 전후경각은 거의 수직에 가까운 자세를 유지하였다. 좌우경각의 경우 반응국면인 제 1국면과 타격이 완료한 훔로스루 국면(제 4국면)에서 각각 하지를 들어올리는 과정과 타격 후 다시 착지하는 과정에서 동체의 불안정한 기울기각을 보였으나, 타격에 영향을 미치는 하지를 최고로 들어올리는 제 2국면과 타격이 가해지는 제 3 국면에서는 거의 동체의 좌우 흔들림이 없는 자세를 보였다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 동체의 전후경각이 가장 큰 국면은 타격국면에서 평균 20.93 ± 8.46 도, 그 다음 국면은 하지를 최고 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)에서 평균 18.70 ± 10.92 도의 동체 전후 기울기각을 보였고, 준비국면이나 타격이 완료된 시점인 훔로스루 국면에서는 동체의 전후경각은 거의 수직에 가까운 자세를 유지하였다. 좌우경각의 경우 반응국면인 제 1국면의 평균 -17.48 ± 9.81 도(동체의 좌측방향)와 타격이 완료한 훔로스루 국면(제 4국면)에서 평균 -22.92 ± 17.27 도(동체의 좌측방향)의 동체 흔들림을 보였지만, 타격에 영향을 미치는 하지를 최고로 들어올리는 제 2국면과 타격이 가해지는 제 3국면에서는 거의 동체의 좌우 흔들림이 없는 자세를 보였다.

이러한 두 가지 유형의 찍어차기시 동체의 전후경각과 좌우경각을 전 과정동안 비교하면 모든 국면에서 전후 및 좌우경각에서 통계적으로 유의한 차이를 보인 경우는 없었다. 그러나 전후경각이 가장 크게 나타난 국면인 타격국면에서 무릎편유형의 경우 무릎구부린유형의 경우보다 2.04도 더 전후 경각을 보였고, 하지를 최고로 들어올리는 국면인 제 2국면에서 무릎구부린유형의 경우가 3.27도 더 큰 전후경각을 보였다.

좌우경각의 준비국면에서부터 훔로스루 국면까지 무릎편유형의 경우와 무릎구부린유형의

경우 타격국면을 제외하면 거의 비슷한 정도의 동체 기울기가 있었지만, 타격국면의 경우는 무릎구부린 유형의 경우가 4.25도 더 기울기를 보였다.

표 8. 국면별 상체의 전후 및 좌우 경각의 평균 백터 각 (deg)

구분		RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)	
무릎 편 유형	Fin	전후경각	4.19±2.94	13.49±3.36	5.87±0.60	9.30±3.73
		좌우경각	-14.94±5.68	16.41±23.94	27.89±2.91	-12.39±20.58
	Bantam	전후경각	2.03±4.52	17.68±10.13	22.14±2.48	-0.41±11.12
		좌우경각	-20.52±8.55	-16.77±9.05	-10.79±3.64	-34.79±7.87
	Welter	전후경각	1.47±3.83	13.82±11.63	25.23±0.22	17.04±7.72
		좌우경각	-20.18±9.77	2.95±19.27	18.29±5.60	-10.14±11.35
M±SD		전후경각	2.77±3.97	15.43±9.38	22.97±2.47	7.60±10.90
		좌우경각	-18.56±7.99	2.44±22.17	0.24±15.38	-22.63±15.40
구부린 유형	Fin	전후경각	3.10±1.50	14.83±4.14	11.10±0.84	10.76±1.60
		좌우경각	-18.87±2.68	12.65±23.67	30.36±2.91	-7.85±21.67
	Bantam	전후경각	6.60±4.05	27.79±8.91	30.05±1.66	4.14±13.97
		좌우경각	-25.85±8.14	-21.68±7.56	-20.58±0.23	-35.30±8.63
	Welter	전후경각	0.79±4.41	11.80±11.21	22.58±0.73	12.83±8.89
		좌우경각	-9.64±9.21	-2.97±15.38	6.65±2.95	-18.06±11.09
M±SD		전후경각	3.26±4.24	18.70±10.92	20.93±8.46	8.19±10.27
		좌우경각	-17.48±9.81	-2.74±21.55	4.49±22.25	-22.92±17.27
t-값	전후경각	-.602	-1.771	.611	-.272	
	좌우경각	-.597	1.311	-.406	.085	

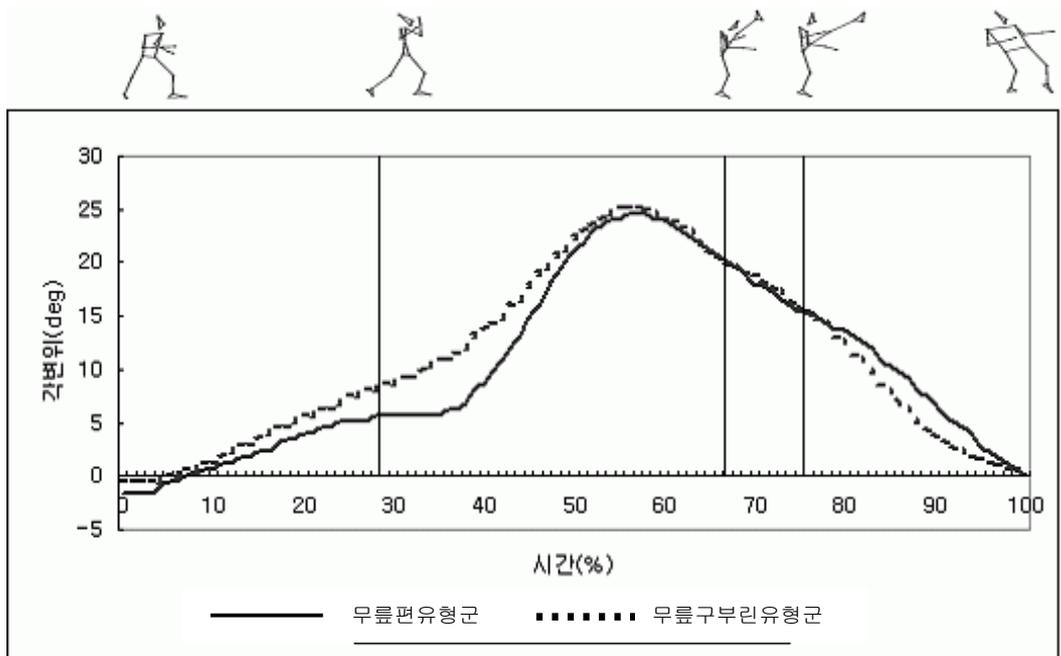


그림 11. 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 전후경각

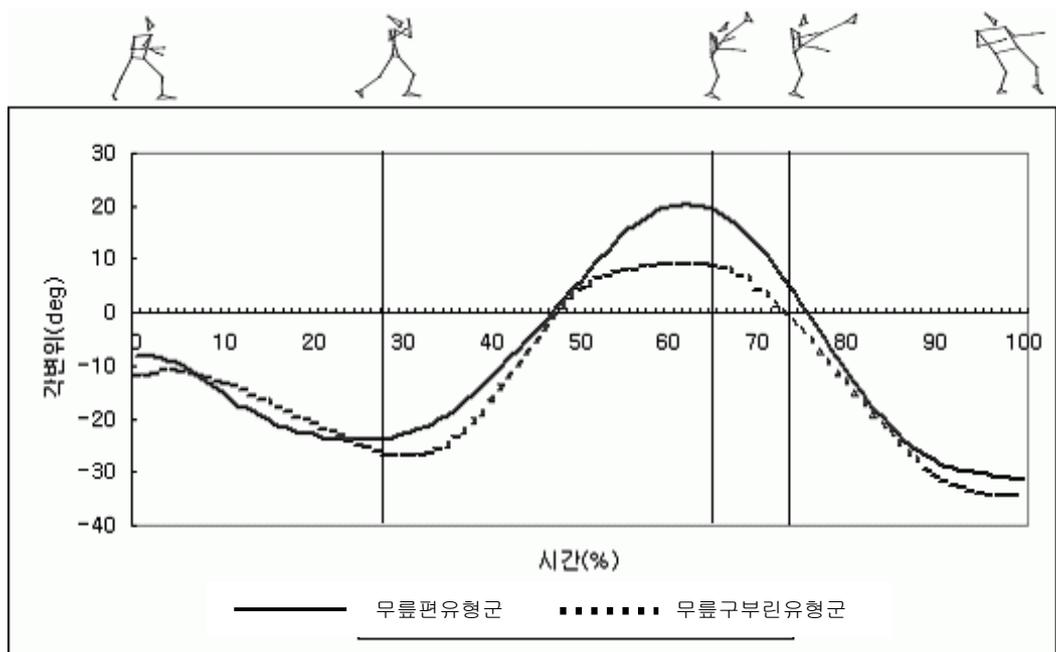


그림 12. 무릎편유형과 무릎구부린유형의 국면별 평균 좌우경각

2) 하지관절의 상대각도(고관절, 무릎관절, 발목관절)

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 짝어차기 전 동작 및 국면별 하지관절의 고관절, 무릎관절, 발목관절의 상대각도를 분석하여 두 유형의 짝어차기 시 분절의 굴곡신전에 따른 운동학적 차이를 정리한 결과는 <표 9> 및 <그림 13, 14>과 같다.

무릎편유형의 경우 고관절에서 준비자세에서 평균 161.12 ± 5.06 도에서 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제2국면의 평균 109.95 ± 48.59 도, 타격국면에서 평균 58.05 ± 16.75 도, 훔로스루 국면에서 평균 134.95 ± 31.34 도를 보였다. 즉 준비국면에서 완전한 신전자세를 취하지 않은 상태에서 시작하여 타격국면에서는 거의 완전한 정도의 굴곡된 자세를 보이다가 훔로스루 국면에서 다시 신전되어가는 양상을 보였다. 무릎의 경우 준비자세에서 평균 170.54 ± 9.66 도로 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제2국면의 평균 139.59 ± 25.03 도, 타격국면에서 평균 168.85 ± 2.12 도, 훔로스루 국면에서 평균 160.23 ± 11.95 도를 보였다. 즉 준비국면에서 거의 완전한 신전자세를 취한 상태에서 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제2국면에서 다소 신전자세를 유지하지 못하고 굴곡된 자세를 취하다가 다시 타격국면에서 신전된 자세를 취하는 양상을 보였다. 타격국면 이후 훔로스루 국면에서는 다시 굴곡되어 가는 자세를 보였다. 발목의 경우 준비자세에서 평균 101.11 ± 6.02 도로 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제 2국면의 평균 138.8 ± 8.16 도, 타격국면에서 평균 146.63 ± 5.57 도, 훔로스루 국면에서 평균 142.26 ± 10.55 도를 보였다. 즉 준비국면에서 시작하여 타격국면 및 훔로스루 국면까지 경과하는 동안 발의 저축굴곡이 더 크게 진행되었음을 알 수 있다.

무릎구부린유형의 경우 고관절에서 준비자세에서 평균 160.44 ± 5.21 도에서 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제 2국면의 평균 100.85 ± 50.91 도, 타격국면에서 평균 63.96 ± 6.76 도, 훔로스루 국면에서 평균 133.29 ± 29.87 도를 보였다. 즉 무릎편유형과 마찬가지로 준비국면에서 완전한 신전자세를 취하지 않은 상태에서 시작하여 타격국면에서는 거의 완전한 정도의 굴곡된 자세를 보이다가 훔로스루 국면에서 다시 신전되어가는 양상을 보였다. 무릎의 경우 준비자세에서 평균 169.94 ± 7.47 도로 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제 2국면의 평균 106.85 ± 27.48 도, 타격국면에서 평균 170.51 ± 1.63 도, 훔로스루 국면에서 평균 155.88 ± 15.34 도를 보였다. 즉 준비국면에서 거의 완전한 신전자세를 취한 상태에서 시작하여 하지 최고 높이올리기 국면인 제 2국면에서 완전한 굴곡자세를 취하지 않고, 무릎편유형의 경우보다 평균 32.74 도 더 굴곡된 자세를 유지하다가 다시 타격국면에서 다시 신전된 자세를 취하는 양상을 보였다. 타격국면 이후 훔로스루 국면에서는 다시 굴곡되어 가는 자세를 보였다. 발목의 경우 준비자세에서 평균 99.47 ± 3.78 도로 시작하여 하지 최고 높이올리기 국

면인 제 2국면의 평균 122.84 ± 14.74 도, 타격국면에서 평균 141.87 ± 2.91 도, 훔로스루 국면에서 평균 140.46 ± 12.78 도를 보였다. 즉 준비국면에서 시작하여 타격국면에서 크게 저축굴곡이 진행된 상황에서 이루어 졌고, 그 이후 훔로스루 국면까지 경과하는 동안 발의 저축굴곡이 더 크게 진행되었음을 알 수 있다.

이상 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 발의 고관절, 무릎관절 및 발목관절의 각 국면별 각변위의 결과를 정리하면 하지 최고 높이올리기 국면인 제 2국면에서 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 평균 32.74도 더 굴곡된 자세를 보여 $p < .001 (t = 6.882)$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 반면 제 2국면에서 무릎편유형으로 찍어차기 시 무릎이 완전히 신전되지 않은 채 평균 약 140도를 이루어 타격국면에서 평균 약 168도의 신전된 자세로 이루어졌다. 그 외 두 자세 간 각 국면에서 비슷한 양상으로 차기동작이 이루어 졌고, 통계적으로 차이를 보인 경우는 없었다.



표 9. 오른쪽 하지 관절의 국면별 평균 각변위 (deg)

구분		RE-TO (제1국면)	TO-TE (제2국면)	TE-TK (제3국면)	TK-TD (제4국면)	
무릎 편유형	고관절	156.56±3.37	106.89±43.18	76.38±7.01	143.63±23.46	
	Fin	무릎	164.90±10.06	118.45±29.44	171.10±0.16	169.34±8.11
		발목	102.17±7.90	133.59±8.32	144.10±2.55	139.70±9.23
	Bantam	고관절	162.66±3.59	118.74±44.86	63.11±7.19	139.22±33.16
		무릎	175.06±7.53	144.84±18.84	168.28±2.03	150.46±7.43
		발목	102.34±3.24	114.28±8.20	142.70±2.42	132.76±5.66
	Welter	고관절	166.73±1.56	104.21±56.78	39.08±9.67	120.46±33.44
		무릎	172.22±7.76	152.83±11.11	168.10±2.28	162.33±11.42
		발목	96.65±4.27	113.80±15.77	153.55±1.77	153.26±1.31
M±SD	고관절	161.12±5.06	109.95±48.59	58.05±16.75	134.95±31.34	
	무릎	170.54±9.66	139.59±25.03	168.85±2.12	160.23±11.95	
	발목	101.11±6.02	120.03±14.52	146.63±5.57	141.26±10.55	
무릎 구부린 유형	고관절	160.92±1.10	106.36±50.17	64.28±7.83	144.45±28.92	
	Fin	무릎	166.14±4.58	104.77±29.34	170.56±2.39	164.61±9.84
		발목	99.49±3.74	138.80±8.16	139.73±2.33	140.34±10.30
	Bantam	고관절	154.16±2.92	107.05±47.70	68.56±4.41	134.85±34.35
		무릎	172.69±9.39	113.37±25.81	170.54±1.15	142.96±12.25
		발목	101.05±3.36	115.91±10.34	141.13±1.54	130.43±9.65
	Welter	고관절	164.95±3.61	89.15±55.14	59.05±7.56	133.29±29.87
		무릎	171.16±6.81	102.40±27.35	170.43±2.49	163.29±12.30
		발목	98.21±3.83	113.80±9.82	144.77±2.73	153.10±5.19
M±SD	고관절	160.44±5.21	100.85±50.91	63.96±6.76	137.32±31.17	
	무릎	169.94±7.47	106.85±27.48	170.51±1.63	155.88±15.34	
	발목	99.47±3.78	122.84±14.74	141.87±2.91	140.46±12.78	
t-값	고관절	.667	1.010	-.813	-.376	
	무릎	.351	6.882 ^{***}	-1.619	1.551	
	발목	1.636	-1.060	1.906	.337	

***: p<.001

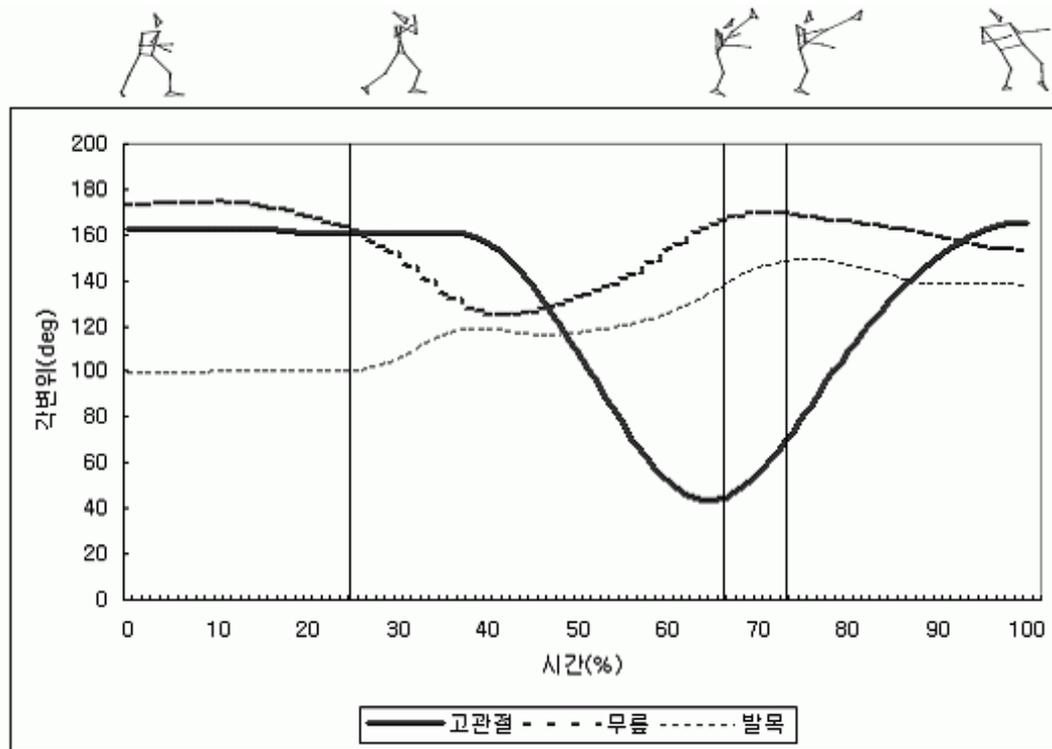


그림 13. 무릎편유형의 오른쪽 하지 관절에서의 국면별 평균 각변위

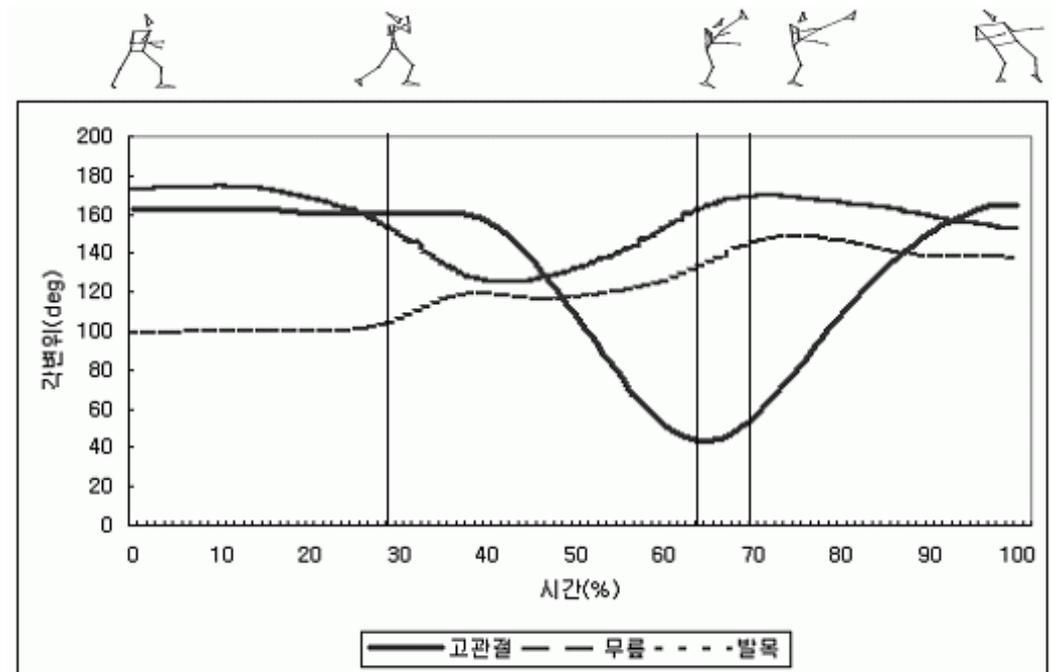


그림 14. 무릎구부린유형의 오른쪽 하지 관절에서의 국면별 평균 각변위

4. 찍어차기 유형에 따른 변인 간 상호관계

찍어차기 유형간의 운동학적 변인간의 상호관계를 분석하기 위해 정리한 결과는 <표 10>과 같다. 변인간의 상호관계를 알아보기 위해 설정한 변인은 (1)반응시간(RT), (2)전체동작소요시간(T_{tot}), (3)타격직전 신체 중심높이(H_{cog}), (4) 타격직전 진행방향 중심변위(D_{cog} , 제2국면에서 1국면의 값을 뺀 값), (5)진행방향(Y)의 전체중심변위(R_{cog} , 제4국면에서 1국면의 값을 뺀 값), (6)진행방향(Y)의 반응속도(V_{YRV}), (7)진행방향(Y) 타격속도(V_{imp}), (8)제2국면동체전후 경각($\theta_{Trunk\ F-P}$, θ_{t1}), (9) 타격소요시간(T_{imp}), (10)제2국면 고관절각(θ_{H2}), (11) 제2국면 무릎관절각(θ_{K2}), (12) 제2국면 발목관절각(θ_{A2}) (13)상하방향(Z) 제2국면 대퇴속도(Tz), (14)상하방향(Z) 제2국면 하퇴속도(Sz), (15)상하방향(Z) 제2국면 발속도(Fz), (16)진행방향(Y)의 제3국면 대퇴속도(Ty), (17)진행방향(Y) 제3국면 하퇴속도(Sy), (18)진행방향(Y) 제3국면 발속도(Fy)로 설정하였다. 설정된 변인은 찍어차기 동작에서 가장 중요한 타격국면에 영향을 미치는 변인으로 구성하였으며, 각 국면별의 변인을 중심으로 분석을 하였다.

무릎편유형의 경우 분석에 설정된 변인 중 반응시간(RT)과 진행방향(Y)의 반응속도(V_{YRV})와는 $r=-.99(p<.05)$, 진행방향(Y)의 제3국면 하퇴속도(Sy)와 $r=.99(p<.01)$ 로 나타난 바, 동작신호에 대한 반응시간이 빠를수록 반응속도는 높게 나타난 바, 반응시간이 빠를수록 더 나은 결과를 보였고, 타격국면의 진행방향 하퇴 속도와는 정적인 매우 높은 상관관계를 보였다. 즉 신호에 대한 반응시간이 타격시 하퇴의 속도에는 바람직한 영향을 미쳤다.

찍어차기 전체동작소요시간(T_{tot})과 진행방향(Y)의 전체중심변위(R_{cog})와는 $r=.99(p<.001)$ 로 매우 높은 정적인 상관관계를 보였다. 타격직전(제 2국면) 신체 중심높이(H_{cog})는 진행방향(Y) 타격속도(V_{imp})와 $r=.98(p<.05)$, 제2국면 무릎관절각(θ_{K2})과는 $r=.99(p<.01)$ 로 제 2국면에서 신체중심의 높이가 진행방향의 타격속도에 바람직한 영향을 미치고, 또한 제 2국면에서 무릎관절각도와 상호작용관계를 보였다.

타격직전 진행방향 중심변위(D_{cog})는 진행방향(Y)의 제 3국면 대퇴속도(Ty)와는 $r=-.99(p<.05)$ 로 준비자세에서 제 2국면까지 진행방향으로 중심변위가 클수록 타격시 대퇴 속도에는 부정적인 영향을 미쳤고, 신호에 대해 진행방향(Y)의 반응속도(V_{YRV})는 진행방향(Y)의 제 3국면 하퇴속도(Sy)와 $r=-.99(p<.05)$ 로서 반응속도가 느릴수록 타격시 하퇴의 속도에는 부정적인 영향을 미쳤다. 타격소요시간(T_{imp})과 제 2국면에서 상하방향(Z)의 하지3분절의 대퇴속도(Tz)와 $r=.99(p<.05)$, 상하방향(Z)의 하퇴속도(Sz)와 $r=.99(p<.05)$, 상하방향(Z)의 발속도(Fz)와 $r=.99(p<.05)$ 의 높은 상관관계를 보였다. 즉 제 3국면에서 타격소요시간은 제

2국면의 준비국면에서 하지분절의 상하속도(Z)와 비례하는 관계를 보인 바, 타격소요시간을 줄이기 위해서는 제 2국면의 하지 3분절의 상하속도를 크게하는 것이 바람직하다. 상하방향(Z)의 제 2국면 하퇴속도(Sz)는 상하방향(Z)의 제 2국면 발속도(Fz)와 $r=.99(p<.01)$ 로 나타난 바, 타격이전국면에서 하퇴의 상하속도가 클수록 발의 상하속도 역시 비례하여 증가한다는 경우는 곧 국면이 진행할수록 근위분절에서 원위분절로 운동량의 전이가 적절히 이루어지고 있음을 알 수 있다.

상하방향(Z)의 제 2국면 대퇴속도(Tz)와 진행방향(Y)의 제 3국면 발속도(Fy)와 $r=.98(p<.05)$ 로 나타난 바, 역시 준비국면에서 대퇴의 상하 운동량이 타격국면 진행방향으로 전이가 되었음을 알 수 있다.

무릎구부린유형의 경우 분석에 설정된 변인 중 찍어차기 전체동작소요시간(T_{tot})과 타격직전(제2국면) 신체 중심높이(H_{cog})는 $r=.99(p<.001)$, 제 2국면 발목관절각(θ_{A2})과는 $r=-.99(p<.01)$ 의 관계를 보였다. 신체중심을 높이 유지할수록 전체동작소요시간은 지연되었고, 또한 타격시 발목을 저축굴곡시킴으로써 차기발이 전방으로 더 나아가 결국 전체동작소요시간은 더 지연된 것으로 나타났다. 이 관계는 타격직전(제 2국면) 신체 중심높이(H_{cog})는 제 2국면 발목관절각(θ_{A2})와 $r=-.99(p<.01)$ 로 나타난 결과와 일치하는 양상을 가진다.

진행방향(Y)의 전체중심변위(R_{cog})와 진행방향(Y)의 반응속도(V_{YRV})는 $r=.99(p<.01)$, 상하방향(Z)의 제 2국면 대퇴속도(Tz)와는 $r=.99(p<.05)$, 그리고 진행방향(Y) 제 3국면 하퇴속도(Sy)와는 $r=-.99(p<.01)$ 의 관계를 보인바, 진행방향의 반응속도가 느릴수록 진행방향의 전체 중심변위가 길어지고, 타격시 하퇴의 속도에는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 타격시 하퇴의 진행방향 속도를 크게하기 위해서는 반응속도를 빠르게하고, 제 2국면에서 대퇴의 상하방향 속도를 높이는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

제 2국면의 고관절각(θ_{H2})과 진행방향(Y)의 제 3국면 발속도(Fy)와는 $r=-.98(p<.01)$ 로서 준비국면에서 고관절의 각도가 충분히 굴곡되지 못한채 타격이 시작된 결과 타격국면에서 진행방향의 발속도가 감소하는 결과를 보였다. 즉 충분한 굴곡을 한 후 타격국면에서 타격을 할 필요가 있다. 제 2국면 무릎관절각(θ_{K2})이 제2국면 하퇴속도(Sz)와 $r=-.99(p<.01)$, 상하방향(Z) 제 2국면 발속도(Fz)와는 $r=-9.8(p<.05)$ 의 관계를 보였다. 즉 준비국면에서 무릎관절각도가 충분히 굴곡되지 못한 결과 준비국면의 하퇴와 발의 상하방향 속도는 감소하는 경향을 보였다. 즉 무릎구부린유형에서 준비국면에서 하퇴 및 발의 상하속도를 높이기 위해서는 충분히 무릎이 굴곡된 자세를 취하는 것이 필요하다.

이상 찍어차기 두 유형에서 영상분석결과 추출된 시간변인, 운동학적 변인, 각운동변인에 대한 상호관련성을 알아보기 위해 상관관계를 분석하였다. 그 결과 다음과 같이 요약하였다.

무릎편유형의 경우 동작신호에 대한 반응시간이 빠를수록 반응속도는 높게 나타난 바, 동작신호에 대한 반응시간이 타격시 하퇴 및 발의 속도에는 바람직한 영향을 미쳤다.

전체동작소요시간과 진행방향(Y)의 전체중심변위는 매우 높은 정적인 상관관계를 보였고, 타격직전 제 2국면에서 신체 중심높이(H_{cog})는 진행방향(Y) 타격속도에 바람직한 영향을 미쳤다.

준비자세에서 제 2국면까지 진행방향(Y)으로 중심변위가 클수록 타격시 대퇴속도에는 부정적인 영향을 미쳤고, 반응속도가 느릴수록 타격시 하퇴의 속도에는 부정적인 영향을 미쳤다.

제 3국면에서 타격소요시간은 제 2국면의 준비국면에서 하지분절의 상하속도(Z)와 비례하는 관계를 보인 바, 타격소요시간을 줄이기 위해서는 제 2국면의 하지 3분절의 상하속도를 크게하는 것이 바람직하고, 타격 이전국면에서 하퇴의 상하속도가 발의 속도와 비례하는 결과는 국면이 진행할수록 근위분절에서 원위분절로 운동량의 전이가 적절히 이루어졌음을 알 수 있다.

무릎구부린유형의 경우 제 2국면에서 신체중심을 높이 유지할수록 전체 동작 소요시간은 지연되었고, 또한 타격 시 발목을 저축굴곡시킴으로써 차기발이 전방으로 더 나아가 결국 전체 동작 소요시간은 더 지연된 것으로 나타났다.

진행방향의 반응속도가 느릴수록 진행방향의 전체 중심변위가 길어지고, 타격 시 하퇴의 속도에는 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 타격 시 하퇴의 진행방향 속도를 크게 하기 위해서는 반응속도를 빠르게 하고, 제 2국면에서 대퇴의 상하방향 속도를 높이는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

제 2국면에서 충분한 굴곡을 한 후 타격국면에서 타격을 할 필요가 있다. 즉 준비국면에서 무릎관절각도가 충분히 굴곡되지 못한 결과 준비국면의 하퇴와 발의 상하방향 속도는 감소하는 경향을 보였다. 즉 무릎구부린유형에서 준비국면에서 하퇴 및 발의 상하속도를 높이기 위해서는 충분히 무릎이 굴곡된 자세를 취하는 것이 필요하다.

두 유형의 찍어차기 시 변인 간 상호관계를 종합 정리하면 무릎편유형의 경우 반응시간이 빠를수록 타격 시 하퇴와 발의 속도를 증가시킴으로써 강한 차기가 가능했고, 준비국면에서 신체중심이 높을수록 진행방향으로 타격 속도에 바람직한 영향을 미쳤다. 준비국면에서 하퇴와 발의 상하속도가 비례하여 증가한 결과는 국면이 진행함에 따라 근위분절에서 원위

분절로 적절한 타이밍을 이루면서 운동량이 전이되었다.

무릎구부린 유형의 경우 전체 동작 소요시간을 줄이기 위해 준비국면에서 신체중심 높이를 더 낮추고, 진행방향의 반응속도를 더 빠르게 하여 타격 시 하퇴 및 발의 속도를 빠르게 하는 것이 필요하다. 준비국면에서 무릎을 충분히 굴곡시킨 자세를 취함으로써 하퇴 및 발의 상하속도를 높여 더 큰 타격을 가할 수 있었다.



표 10. 찍어차기 유형별 변인간의 상관관계

구분	RT	T _{tot}	H _{ccg}	D _{ccg}	R _{ccg}	V _{YRV}	V _{imp}	θ _{t1}	T _{imp}	θ _{H2}	θ _{K2}	θ _{A2}	Tz	Sz	Fz	Ty	Sy	Fy
X1	.88	-.63	.95	.89	-.99*	-.73	.51	.07	.71	-.60	.43	-.04	.21	.20	-.98	.99**		-.18
X2		-.20	.98	.99***	-.84	-.34	.85	.52	.95	-.17	-.02	.42	.63	.63	-.96	.89		.28
X3			-.37	-.21	.70	.98*	.33	.72	.09	.99**	-.97	.79	.61	.62	.47	.62		.87
X4				.98	-.92	-.49	.75	.37	.99	-.34	.14	.26	.49	.49	-.99*	.95		.12
X5					-.84	-.35	.84	.51	.95	-.18	-.01	.41	.63	.62	-.96	.89		.28
X6						.79	-.43	.01	-.64	.68	-.51	.13	-.12	-.11	.95	-.99*		.27
X7							.19	.61	-.04	.98	-.92	.70	.50	.50	.59	-.72		.79
X8								.99	.97	.36	-.54	.83	.94	.94	-.67	.53		.74
X9									.75	.74	-.86	.99*	.99*	.99*	-.26	.09		.96
X10										.12	-.32	.67	.83	.83	-.83	.72		.56
X11											-.97	.81	.64	.65	.44	-.59		.89
X12													-.91	-.78	-.79	-.25	.42	-.96
X13														.96	.96	-.15	-.02	.98**
X14															.99**	-.39	.23	.92
X15																-.39	.22	.92
X16																	-.98	-.00
X17																		-.16
X1	-.00	-.02	.63	.41	-.38	.66	-.94	.86	-.87	.41	-.06	.45	-.35	-.26	.97	-.34		.93
X2		.99***	.76	.90	.92	-.75	.33	.50	-.47	-.91	-.99**	.88	.93	.96	.20	-.93		.33
X3			.75	.90	.91	-.76	.35	.48	-.45	-.92	-.99**	.87	.94	.97	.18	-.93		.32
X4				.96	.95	-.15	-.34	.94	-.92	-.44	-.81	.97	.49	.57	.78	-.94		.86
X5					.99**	-.40	.09	-.81	-.79	-.66	-.93	.99*	.70	.77	.59	-.99**		.69
X6						-.43	-.05	.79	-.77	-.68	-.94	.99**	.72	.78	.56	-.99		.67
X7							-.87	.19	-.22	.95	.69	-.36	-.93	-.89	.49	.47		.36
X8								-.64	.67	-.68	-.26	-.13	.64	.56	-.85	.01		-.77
X9									.99	-.10	-.56	.84	.16	.26	.94	-.77		.98
X10										.07	.53	-.82	-.13	-.22	.95	.74		-.98**
X11											.88	-.62	-.99**	-.98*	.20	.71		.07
X12													-.91	-.90	-.94	-.27	.96	-.40
X13														.67	.73	.63	-.99	.73
X14															.99**	-.15	-.75	-.01
X15																-.05	-.81	.08
X16																	-.53	.99*
X17																		-.64

★: p<.05 , ★★: p<.01 , ★★★: p<.001

V. 논 의

본 연구는 태권도 찌어차기의 무릎편유형과 무릎구부린유형의 두 유형을 운동학적 비교 분석 후 차이를 규명한 뒤 경기력 향상에 활용할 수 있는 지도지침을 제시하는 데 있다. 이를 위해 찌어차기의 두 유형에 숙련이 된 국가대표급 수준의 핀급, 반탐급, 웰터급 3명의 선수를 대상으로 3차원 영상분석을 실시하였다. 분석은 두 유형의 시간변인, 신체중심의 운동학적 변인, 차기발의 대퇴, 하퇴, 발의 운동학적 변인 및 타격에 영향을 미치는 변인간의 상관관계분석을 하였다.

1. 시간변인

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찌어차기에서 전 동작 및 국면별 소요시간을 분석한 결과는 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 총 소요시간은 평균 $.906 \pm .108$ 초였으며, 무릎구부린유형의 경우 총 소요시간은 평균 $.922 \pm .019$ 초였다.

두 유형의 자세에서 각 국면 및 전체소요시간에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 전체 소요시간에서 평균 $.016$ 초 더 지연되었고, 이 차이는 반응국면(제 1국면)과 훔로스루국면(제 4국면)에서 많은 시간을 지연한 것으로 나타났다. 그러나 반응국면(제 1국면)에서 타격국면(제 3국면)까지는 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 시간이 단축되었다.

타격은 신체의 움직이는 부분이 어떤 물체에 순간적으로 접촉하는 운동으로서 가장 중요한 요인은 짧은 시간에 치는 힘을 목표에 집중시키는 것이다. 즉 파워를 높이는 방법으로서 타격에서는 운동량의 효과를 크게하여야 하며(이금세, 1982), 이는 운동량은 $P=mv$ 이므로 속도 v 를 크게하고 짧은 시간에 타격을 가하는 것이 최후의 운동량을 크게 하는 방법이다.

이러한 결과는 성낙준(1984)의 한발 지지한 채 찌어차기와 점핑찌어차기의 운동학적 비교분석결과와 비교하면 찌어차기의 총 소요시간은 평균 $.986 \pm .058$ 초, 점핑 찌어차기의 총 소요시간은 평균 1.015 ± 0.039 초로, 타격시간의 경우 찌어차기에서 평균 0.619 ± 0.011 초, 점핑찌어차기의 경우 평균 0.618 ± 0.025 초로 나타났다. 조동희(2003)의 대학선수들의 찌어차기에 대한 운동학적 분석의 경우 제 1국면에서 제 3국면까지 0.6 ± 0.03 초로 나타났다.

2. 선운동변인

1) 신체중심의 변위

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 짚어차기 전 동작 및 국면별 각 방향(X,Y,Z)에서 신체중심의 변위를 분석한 결과, 무릎편유형의 경우 준비국면에서 헬로스루 국면까지 신체중심의 진행방향(Y)으로 총 변위는 평균 41.12cm를 보였고, 가장 많은 변위를 보인 국면은 타격직전국면(제 2국면)으로 평균 26.87cm 였다. 무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 헬로스루 국면까지 신체중심의 진행방향(Y)으로 총 변위는 평균 46.28cm를 보였고, 가장 많은 변위를 보인 국면은 역시 타격직전국면(제 2국면)으로 평균 28.67cm의 변위를 보였다. 이의 차이는 $p < .05$ 수준에서 유의한 차이를 보였으며, 무릎구부린유형의 경우 헬로스루 국면에서 4.4cm 더 긴 결과를 보여 $p < .01$ 에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉 무릎구부린유형은 무릎편유형에 비하여 진행방향(Y)으로의 신체중심변위가 더 많아서 각 국면이 진행되어가는 동안 진행방향으로 나아가면서 이루어졌다. 반면 무릎편유형은 무릎구부린유형보다 신체중심의 수직높이를 더 높임으로써 짚어차기가 상하방향으로 이루어져 진행방향으로의 변위(Y)가 더 적은 대신 타격은 더 강하게 이루어졌음을 알 수 있다.



2) 신체중심의 속도

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 짚어차기 전 동작 및 국면별 각 방향(X,Y,Z)에서 신체중심의 속도를 분석한 결과, 두 가지 유형의 짚어차기의 진행방향(Y)에서 가장 큰 속도의 값을 보인 최고높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)에서 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형보다 평균 8.74cm/s 더 빠른 결과를 보였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 대신 좌우(X)로 무릎편유형이 무릎구부린유형보다 평균 3.59cm/s 더 큰 움직임을 보여 다소 불안정한 자세를 취하였다. 타격국면인 제 3국면에서 진행방향(Y)으로 신체중심의 속도는 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 평균 15.53cm/s 더 큰 값을 보여, $p < .001$ 에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 역시 헬로스루 국면에서 마찬가지로 무릎구부린유형의 경우가 무릎편유형의 경우보다 평균 15.93cm/s 더 큰 값을 보여, 역시 $p < .001$ 에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

즉 무릎편유형의 경우 하지를 최고점으로 들어올리는 스윙국면(제 2국면)에서 무릎구부린유형의 경우보다 측면으로(X) 속도의 변화가 심하여 다소 불안정한 자세를 취하였고, 진행방향(Y)에서 타격국면과 헬로스루 국면이 무릎편유형보다 무릎구부린유형이 훨씬 더 빨리 완료되었다는 점에서 무릎편유형의 경우보다 더 빠르게 상대의 다음동작에 대비할 수 있을 것으로

로 사료된다.

3) 진행방향(Y)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 진행방향(Y)에서 차는 하지의 대퇴, 하퇴, 발의 평균속도를 분석한 결과 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 진행방향(Y)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 타격국면(제 3국면)으로 대퇴의 평균 $150.87 \pm 27.96 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $316.12 \pm 55.54 \text{cm/s}$, 발의 평균 $442.63 \pm 100.94 \text{cm/s}$ 로 나타났고, 그 다음 큰 값을 보인 국면은 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 나타났다. 가장 중요한 타격국면에서 찍어차기가 진행방향으로 진행될수록 하지의 각 분절이 근위단 분절에서 원위단 분절로 값의 크기가 대퇴에 비하여 하퇴의 경우 209%, 대퇴에 비해 발의 경우 293%의 속도가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 무릎편유형으로 찍어차기를 하는 과정에서 국면의 진행에 따른 근위분절에서 원위분절로 운동량의 전이가 적절히 이루어져서 타격에 영향을 미칠 수 있는 차기동작으로 사료된다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 진행방향(Y)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 스윙국면(제 2국면)으로 대퇴의 평균 $151.47 \pm 113.55 \text{cm/s}$, 하퇴의 평균 $303.54 \pm 198.12 \text{cm/s}$, 발의 평균 $439.33 \pm 230.13 \text{cm/s}$ 로 나타났고, 그 다음 큰 값을 보인 국면은 타격국면인 제 3국면으로 나타났다. 즉 제2국면에서 타격국면(제 3국면)으로 진행하는 동안 대퇴의 경우 24%의 속도증가를 보였지만 하퇴의 경우 오히려 찍어차기가 진행될수록 타격국면에서 4.7%의 속도가 감소하였고, 발의 경우 31%가 감소하는 현상을 보였다. 무릎구부린유형은 무릎편유형과 달리 동작이 진행될수록 진행방향으로의 근위분절에서 원위분절로 운동량의 전달이 제대로 이루어지지 못하여 적절한 타격력을 발휘하지 못하는 결과로 사료된다.

진행방향에서 두 유형의 찍어차기를 분석한 결과 가장 중요한 타격국면에서 무릎편유형의 경우는 제 2국면에서 제 3국면으로 진행하는 동안 하지 각 분절의 속도값이 크게 증가하여 타격에 큰 영향을 주고, 신체 근위분절에서 원위분절로의 운동량이 적절히 전달되어 타격시 발의 속도 값이 가장 크게 나타났다. 반면, 무릎구부린유형의 경우 제 2국면에서 하지의 각 분절의 값이 타격국면으로 진행되어 가는 과정에서 속도의 값이 손실되어 적절한 타격에 영향을 주지 못한 결과를 보였다. 운동량의 전이가 제대로 이루어지지 않은 것으로 사료된다.

4) 수직방향(Z)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 상하방향(Z)에서 차는 하지의 대퇴, 하퇴, 발의 평균속도를 분석한 결과 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 상하방향(Z)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 타격국면(제 3국면)이전인 발을 최대 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)으로 나타났다. 타격국면에서는 모든 하지분절이 부적(-)으로 큰 값을 보였다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 각 분절의 운동량 전이율에서 대퇴에서 하퇴로 전이량은 234%, 대퇴에서 발로의 전이량은 324%로 나타났다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 근위분절에서 원위분절로의 적절한 운동량의 전이율을 보였고, 타격 후는 전과 마찬가지로 부적(-)으로 발-하퇴-대퇴의 크기 순으로 속도값을 유지한 것으로 사료된다.

무릎구부린유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 하지 3분절의 상하방향(Z)으로 가장 큰 속도 값을 보인 국면은 타격국면(제 3국면)이전인 스윙국면(제 2국면)으로 나타났고, 타격국면에서는 모든 하지분절이 부적(-)으로 큰 값을 보였다. 즉 최고 정점까지 하지가 올라간 다음 타격을 가하는 시점 직후부터 감소하는 경향을 보였다. 즉 타격을 준비하는 국면에서 신체 각분절의 운동량 전이율에서 대퇴에서 하퇴로 전이량은 222%, 대퇴에서 발로의 전이량은 301%로 발-하퇴-대퇴의 순으로 큰 값을 보였다.

이러한 두 유형의 분석결과 제 2국면과 제 3국면에서 하지 각 분절의 상하방향(Z)에서 속도의 크기에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 신체 근위분절에서 원위분절로의 운동량의 전이율이 타이밍에 맞게 적절히 이루어진 것으로 사료된다.

3. 각운동 변인

1) 동체의 전후 및 좌우 경각

모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 동체의 전후 및 좌우 경각을 분석한 결과 무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 동체의 전후경각이 가장 큰 국면은 타격국면에서 평균 22.97 ± 2.47 도, 그 다음 국면은 하지를 최고 높이로 올리는 스윙국면(제 2국면)에서 평균 15.43 ± 9.38 도의 동체 전후 기울기각을 보였고, 준비국면이나 타격이 완료된 시점인 훔로스루 국면에서는 동체의 전후경각은 거의 수직에 가까운 자세를 유지하였다. 좌우경각의 경우 반응국면인 제 1국면과 타격이 완료한 훔로스루 국면(제 4국면)에서 각각 하지를 들어올리는 과정과 타격 후 다시 착지하는 과정에서 동체의 불안정한 기울기각을 보였다.

무릎편유형의 경우 준비국면에서 훔로스루 국면까지 동체의 전후경각이 가장 큰 국면은 타격국면에서 평균 20.93 ± 8.46 도, 그 다음 국면은 하지를 최고 높이로 올리는 스윙국면(제2 국면)에서 평균 18.70 ± 10.92 도의 동체 전후 기울기각을 보였고, 준비국면이나 타격이 완료된 시점인 훔로스루 국면에서는 동체의 전후경각은 거의 수직에 가까운 자세를 유지하였다.

즉 두 가지 유형의 찍어차기 시 동체의 전후경각과 좌우경각은 통계적으로 유의한 차이를 보인 경우는 없었으나, 전후경각이 가장 크게 나타난 국면인 타격국면에서 무릎편유형의 경우 무릎구부린유형의 경우보다 2.04 도 더 전후 경각을 보였고, 하지를 최고로 들어올리는 국면인 제 2국면에서 무릎구부린유형의 경우가 3.27 도 더 큰 전후경각을 보였다.

좌우경각의 준비국면에서부터 훔로스루 국면까지 무릎편유형의 경우와 무릎구부린유형의 경우 타격국면을 제외하면 거의 비슷한 정도의 동체 기울기가 있었지만, 타격국면의 경우는 무릎구부린유형의 경우가 4.25 도 더 기울기를 보였다.

성낙준(1984)의 결과를 비교하면 무릎편유형에서 동체의 전후경각에서 제 3국면인 타격국면에서 지지하여 찍어차기의 경우 평균 31.8 도, 점핑하여 찍어차기의 경우 평균 41.7 도의 각도를 보였다. 본 연구의 타격국면에서 동체 평균 전후경각의 경우 20.93 ± 8.46 도로 나타난 바, 선행연구의 경우가 본 연구의 경우에 비하여 상체를 굴곡시키지 못한 채 타격국면이 이루어진 것으로 사료된다.

무릎 구부린 유형에서 동체의 전후경각에서 본 연구의 타격국면에서 동체 평균 전후경각의 경우 평균 20.93 ± 8.46 도로 나타난 바, 역시 선행연구의 경우가 본 연구의 경우에 비하여 상체를 굴곡시키지 못한 채 타격국면이 이루어진 것으로 사료된다.

즉 찍어차기를 실시하는 동안 전후경각과 달리 좌우경각에서 동체의 큰 기울기를 보인다는 것은 다소 불안정한 차기의 결과를 일으켜 불완전한 찍어차기 동작을 초래할 수 있는 가능성이 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구 결과에서는 무릎구부린유형으로 찍어차기를 할 때보다 무릎편유형으로 찍어차기를 실시하였을 경우 동체의 좌우경각이 감소하여 더 안정된 찍어차기를 할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 하지관절의 상대각도(고관절, 무릎관절, 발목관절)

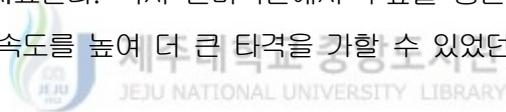
모든 체급에서 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 전 동작 및 국면별 하지관절의 고관절, 무릎관절, 발목관절의 상대각도를 분석하여 두 유형의 찍어차기 시 분절의 굴곡-신전에 따른 운동학적 차이를 정리한 결과 무릎편유형과 무릎구부린유형의 찍어차기 발의 고관절, 무릎관절 및 발목관절의 각 국면별 각변위에서 제 2국면에서 무릎구부린유형이 무릎편

유형보다 평균 32.74도 더 굴곡된 자세를 보여 $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 반면 제 2국면에서 무릎편유형으로 찍어차기 시 무릎이 완전히 신전되지 않은 채 평균 약 140도를 이루어 타격국면에서 평균 약 168도의 신전된 자세로 이루어진 결과, 다소 약한 타격력을 발휘하였을 것으로 사료된다. 따라서 제 2국면과 타격국면에서 충분한 무릎 신전 동작을 구사할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4. 찍어차기 유형에 따른 변인 간 상호관계

찍어차기 유형간의 운동학적 변인간의 상호관계를 분석하기 위해 정리한 결과 무릎편유형의 경우 반응시간이 빠를수록 타격 시 하퇴와 발의 속도를 증가시킴으로써 강한 차기가 가능했고, 준비국면에서 신체중심이 높을수록 진행방향으로 타격 속도를 이루었고, 준비국면에서 하퇴와 발의 상하속도가 비례하여 증가한 결과는 국면이 진행함에 따라 근위분절에서 원위분절로 적절한 타이밍을 이루면서 운동량이 전이되었던 것으로 사료된다.

무릎구부린유형의 경우 전체 동작 소요시간을 줄이기 위해 준비국면에서 신체중심 높이를 더 낮추고, 진행방향의 반응속도를 더 빠르게 하여 타격 시 하퇴 및 발의 속도를 높이는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 역시 준비국면에서 무릎을 충분히 굴곡시킨 자세를 취함으로써 하퇴 및 발의 상하속도를 높여 더 큰 타격을 가할 수 있었던 것으로 사료된다.



VI. 결 론

본 연구는 태권도 찌어차기의 무릎 편 동작과 무릎 구부린 동작의 두 유형을 운동학적 비교분석 후 차이를 규명하여 찌어차기의 지도지침을 제시하는 데 있다. 이를 위해 찌어차기의 두 유형에 숙련이 된 국가대표급 수준의 핀급, 반탐급, 월터급 3명의 선수를 대상으로 3차원 영상분석을 실시하였다. 분석내용은 두 유형의 시간변인, 신체중심의 운동학적 변인, 차기발의 대퇴, 하퇴, 발의 운동학적 변인 및 타격에 영향을 미치는 변인간의 상관관계분석을 하였다.

1. 시간변인

무릎편유형과 무릎구부린유형의 찌어차기에서 국면별 및 전체소요시간은 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 전체 소요시간에서 평균 .016초 더 지연되었으나, 준비에서 타격시까지의 소요시간은 더 빠르게 동작을 완료하였다,

2. 선운동변인

1) 신체중심의 변위

무릎구부린유형이 진행방향(Y)에서 무릎편유형보다 평균 6.13cm 더 긴 신체중심의 이동을 보여 $p < .05$ 수준에서 유의한 차이를 보였고, 역시 횡로스루 국면에서 4.4cm 더 긴 중심이동으로 $p < .01$ 수준에서 유의한 차이를 보였다. 즉 무릎구부린유형의 경우 진행방향으로의 신체중심변위를 많이 보여 각 국면이 진행되어가는 동안 찌어차기가 더 길게 이루어졌다.

2) 신체중심의 속도

두 유형의 찌어차기에서 진행방향(Y)에서 가장 큰 속도의 값은 제 2국면으로 무릎구부린 유형이 무릎편유형보다 평균 8.74cm/s 더 빠른 결과를 보였고, 타격국면에서 진행방향(Y)으로 중심 속도는 무릎구부린유형이 무릎편유형보다 평균 15.53cm/s 더 큰 값을 보여, $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 즉 진행방향(Y)에서 스윙국면 · 타격국면과 횡로스루 국면이 무릎편유형보다 무릎구부린유형이 훨씬 더 빨리 완료되었다는 점에서 무릎구부린유형이 보다 더 빠르게 상대의 다음동작에 대비할 수 있다.

3) 진행방향(Y)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

진행방향에서 두 유형을 분석한 결과 타격국면에서 대퇴의 경우 $p < .05$ 수준에서 무릎구부린 유형의 경우가 더 큰 속도를 보였고, 발의 경우 $p < .001$ 수준에서 무릎편 유형의 경우가 더 큰 속도를 보였다. 무릎편 유형에 비하여 무릎구부린 유형의 경우 타격국면에서 대퇴-하퇴-발로의 운동량 전이가 제대로 이루어지지 못하였던 것으로 나타났다.

4) 수직방향(Z)에서 오른쪽 하지분절의 국면별 평균 속도

두 유형에서 제 2국면과 타격국면(3국면)에서 하지 각 분절의 상하방향(Z)에서 속도의 크기는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 신체 근위분절에서 원위분절로의 동작이 진행됨에 따라서 운동량의 전이가 적절히 이루어진 것으로 나타났다.

3. 각운동 변인

1) 동체의 전후 및 좌우 경각

무릎구부린 유형보다 무릎편 유형으로 찍어차기를 실시하였을 경우 동체의 좌우경각이 감소하여 더 안정된 찍어차기를 할 수 있는 가능성을 보였다.

2) 하지관절의 상대각도(고관절, 무릎관절, 발목관절)

무릎구부린 유형에서 고관절의 각변위는 제 2국면에서 무릎편 유형보다 평균 32.74도 더 굴곡된 자세를 보여 $p < .001$ 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 반면 제 2국면에서 무릎편 유형으로 찍어차기 시 무릎이 완전히 신전되지 않은 채 평균 약 140도를 이루면서 타격국면에서 평균 약 168도의 완전히 신전되지 못한 자세를 유지하였다.

4. 찍어차기 유형에 따른 변인 간 상호관계

무릎편 유형의 경우 반응시간이 빠를수록 타격 시 하퇴와 발의 속도를 증가시킴으로써 강한 차기가 가능했고, 준비국면에서 신체중심이 높을수록 진행방향으로 타격 속도에 바람직한 영향을 미쳤다.

무릎구부린 유형의 경우 전체 동작 소요시간을 줄이는 방편으로 준비국면에서 신체중심 높이를 더 낮추어야, 진행방향의 반응속도를 더 빠르게 하여 타격 시 하퇴 및 발의 속도를 빠르게 할 수 있다.

이상을 종합하면 태권도 찍어차기 기술 지도시에 준비에서 타격시까지 타격속도가 보

다 빠르고, 신체중심변위가 길어 공격거리를 멀리 할 수 있으며, 신체 중심 이동 속도가 빠르기 때문에 무릎 구부린 유형으로 찍어차는 것이 바람직하다.

그러나 무릎 구부린 유형으로 기술 지도시 평소의 준비자세보다 조금 낮은 듯한 자세에서 차기를 시도하고, 타격 국면시 대퇴에서 하퇴, 발로 운동량이 잘 전달되게 차야하며, 타격 국면시 좌우 경각이 줄어들게 해야 할 뿐만 아니라 타격 이 후 착지까지의 시간을 단축하도록 하여야 한다.



Ⅶ. 참 고 문 헌

- 강성철, 김복영(1996). 태권도 돌개차기 동작의 운동역학적 분석. 한국체육학회지, 35(1), 335-345.
- 강성철(1998). 태권도 차기 동작의 분류에 따른 운동 역학적 특성 분석. 성균관대학교 대학원, 미간행 박사학위논문.
- 강성철(2000). 태권도 내려찍기 기술의 운동학적 분석. 용인대학교 무도연구소지, 11(1), 253-266.
- 국기원(1995). 태권도 교본. 서울: 오성출판사.
- 김경지(1993). 태권도학개론. 서울: 경운출판사.
- 김규완(1989). 발차기 종류 및 스탠스의 크기가 전신 반응 시간 및 충격력에 미치는 영향. 서울대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 김상복, 김주선(1997). 태권도 돌려차기시 관절 운동의 분석. 한국체육학회지, 36(4), 348-360.
- 김승재(1988). 태권도 뒤후려차기의 3차원 운동학적 분석. 연세대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 김승재(1996). 태권도 차기 기술의 운동학적 동작 형태 분류. 연세대학교 대학원, 미간행 박사학위논문.
- 김승재, 최지영(1998). 태권도 차기기술 분석을 위한 인체분절의 3차원 위치결정. 한국체육학회지, 37(2), 220-232.
- 김장축(1991). 태권도 돌려차기 동작의 운동역학적 분석. 고려대학교 대학원, 미간행 박사학위논문.
- 김진홍(2003). 목표물의 유무가 태권도의 찍어차기 동작에 미치는 영향. 군산대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 김창국(1991). 태권도 돌려차기 동작의 운동역학적 분석. 고려대학교 대학원, 미간행 박사학위논문.
- 김현덕(1992). 태권도 뒷차기의 운동역학적 분석. 한국체육학회지, 31(1), 505-512.
- 김현배(1991). 지면반력기를 이용한 태권도 차기 동작의 지면반력 분석. 전남대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.

- 문화관광부(2000). 새 천년을 함께 할 태권도 공원 조성 구상.
- 배영상(1984,1990). 태권도 돌려차기의 생체역학적 연구. 한국체육학회지, 29(1), 271-287.
- 배영상(1988). 태권도 뒷차기에 있어서 차는 다리의 기계적 에너지. 태권도 연구논문집 1, 95-101.
- 백일영(1987). 태권도 앞차기와 찍어차기의 운동학적 분석. 연세대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 성낙준(1984). 태권도 찍어차기의 역학적 분석. 서울대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 성낙준, 이승국, 박현국, 주신규, 진주의(1986). 태권도 기본 발차기의 역학적 분석. 대한체육회 스포츠과학 연구과제 종합보고서, 1, 539-591.
- 신성휴, 윤동섭, 이종훈, 백진호, 이연중(1998). 앞돌려차고 돌개차기 기술을 중심으로 한 태권도 발차기 연속동작에 대한 kinetic적 요인 연구분석 -앞 돌려차고 돌개차기 기술-. 한국체육학회지. 37(2), 248-264.
- 신용석(1993). 태권도 뒤후려차기 기술의 각운동량 분석. 연세대학교, 미간행 석사학위논문
- 안용규(1991). 태권도 경기 중 들어찍기 기술의 특징력과 자세 및 기술유형별 분석. 대한체육과학대학 논문집, 7, 337-349.
- 양동영(1986). 태권도 차기동작의 역학적 에너지 변화에 관한 생체역학적 분석, 서울대학교 대학원, 미간행 박사학위논문.
- 우상연, 윤창진(1998). 태권도 발차기 동작의 역학적 분석. 순천향대학교 자연과학연구논문집 4(2), 293-299.
- 윤동섭, 강성철(1999). 태권도 뒤후려차기 기술의 운동역학적 특성 분석. 대한무도학회지, 1(1), 38-51.
- 윤창진(1997). 태권도 차기 동작시 발속도에 대한 신체 분절의 기여도. 서울대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 이금세(1977). 코치의 과학적 원리. 서울: 동화문화사.
- 이금세(1982). 생체역학. 서울: 동화문화사.
- 장기준(1985). 태권도 앞차기와 찍어차기의 운동학적 분석. 연세대학교 대학원, 미간행 석사학위논문.
- 조동희(2003). 태권도 대학선수들의 찍어차기에 대한 운동학적 특성 분석. 용인대학교 대학원, 미간행 석사학위논문
- 최영렬(1986). 태권도 경기시 뒤후려차기의 효율적 자세에 관한 연구. 한국체육학회지,

- 25(2), 159-171.
- 황인승(1985). 태권도 찌어차기의 운동역학적 분석. 86,88 올림픽 스포츠과학 학술대회 연구
논총, 249-255.
- 황인승, 이성철(1999). 태권도 돌려차기 시 근활동 모양에 관한 3차원적 분석. 한국체육학회
지, 38(1), 460-476.
- Abdel, Y.I. & Kara, H.M.(1971). Direct linear transformation from comparator
coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry. Proceeding of
ASP/UI Symposium(pp.1-18). Close-Range photogrammetry, American Society of
Photogrammetry.
- Bunn, J.W.(1972). Scientific principles of cauching. Englewood, New Jersey : Prentice
Hall.
- James, G.H.(1978). The Biomechanics of Sports Techniques 2nd Ed : Englewood Cliff
: Prentice Hall.
- Kwon, Y.H.(1993). Kwon3D Motion Analysis Package 2.1 User's Referene Manual.
Unpublished Program Manual.
- Plagenhoff, S., Evans, F.G. & Abdelnour, T.(1983). Anatomical data analyzing human
motion. Research Quarterly for Exercise and Sports, 54(2), 169-178.
- Stoner, L.J. & Ben-Sira, D.(1981). Variation in movement patterns of professional
soccer player when executing a long range and a median range in-step soccer
kick. In A. Morecki, K. Fidelus, K. Kedzior, A. Wit(Eds.). Biomechemics, VII-B.
Baltimore : University Park Press.
- Wickstrom, R.L.(1983). Fundamental motor pattern, 2nd Ed. Philadelphia : Lea &
Febiger.
- Zernicke, R.F.(1978). Biomechanics of human movement Department of Kinesiology.
University of California in Los Angeles, California.

<ABSTRACT>

Kinematic analysis for technique difference between flexed and extended type of knee during Jigeo-Cha-Gi in Taekwon-Do

Kim, Dong-Kyu

Major in Physical Education

The Graduate School Of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Ryew, Che-Cheong

The study was to investigate skill difference between flexed and extended type of knee during Jigeo-Cha-Gi in Taekwon-Do. For this subjects participated was consisted of weights of fin class, bantam class and welter class of male 3 national representative level skilled in two type(flexed and extended type) of Jigeo-Cha-Gi.

3 dimensional cinematography analysis was performed for motion analysis and Kwon 3D ver 2.1) was used for 3D coordinates & analysis variables calculation.

Variables analysed was consisted of temporal, kinematics of COG, Kinematics of lower leg segments, angular kinematics and correlation among variables influenced to targeting.

The conclusions obtained were as follows;

1. Temporal variable

There was no significant difference statistically in all phases & total elapsed time between flexed and extended type, but flexed type was delayed more 0.016 sec than extended type.

2. Linear motion variable

1) Displacement of COG

There was significant difference in level of $p < .05$ showing longer mean 6.13 cm in case of flexed type than extended type in displacement of COG during all phase and too significant difference in level of $p < .01$ showing longer mean 4.4 cm in case of flexed type than extended type in displacement of COG in followthrough phase.

2) Velocity of COG

There was significant difference in level of $p < .001$ showing higher mean 15.53cm/s in case of flexed type than extended type in velocity of COG(Y direction) during targeting phase and peak velocity(Y direction) was more fast 8.74 cm/s in extended type than flexed type.

3) Mean velocity of leading leg in forward direction(Y)

There was significant difference in level of $p < .05$ showing higher thigh mean value in case of flexed type than extended type but showing higher foot mean value in extended type at level of $p < .001$ than flexed type in velocity of COG(Y direction).

4) Mean velocity of leading leg in vertical direction(Z)

There was no significant difference in the second & third phase in case of vertical velocity level, but momentum transferred efficiently form proximal to distal endpoint.

3. Angular motion variable

1) Front-back & right-left orientation angle of trunk

There was possibility of more stable Jigeo-Cha-Gi in extended than flexed type by decreasing in right-left orientation angle of trunk.

2) Relative angle of lower leg(hip, knee, ankle)

There was significant difference in level of $p < .001$ showing longer mean 32.74 deg. in case of flexed type than extended type in hip joint during the second phase but maintained insufficient extended knee of mean 168 deg. in targeting phase .

4. Correlation among variables according to Jigeo-Cha-Gi type

More fast response time leaded to the stronger Jigeo-Cha-Gi by increasing velocity of shank & foot at targeting and the more desirably influenced to targeting velocity in forward

direction(Y), the higher height of COG in the first phase.

By more lowering COG in the first phase for decreasing in total elapsed time in flexed type, could show more fast of velocity of shank & foot in targeting by response time in forward direction(Y).

