



한국운동역학회지, 2005, 제15권 1호, pp. 259-274
Korean Journal of Sport Biomechanics
2005, Vol. 15, No. 1, pp. 259-274

남자 스포츠 에어로빅스 선수의 Depth Jump시 하지관절에 대한 운동역학적 분석-사례 연구

김윤지*(건국대학교)

ABSTRACT

The kinematic and kinetic analysis of lower extremities for male sports aerobic athletes during depth jumps - a case study

Kim, Yoon-Ji*(Konkuk University)

Y. J. KIM. The kinematic and kinetic analysis of lower extremities for male sports athletes during depth jumps - a case study. Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 1, pp. 259-274, 2005. The purpose of this study was to compare the kinematic and kinetic parameters of lower extremity joints between novice and experienced sports aerobic dancers during two heights of depth jumps. Four male dancers were participated in this study and they performed 40cm and 60 cm height depth jump three times, respectively. Four ProReflex MCU cameras (100frame/sec) and a Kistler force plate (1000Hz) were used for data collection. The results indicated that the duration of contact phase of experienced group was shorter than that of novice group regardless of jump height. For minimum angle of hip, knee, and ankle joints, the novice group had tendency to decrease the angle but the experienced group had increased the joint angle with jump height. There was no difference of total ground reaction force between the groups but the

* salsa-j@hanmail.net

reaction force had tendency to increase with jump height. Thus, this study implied that repetition of jump and landing may induce joint related injury and further study such as EMG analysis of lower extremity can be needed to verify the relationship between injury and ground reaction force.

KEYWORDS: DROP JUMP, VERTICAL JUMP, MAXIMUM IMPULSE, SPORTS INJURY.

I. 서 론

1. 연구의 필요성

점프는 발이나 손에 의해 생성된 내력이 지면에 작용하여 발생하는 반작용력이 신체를 공중으로 띄우는 동작으로 인간의 발달과정 중 걷기, 뛰기와 더불어 수행되는 기본 동작중의 하나이다 (Aderian & Cooper, 1989).

그 중에서 수직점프는 순발력 측정의 기본이 되고 운동수행력을 평가하는데 많이 이용된다. 수직 점프의 동작은 농구에서의 레이엇 슛이나 리바운드 동작과 배구에서 블로킹이나 스파이크 동작의 스포츠 활동뿐만 아니라 일상생활에서 많이 이용되고 있다. 특히 스포츠 에어로빅의 운동기술에서는 다양한 점프 동작과 격렬한 스텝으로 점프 높이와 착지는 경기력에 많은 영향을 미치고 있어 이러한 점프를 증진시킬 수 있는 가장 중요한 요소는 순발력이라고 판단된다. 이에 대한 가장 효과적인 훈련 방법으로는 플라이오메트릭 트레이닝(plyometric training)이 있다.

플라이오메트릭 트레이닝은 높은 곳에서 낮은 곳으로 낙하할 때 순간적으로 근육의 이완이 이루어지고 착지 시에 중력 가속도에 의한 지면 반작용만큼 부하를 받아 근수축이 일어나게 하는 폭발적, 반동적 형태의 운동으로 각근력과 순발력을 향상시키는 방법이라 할 수 있다(김의수, 김동진, 신인식, 강신욱, 신승윤, 최대혁, 정영수, 1988).

플라이오메트릭 트레이닝 방법으로는 depth jump, hopping, bouncing, leaping, skpping과 박스를 이용한 box drill 방법 등이 있으며 실제 Depth Jump에 관한 선행문헌을 조사해 보면 외국의 선행 연구는 주로 하지관절의 충격력에 의한 상해원인을 규명하는데 초점이 맞추어져 있으며(Bahr, Karlsen, Lian & Ovreb, 1994; NCAA, 1990; Watkins & Green, 1992; Lamb, 1984; Apell, Soares & Durant, 1992; McCaw & Bates, 1992; Schot, Bates & Dufek, 1994). 특히 Zhang, Bates, & Dufek(1996)은 착지 시 무릎이 부하를 가장 많이 받는 부분으로 운동에 있어 가장 중요한 역할을

한다고 하였고, 발의 앞부분으로 착지하는 경우가 힙 관절과 무릎관절에는 충격량이 작았으나 발목 각에는 큰 충격량을 준다고 하였다(Barrier, Koalas, Tkhan, DeVita & Hortobagyi, 1997). Michael & Craig(2001)은 Depth Jump시 여러 가지 변화되는 휴식기간에 따른 최대 수직 점프 높이를 측정 한 결과 점프 후 충분히 회복되는 시간은 15초라고 하였고, Schot, Bates & Dufek(1994)는 착지 시 신체 균형에 대한 연구를 하였는데 피험자들이 착지 시 신체 불균형을 보였다고 하여 착지 시 불균형은 부상의 원인이 될 수 있다고 하였다. 국내의 선행연구는 트레이닝 효과를 규명(강인섭, 1988; 전대회, 1991; 한주옥, 2002)한 연구와 역학적 변인을 규명(배영상, 1996; 윤희중, 1999; 조성초, 1999; 조희령, 2002)한 연구로서 연구방향을 보이고 있다.

이와 같이 Depth Jump는 스포츠 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있으며 스포츠 종목 중 점프를 수행하는 경기에서는 매우 필수적인 요인이라 할 수 있다. 특히나 앞에서 언급했듯이 스프링이 없는 마루 지면에서 점프 동작과 착지를 반복하는 스포츠 에어로빅스 선수들에게는 근 수축에 의한 근력과 스피드를 강화하는 것이 경기력 향상에 매우 중요한 요인으로 작용할 것이며 과도한 점프동작을 수행하게 되면서 관절들의 상해에도 큰 영향을 미칠 것이라 사료된다. 그러므로 스포츠 에어로빅스 선수들의 훈련과정 중 점프나 착지 시 신체 정렬 자세를 매우 강조하고 있고 그러한 자세 유지가 충격량을 흡수하고 조절하는 작용과의 관계가 Depth Jump에 있을 것으로 생각되어 에어로빅스 선수들의 점프높이 변화에 따른 지면반력 크기 변화에 관심을 갖고 연구를 시도하였다.

따라서 본 연구는 높이 변화에 따른 Depth Jump를 남자 스포츠 에어로빅스 선수 중 숙련자와 비숙련자를 대상으로 낙하(drop) - 접지(touch down) - 착지(landing)를 중심으로 점프높이 변화에 따른 지면반력의 크기와 패턴변화를 비교분석하고 하지관절각의 각도에 따라 상해발병이 생길 수 있다는 점을 감안하여 접지와 착지 시 두 그룹간의 최대 각과 신체-자세를 비교하여 스포츠 에어로빅스 선수와 지도자에게 경기력 향상에 도움을 줄 수 있는 기초적인 정보와 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구에 선정된 대상자는 스포츠 에어로빅스 남자 선수로 운동경력이 2년 미만인 선수 2명을 비숙련군으로 하고 5년 이상인 2명의 선수를 숙련군으로 선정하여 총 4명을 대상으로 하였고 신체적 특징은 <표 1>과 같다. 국내 스포츠 에어로빅스 남자선수의 수가 적어 대상자 선정에 있어 어려움이 있었다.

표 1. 피험자의 신체적 특징

Subject	연령 (yrs)	신장 (cm)	체중 (kg)	운동경력 (months)
비숙련군	a-1	20	170	62
	a-2	20	180.5	62.6
숙련군	b-1	23	175.6	68.2
	b-2	24	170.9	62.9
평 균	21.75±1.8	174.25±4.2	63.93±2.5	42±18.0

Values are M±SD

2. 분석 장비 및 실험절차

연구대상자들의 Depth Jump 동작을 촬영하기 위해 Qualisys사의 ProReflex MCU(Motion Capture Unit)카메라 4대를 사용하였다. 이 카메라는 초당 240frames까지 촬영할 수 있어 촬영과 동시에 실시간으로 3차원 위치 좌표를 얻을 수 있으며 촬영속도는 100frames로 촬영 하였다.

NLT 통제 점을 이용하여 기준좌표계를 설정한 다음 전 측면과 후 측면에 각각 2대, 양측 2대, 총 4대의 카메라(ProReflex MCU)를 설치하였다<그림 1>. 본 실험에 들어가기 전 모든 피험자는 관절 점의 마커 식별을 위해 상의와 하의를 탈의시킨 후, 각 관절 점에 20개의 반사 마커를 부착하였다 <그림 2>. 신체 해부학적 상태를 고려한 자료를 추출하기 위해 실험 전 스탠딩 캘리브레이션 (standing calibration)을 실시하였다.

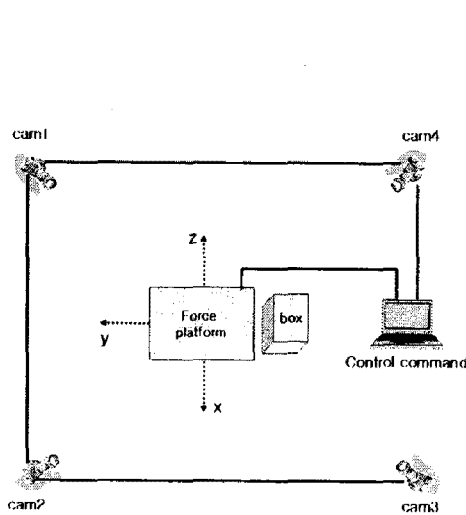


그림 1. 실험장비 설치 장면

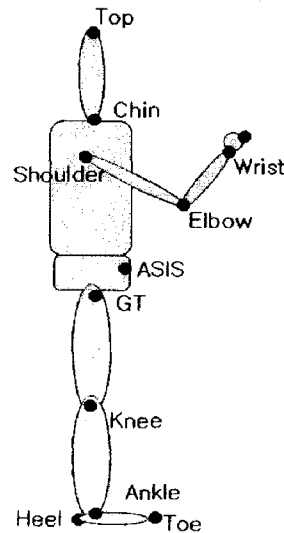


그림 2. 인체 관절의 반사 마커

또한 양발이 동시에 지면에 접촉되었을 때의 지면반력 자료를 수집하기위해 Kistler 사의 지면반력 측정기(Type 9286AA)를 이용하였고 이때의 sampling rate는 1000Hz로 설정하였다. 지면반력 측정기로부터 나온 미세한 신호는 증폭기(1785A10)를 통해 증폭되어 A/D Board(PCI-DAS 6402/16)를 거쳐 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꿔주었다. 카메라와 지면반력 측정기 간의 동조는 Qualisys 사의 신호 동조기기를 사용하였다. Depth Jump를 하기 위한 Box는 지면 반력기와 20cm거리를 두고 설치하였으며 운동화를 신지 않은 맨발로 하였고 피험자의 자연스러운 동작이 이루어지도록 세 번의 반복 연습 후에 본 실험에 들어갔다.

3. 자료산출 및 분석변인

한명의 피험자가 40cm, 60cm 높이에서 각각 세 번씩 점프를 실시하여 동작 수행 중 가장 좋은 동작을 선정하여 분석하였다. 본 연구의 3차원 좌표는 ProReflex MCU(Motion Capture Unit) 카메라를 통해 얻었으며 카메라를 통해 얻은 데이터 값은 MATLAB 6.5 프로그램을 통해 분석 자료를 산출하였다. 각 마커들에 대한 3차원 직교 좌표값은 NLT(nonlinear calibration) 방법을 이용해 기록된 각 시간에 대한 3차원 좌표를 계산하였다. 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration) 자료는 필터링 하지 않고 샘플링 된 자체의 평균값을 이용하였다. 국면 별 소요시간을 계산하기 위한 분석 국면은 낙하(drop) - 접지(touch down) - 착지(landing) 국면으로 구분하였으며 낙하국면은 box에서 이탈하여 발이 지면에 닿기 직전까지, 접지구면은 발이 지면 반력에 닿는 순간부터 발이 떨어지는 순간까지, 착지구면은 지면에서 발이 떨어지는 순간부터 최대 점프하여 지면에 착지하는 지점까지로 설정하였다. 운동학적 변인 중 관절각의 분석은 event 1과 2로 구분하여 event1은 접지 시 무릎이 최대한 굽곡 되어지는 최소 각이 이루어지는 부분이고 event 2는 착지(landing) 동작으로 무릎이 최대한 굽곡 되어지는 최소 각이 이루어지는 부분으로 설정하였다. 관절각의 정의는 <그림 3>과 같다.

운동역학적 변인인 최대 충격력, 즉 최대 수직 지면반력(z축)은 지면반력 측정기를 통해 얻어진 자료를 이용 Kistler사의 지면반력 분석용 프로그램 (Bioware 3.20)을 통해 분석하였다. 최대 충격력 발생 순간 관절의 각속도 계산은 지면반력 자료와 각 관절의 3차원 좌표 값을 이용하여 실시하였다.

비록 피험자의 수가 제한적이라 정량적 비교 분석은 불가능하였지만 비숙련과 숙련군의 집단별 차이는 평균과 표준편차를 이용하여 정성적 비교 분석(사례 연구)을 실시하였다.

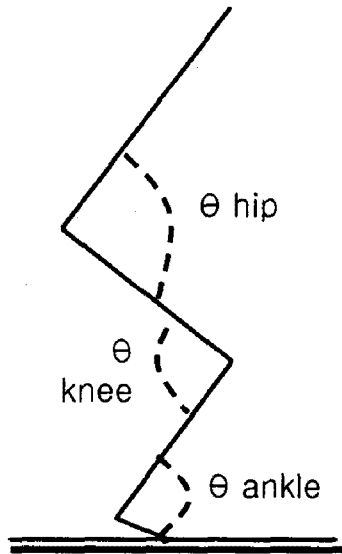


그림 3. 각도의 정의

- (1) 고관절각(θ Hip) : 몸통과 대퇴가 이루는 각도
- (2) 무릎각(θ Knee) : 대퇴와 하퇴가 이루는 각도
- (3) 발목각(θ ankle) : 하퇴와 발 분절이 이루는 각도

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 국면별 소요시간

Depth Jump 수행에 따른 집단별 각 국면의 소요시간은 <표 2>와 같다. <표 2>에 나타난 전체 소요시간을 보면 2초가 조금 안되는 시간으로 비속련군과 숙련군 모두 40cm보다 60cm높이에서 시간이 조금 빠르게 나타났다. 그것은 낙하 높이에 따른 중력과의 관계 때문일 것이라 사료된다. 40cm 높이의 접지 구간에서 비속련군이 0.46초이며 숙련군은 0.30초로 숙련군의 접지시간이 약 0.14초 정도 빠르게 나타나고 있으며 60cm의 높이에서도 마찬가지로 비속련군이 0.46초이며 숙련군이 0.31초로 나타나 숙련군의 접지 시간이 빠르게 나타났다. 이는 플라이오메트릭 Depth Jump의 국면 소요 시간, 특히 접지구면(touch down)의 지속시간이 짧아야 하고 그것은 최대 근 파워를 생성하기 위한 신전 수축주기 중 가장 중요한 단계이다(Cavagna, 1977; 윤성원 외, 2002).

또한 윤희중, 문동안(1999)의 연구에서는 접촉시간의 차이는 하지 근의 근력에서 기인한다고 하여 숙련군의 접지구면의 시간이 빠른 것은 스포츠 에어로빅스 운동을 수행하기 위한 근수축이나 근 파워가 비속련군 보다는 많이 향상이 되었다고 할 수 있다. 또한 40cm 착지구간에서 비속련군은 0.88초이며 숙련군은 1.01초로 비속련군이 보다 많은 체공 시간을 가지고 있었으며, 마찬가지로 높이 60cm에서도 비속련군은 0.81초이고 숙련군은 0.93초로 나타났다. 전체적으로 보았을 때 비속련군은 접

표 2. 높이변화에 따른 국면(낙하 - 접지 - 착지) 소요시간 (단위: sec)

높이	구간	비속련군	속련군
40cm	낙하	0.425±0.105	0.476±0.03
	접지	0.454±0.045	0.298±0.11
	착지	0.884±0.115	1.014±0.01
전체소요시간		1.763±0.05	1.788±0.17
60cm	낙하	0.688±0.448	0.600±0.16
	접지	0.464±0.065	0.314±0.12
	착지	0.810±0.072	0.931±0.03
전체소요시간		1.962±0.28	1.845±0.19

Values are M±SD

지 시간이 길면서도 착지 구간의 시간이 짧아지고 있으며 속련군은 짧은 접지시간을 나타내면서 착지 구간에서는 시간이 길어짐을 알 수 있다.

2. 각도

1) 고관절각도

고관절(hip joint)은 신체에서 가장 크고 가장 안정된 관절 중의 하나이며 무릎과는 대조적으로 비교적 강한 절구공이관절(ball-and-socket) 형태에 의해서 제공되는 안정성을 유지하고 있다. 일반적으로 이동이 가능하도록 매우 큰 가동성을 가지고 있으며 전후면 상에서 가장 큰 움직임의 굴곡 범위는 대략 0~140°까지라고 한다(권미지, 김경, 김영민, 김주상, 소재무, 엄기매, 정형국, 채윤원, 2003). 이러한 고관절 움직임이 높이변화에 따른 Depth Jump시 에어로빅스 선수들의 각 구간별 고관절각은 <표 3>과 같다. 높이 변화에 따른 구간별 고관절 각도를 보면, 우선 event1은 접지 구간에서 무릎이 최대한 굴곡 되어지는 최소 각이 이루어지는 지점이며 event2는 착지 시 마찬가지로 무릎이 최소 각을 이루는 점이다. 비속련군의 40cm 높이에서 e-1을 보면 97.8°로 고관절 각도의 굴곡이 크며 60cm에서도 90.1°로 가장 큰 굴곡을 보이고 있다.

반면 속련군의 e-1에서는 120.6°로 비속련군 보다 작은 굴곡을 나타냈으며 60cm에서도 115.9°로 작게 나타나 40cm와 60cm의 e-1에서는 미세하지만, 모두 굴곡이 더 작아지는 경향을 보이고 있다. 이는 접촉 시나 착지 할 때 비속련군이 상체를 앞으로 구부리는 동작을 보이고 있는 것으로 사료된다. 배영상(1996)은 연령이 높은 집단의 점프 수행 시 신전 근의 발휘가 원활하지 못해 하지분절의 근력이 크게 감소하고 상체를 앞으로 굽히는 것이라고 하여 비속련군 선수들의 하지근력을 강하게 키워야

표 3. 높이변화에 따른 구간별(event1, 2)의 고관절 각도

(단위: deg)

높이	구간	비속련군	속련군
40cm	e-1	97.76±2.81	120.62±16.06
	e-2	137.64±24.98	130.84±9.3
60cm	e-1	90.13±2.79	115.92±19.54
	e-2	129.75±11.	135.75±17.24

Values are M±SD

할 트레이닝을 해야 할 것이다. 또한 에어로빅스 경기에서는 동작을 할 때 좀 더 크게 보여야 예술 점수나 숙련성에서도 좋은 점수를 받을 수 있다. 그러기 위해서는 점프와 착지에서 좀더 위로 상승하는 효과를 보여야 할 것이다. 이를 감안할 때 비속련군의 접촉 시와 착지 시에 고관절이 많이 굴곡 되어지는 것은 대퇴의 근력 저하이거나 신체의 균형이 결여 되어 있는 것으로 판단된다.

2) 무릎관절각도

무릎은 체중을 전달하고 신체의 가장 긴 두 지렛대(대퇴골과 경골) 사이에 위치하여 큰 힘과 모멘트를 견디고 운동량을 유지하도록 도와준다. 특히 다치기 쉬운 곳으로 착지 수행 시 충격 흡수에 가장 큰 영향을 미치고 그렇기 때문에 부상이 가장 빈번하게 발생하는 관절이기도 하다. 이러한 무릎관절을 높이변화에 따른 Depth Jump시 에어로빅스 선수들의 각 구간별 각도 비교는 <표 4>과 같다.

무릎관절의 높이에 따른 속련군과 비속련군의 e-1을 비교해 보면 접지 시 최소 각을 이루는 지점에서 더 많은 굴곡을 하는 것으로 나타났다. e-2에서도 비속련군이 89.6°로 속련군의 115.4° 보다 많은 굴곡으로 접촉을 하였다. 이는 관절의 반작용력(joint reaction force)이 굴곡을 많이 요구하는 움직임일 때 훨씬 크고 무릎이 90°로 굴곡 시 반작용력은 체중의 2~3배에 달한다고 하며 계단 오르기 와 낙하에서 무릎굴곡이 최대 약 60°에 달하는 순간의 최대치는 체중의 3.3배라고 하였다(권미지 외,

표 4. 높이변화에 따른 구간별(event1, 2)의 무릎관절 각도

(단위:deg)

높이	구간	비속련군	속련군
40cm	e-1	81.74±0.58	108.38±8.06
	e-2	88.96±16.28	92.37±1.13
60cm	e-1	79.44±1.12	107.75±4.36
	e-2	89.59±14.98	115.37±18.61

Values are M±SD

2003). 그러므로 비숙련자의 접촉 시 무릎관절 부하는 매우 큰 것으로 부상의 위험이 높을 것으로 사료된다. 또한 이승민(1999)은 낙하 높이가 높을수록 높이가 낮을 때와 비교해서 최대 굴곡도 더 크게 발생한다고 하였는데 에어로빅스 선수의 분석 결과는 높이 변화에 따라 상이한 차이가 보이지 않고 있다. 이러한 결과는 에어로빅스 경기 특성에 따라 착지 시 상체를 위로 세우고 더 높은 도약을 위해 빠른 접촉 시간과 함께 지면을 박차고 일어나려는 성질 때문으로 사료된다.

3) 발목관절각도

발은 하지의 통합적이고 역학적인 부분이며, 신체의 부하를 하지에서 발까지 이동시키고 밀접하게 땅과 발의 방향설정(orientation)에 영향을 주며 신체 체중의 대다수들이 반복적인 부하를 견딜 수 있는 구조적인 플랫폼으로 작용한다. 이러한 발목관절을 높이변화에 따른 Depth Jump시 에어로빅스 선수들의 각 구간별 각도 비교는 <표 5>와 같다.

높이변화에 따른 발목관절의 각도를 보면 전체적으로 비슷한 관절 각도의 유형을 보이고 있으나 비숙련군의 e-1에서 40cm 높이는 50.8°이고 60cm에서는 52.9°로 미세한 증가를 보였고 숙련군의 e-1에서 40cm 높이는 53.9°이고 60cm에서는 73.6°로 나타나 높이에 따른 발목 관절각이 증가하였다. 또한 전체적으로 e-2의 구간에는 e-1 구간보다 발목 관절각이 비교적 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 결과의 값은 높이 변화에 따른 발목 관절 각도가 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있지 않다는 이승민(1999)의 연구 결과와 일치 하였다.

모든 관절의 최소각과 관련된 변인을 종합적으로 살펴보았을 때 높이 변화에 따른 비숙련군은 관절각들이 줄어드는 경향을 보이고 있고 그의 반면, 숙련군은 높이가 증가 할수록 관절각들이 증가하는 양상을 띠고 있다. 이는 스포츠 에어로빅스 선수의 숙련성이 높을수록, 점프와 착지의 훈련이 높을수록 관절각들을 크게 하면서 신체의 균형과 자세를 유지하려는 성질 때문이라 사료된다.

표 5. 높이변화에 따른 구간별(event1, 2)의 발목관절 각도 (단위:deg)

높이	구간	비숙련군	숙련군
40cm	e-1	50.76±3.19	53.94±4.17
	e-2	67.02±7.55	64.53±2.48
60cm	e-1	52.95±12.37	73.58±9.15
	e-2	69.55±13.63	72.83±3.93

Values are M±SD

4) 최대 충격력 발생 순간 관절의 각속도

표 6. 높이변화에 따른 최대 충격력 발생 순간 관절의 각속도

(단위:deg/sec)

높이	구간	S-1	S-2	S-3	S-4
40cm	고관절	142.16	279.61	-143.084	-191.996
	무릎	27.52	314.41	130.649	5.416
	발목	-49.84	482.46	-32.33	-1128.88
60cm	고관절	-394.88	-57.096	74.66	-27.663
	무릎	-596.94	652.556	-21.674	-36.273
	발목	-1.95	94.442	97.58	-43.093

Values are M±SD

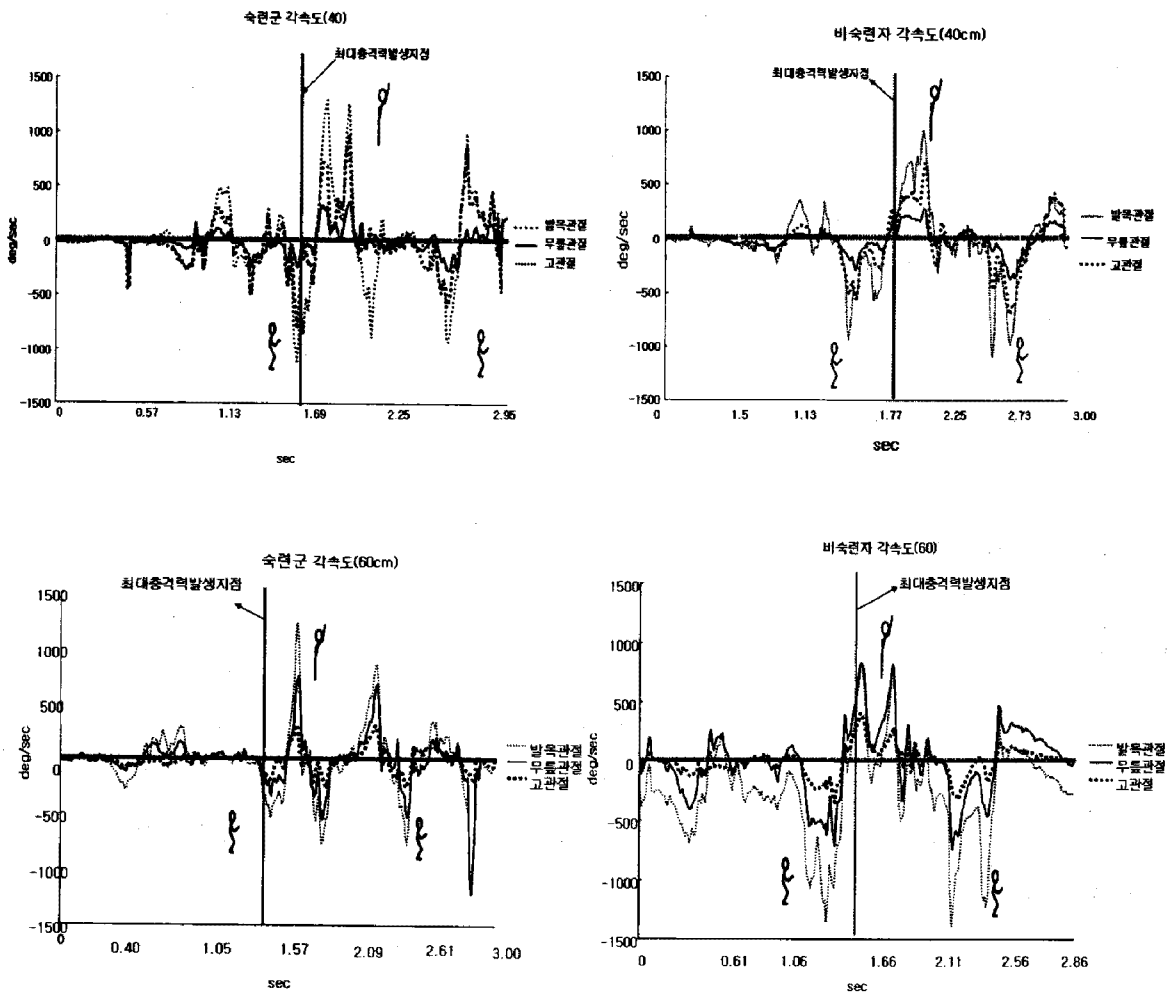


그림 4. 고관절, 무릎관절, 발목관절 각속도 그래프

각속도는 각도를 시간으로 미분하여 구해지며 시간에 대한 각도의 변화를 의미한다. 이러한 각속도를 높이 변화에 따라 관절들의 최대 충격력 발생 순간을 <표 6>에 나타냈다. S-1과 S-2는 비숙련군이고 S-3과 S-4는 숙련군으로 높이 40cm에서 S-3과 S-4는 고관절과 발목관절의 각속도가 증가한 지점에서 최대 충격력이 발생한 반면 S-1과 2는 관절들의 각속도가 감소한 후에 최대 충격력 발생 순간이 되는 지점으로 나타났다. 이는 Depth Jump시 숙련군이 지면반력에 점프를 하기위해 각 신체의 각속도를 높여 빠른 근 수축으로 인해 신체의 충격 흡수를 도모하기 위함이라 판단된다. 또한 높이변화에 따른 전체적인 각속도의 변화를 그래프<그림 4>로 나타낸 결과 전체적으로 발목관절의 각속도가 가장 크게 나타났고 그 다음이 무릎관절, 고관절의 각속도가 가장 작은 각속도를 보여주었다. 그리고 비숙련군의 40cm와 60cm의 각속도 그래프 패턴을 보면 방향을 바꿀 때 각속도가 숙련군의 각속도 보다 느리게 나타나고 있으며 전체적인 흐름이 숙련군과 비숙련간에 차이를 보여주고 있다.

4. 최대 충격력

숙련군과 비숙련군의 낙하높이 변화에 따른 전후, 좌우, 수직방향으로 작용된 최대 지면반력의 결과는 <표 7>과 같다. 본 연구에서 수직 지면 반력의 곡선의 패턴은 낙하 높이와 관계없이 대부분의 대상자가 두개의 정점을 보이는 곡선이 있어 이는 수동(passive) 충격력과 능동(active) 충격력 때문이라고 생각한다. 따라서 최대 충격력 정점을 따로 나누지 않고 전체 수직 지면 반력 값 중 가장 큰 정점 값 하나만을 최대값으로 삼아 분석을 실시하였다. 전체적인 지면 반력의 힘 값은 큰 차이가 없는 것으로 나타났지만 높이 40cm에서 비숙련군이 3022.97N, 숙련군이 3088.84N의 힘 값을 60cm에서는 비숙련군이 3014.89N, 숙련군이 3109.83N으로 나타나 높이 변화에 따라 약간의 지면반력 값이 커지는 양상을 보여주었다.

조희령(2002)은 수평지면반력의 값이 크면 클수록 후족이 안정될 수 없으며 점프높이가 증가할수

표 7. 높이변화에 따른 최대 수직 지면반력(z축) (단위:N)

높이	운동면	비숙련군	숙련군
40cm	X	193.48±161.31	127.45±109.14
	Y	104.22±15.59	368.78±368.775
	Z	3022.97±86.44	3088.84±21.69
60cm	X	27.62±27.35	124.41±66.15
	Y	283.30±69.32	263.28±340.9
	Z	3014.89±11.89	3109.83±0.165

Values are M±SD

록 후족의 안정성에 부정적인 영향을 미친다고 하였다. 그러나 본 연구의 수평 지면반력의 전후 방향으로 작용한 값은 두 집단간, 낙하 높이에 따라 일정한 패턴을 나타나지 않았으며, 비숙련군의 최대충격력은 체중의 4.8배이고 숙련군은 체중의 4.7배로 나타나 이승민(1999)의 수직 방향 최대 충격력은 착지 시 2배 이상 높이에 따라 3배가량의 값의 차이가 난다는 결과 보다 더 높은 충격력을 나타내고 있다. 이는 선행연구보다 Box의 높이가 높았고 스포츠 에어로빅스 선수들의 점프 도약을 위해 지면을 박차고 일어나는 힘이 큰 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구는 높이 변화에 따른 Depth Jump를 낙하(drop) - 접지(touch down) - 착지(landing)를 중심으로 점프높이 변화에 따른 지면반력의 크기와 패턴변화를 비교분석하고 하지관절각의 각도에 따라 상해발병이 생길 수 있다는 점을 감안하여 접지와 착지 시 두 그룹간의 최대 각과 신체 자세를 비교하였다. 실험 대상자는 스포츠 에어로빅스 선수 중 운동경력이 2년 이하인 선수와 운동경력이 5년 이상의 선수를 대상으로 하여 한명의 피험자가 40cm, 60cm 높이에서 각각 세 번씩 점프를 실시하여 동작 수행 중 가장 좋은 동작을 선정하여 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 점프 높이와 관계없이 접지 국면의 소요시간은 숙련군이 40cm 높이의 접지 구간에서 비숙련군보다 약 0.14초 정도 빠르게 나타나고 있으며 60cm의 높이에서도 0.31초로 빠르게 나타났다.
2. 고관절, 무릎관절, 발목관절의 최소각과 관련된 변인에서 비숙련군은 관절각들이 줄어드는 경향을 보이고 있고 그의 반면, 숙련군은 높이가 증가 할수록 관절각들이 증가하는 양상을 띠고 있다.
3. 발목관절의 각속도가 가장 크게 나타났고 그다음이 무릎관절, 고관절의 각속도가 가장 작은 각속도를 보여주었다.
4. 전체적인 지면 반력의 힘 값은 큰 차이가 없는 것으로 나타났지만 높이 40cm에서 비숙련군이 3022.97N, 숙련군이 3088.84N의 힘 값을 60cm에서는 비숙련군이 3014.89N, 숙련군이 3109.83N으로 나타나 높이 변화에 따라 지면반력이 커지는 양상을 보여주었다.

스포츠 에어로빅스 선수들의 근력과 근 파워의 유, 무는 경기력 증가에 크게 좌우될 것이다. 하지만 선수들의 Depth Jump 분석을 통해 착지 시 하지로 전달되는 충격력의 흡수 및 전이 과정은 이러한 실험을 통한 결과를 바탕으로 명확하게 정의 내릴 수 없을 것이다. 다만 점프와 착지를 반복적으로 수행하는 운동에는 부상의 위험성이 항상 존재한다는 것을 명시하고 EMG를 이용한 하지관절

의 근 전도를 분석함으로써 부상과 지면반력과의 관계규명 등을 추후 과제로 실시하여 하지관절의 부상 방지를 위한 실질적인 정보를 제공해야 할 것이다.

참고문헌

- 강인섭(1988). Plyometric Training 방법이 근 파워에 미치는 영향. 미간행 박사학위논문. 한양대학교 대학원.
- 권미지, 김경, 김영민, 김주상, 소재무, 엄기매, 정형국, 채운원(2003). 근골격계 생체역학. 서울: 영문출판사.
- 곽창수(2000). 에어로빅댄스의 역학적 운동 강도와 상해위험. 한국유산소운동과학학회지. 제4권 제2호. 13-24.
- 김의수, 김동진, 신인식, 강신욱, 신승윤, 최대혁, 정영수(1988). 플라이오메트릭 트레이닝이 각근력에 미치는 영향. 대한체육회 스포츠과학 연구소 논문집.
- 김차남(2002). 스포츠 에어로빅스 Straddle Jump to Push up 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제12권, 2호, 77-90.
- 김태형, 이기청(1996). 에어로빅스 하이킥 시 운동화 중저의 경도에 따른 지면반력의 변화 및 발의 안정성에 관한 연구. 한국운동역학회지, 제6권, 제1호, 93-106.
- 박중구(2002). 수직점프 시 연령에 따른 남녀 초등학생의 지면반력에 대한 연구. 미간행 석사학위 논문 인제대학교 교육대학원.
- 배영상(1996). 고령자의 드롭점프 발 구름 동작에 있어 하지관절의 역학적 파워. 한국체육학회지 제35권, 제1호, 325-334.
- 소재무, 임영태, 류지선, 채원식, 최종환, 임비오(2004). 인간 동작의 생체·신경 역학적 이해. 서울: 대한미디어.
- 우병훈 외 2인(2000). 스포츠 에어로빅 시 High Kick 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 11(2).
- 유실(2000). 스포츠 에어로빅스의 팔착지 기술이 관절모멘트의 변화에 미치는 영향. 미간행 박사학위 논문 한국체육대학교 대학원.
- 윤남식, 이경옥, 송인아(1999) A Dance Biomechanics Analysis of Turn-Out Vertical Jump in Ballet. 대한무용학회, 무용학회논문집, Vol, 25, 29-142.
- 윤성원 외(2002). 근력 트레이닝과 컨디셔닝. 서울: 대한미디어.

- 윤희중, 문동안(1999). Depth Jump 시 도약 방향 및 연령차이가 역학적 요인에 미치는 영향. 한국운동역학회지 제9권, 제1호, 115-126.
- 이세용(2000). 높이 변화에 따른 착지 시 하지 관절의 기계적 분석. 한국운동역학회 정기학술대회, 1, 1-15.
- 이승민(1999). 높이 변화에 따른 하지 관절의 기계적 분석. 미간행 석사학위논문 연세대학교.
- 전대회, 박춘기(1991). 다양한 Plyometric training 방법이 sargent jump와 제자리멀리뛰기 기록에 미치는 영향. 경기대학교 스포츠과학 논문집.
- 정철수의 5명(1995). 에어로빅스 운동 시 부상 유발 동작의 운동 역학적 분석. 한국운동역학회지, 제 5권, 제1호, 31-40.
- 정현주, 송인아(1997). Turn-out과 Parallel 수직점프의 무용 역학적 분석. 대한무용학회, 무용학회논문집, Vol. 20, 267~288.
- 조성초(1999). Drop Jump에 있어서 맨발착지와 신발 착지의 생체 역학적 분석. 한국체육학회지. 제 38권, 제3호, 715-725.
- 조희령(2002). 텀스점프 시 점프높이의 변화가 발의 안정성과 수평지면반력에 미치는 영향. 울산대학교 체육대학원. 석사학위 논문.
- 한주욱(2002). Plyometric Training의 박스 높이가 남자 중·고 핸드볼 선수의 점프력에 미치는 영향. 선문대학교 석사학위 논문.
- Adrian, M.J and Cooper, J.M.(1989). The biomechanics of human movement. Indiana: Benchmark Press.
- Apell, H. J., Soares, J. M, & Duarte, J. A.(1992). Exercise, muscle damage and fatigue. Sports Med, 13(2), 108~115.
- Bahr, B., Karlsen, R., Lian, O., & Ovreb, R. V.(1994). Incidence and mechanism of acute ankle inversion injuries in volleyball. A retrospective cohort study. America Journal of Sports Medicine, 22(5), 595~600.
- Barrier, B., Kovacs, I., Racz, L., Tkhan, J., DeVita, P., & Hortobagyi, T.(1997). Differential effects of toe versus heel landing on lower extremity joint kinetics. Med. Sci. Sports Exercise, 29(5), s233.
- Bedi, J.F(1987). Increase in jumping hight associated with maximal effort vertical depth jumps. Reseach Quartely, 58, 11-15.
- Benno M. Nigg, Brian R. MacIntosh, Joachim Mester.(2000). Biomechanics and Biology of Movement. Human Kinetic.
- Bobbert, M. F., Huijing. P. A., & Van Ingen Schenau, G. J.(1987). Drop Jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. Medicine and Science in Sport

- and Exercise, 19, 4, 332~338.
- Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J.(1987). Drop Jumping. II. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 19, 4, 339~346.
- Cavagna, G. A.(1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. In : *Exercise and Sports Science Reviews*, vol. 5. pp. 80 - 129.
- Dufek, J. S. and Bates, B. T.(1990). The evolution and prediction of impact forces during landings. *Med. Sci. Sports Exercise*, 22(2), 370-377.
- Holcomb, W. R., Lander, J. E., Rutlad, R. M. & Wilson, G. D.,(1996). A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jump. *J Strength Cond. Res.* 10, 83-88
- Hudson, J. L.(1986). Coordination of segment in the vertical jump. *Medicine and Science in sports and Exercise*, 18(2), 242-251.
- Ingen Schenau, G. j. van, Bobbert, M. F. & Haan, A. de.(1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch shortening cycle? *Journal of Applied Biomechanics.* 13, 389-415
- Jenqdong Lin, Feng-Jen Tsai, Yu Liu.(2004). *The Effect of Passive and Active Impulse on The Performances of Drop Jumps.* ISBS, Ottawa, Canada. pp 23~26.
- Lamb, D. R.(1984). *Physiology of exercise*(2nd). New York : Macmillan Publishing Co., 322.
- M. Michael Read and Craig Cisar.(2001). The Influence of Varied Rest Interval Lengths on Depth Jump Performance. *Journal of Strength and conditioning Research*, 15(3), 279-283.
- McCaw, S. T. and Bates, B. T.(1922). Biomechanical implications of mild leg length inequality. *British Journal of Sport Medicine*, 25, 10-13.
- McNitt-Gray, J, L.(1991). Kinematics and impulse characteristics of drop landing from three heights. *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 201-224.
- Miller, D. I. and East D. J.(1976). Kinematic and Kinetic correlates of vertical humping in women, *Biomechanics V-B*(pp.65-72). Baltimore : University park Press.
- NCAA(1990). *National Athletic Injury/Illness Reporting system.* The Pennsylvania State University.
- Newham, D. J., Mc. Phail, G., Mills, K. R., & Edwards, R. H.(1983). Ulterior structural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *Journal of Neurol Sci*, 61(1), 109~122.
- Nigg B. M.(1985). Biomechanics, load analysis and sports injuries in the lower extremities, *Sports Medicine*, 2, 367~379.

- Nigg Berno M.(1986). Biomechanics of running shoes. Illinois : Human Kinetics Publishers. Inc
- Rack, P. M. H., & Westbury, D. R.(1974). The short range stiffness of active mammalian muscle and its effect on mechanical properties. *Journal of Physiology*, 240, 331~350.
- Schot, P. K., Bates, B. T., & Dufek, J. S.(1994). Bilateral performance symmetry during drop landing: a kinematic analysis. *Med. Sci. Sports Exercise*, 26, 1153-1159.
- Watkins, J. & Green, B. N.(1992). Volleyball injuries:a survey of injuries of Scottish National League male players. *British Sports Medicine*, 26(2).
- Young, W. B., Pryor, J. E. & Wilson, G.J.(1995). Effect of instruction on characteristics of countermovement and drop jump performance. *J Strength Cond. Res.* 9, 232-236
- Zhang, S., Bates, B. S., & Dufek, J. T.(1996). Selected knee joint forces during landing activities. *Proceedings of the 20th annual meeting of American Society of Biomechanics*, Atlanta, Georgia.

투 고 일 : 2005. 02. 15

심 사 일 : 2005. 02. 23

심사완료일 : 2005. 03. 05