

## 스포츠 에어로빅스 팔착지 동작의 지면 반력 분석

유 실  
(한양여자대학)

### I. 서 론

스포츠 에어로빅스의 팔착지 동작은 일반적인 점프의 발착지 동작과는 달리 팔과 다리로 착지하는 기술이다. 스포츠 에어로빅스 규정에 의하면 점프 후 푸쉬업 자세의 팔착지시 손과 발이 동시에 지면에 닿도록 되어있다. 손과 발이 동시에 착지할 경우 충격량이 분산되어 안전한 착지가 이루어지며 따라서 상해 가능성도 줄어들게 된다. 그러나 실제 상황에서는 손이 지면에 먼저 닿으며 착지하는 경우가 많다. 이런 경우 상지의 여러 관절에 가해지는 충격량이 증가하여 상해를 입기 쉽다. 팔관절은 하지 관절에 비해 뼈와 근육의 발달이 빈약하며 구조적으로도 차이가 있기 때문이다. 발목관절은 체중을 가장 많이 지지하는 거골하관절(subtalar joint)의 복합적인 운동에 의해 자연스러운 충격흡수가 일어난다. 거골하관절은 종골(calcaneus)과 거골(talus)로 이루어졌으며, 회내와 굴곡을 동반한 외번(eversion)에 의하여 내측회전(internal rotation)되므로 자연스러운 충격흡수 기전이 있다. 그러나 팔은 기본적으로 착지에 사용되는 관절이 아니므로 자연스러운 충격흡수 기전이 없는 관절이다.

그 동안 점프-착지에 따른 충격량과 관계된 지면반력 연구로서 McNitt- Gray(1994)은 훈련된 체조선수들의 착지동작시 최대수직 지면반력이 높이 32cm·72cm·128cm에서 체중의 3.9배·6.3배·11배로 각각 나타났다고 하였다. Bobbert 등(1987)은 착지시 임팩트 정점의 크기는 착지속도에 비례하여 증가하는데, 착지속도는 드롭점프(drop jump)의 높이에 비례한다고 하여 신체의 낙하지점이 높을수록 충격은 커지게 된다는 것을 시사하고 있다. 또한, 착지기술에 따른 Gross와 Nelson (1988)의 연구에서는 발바닥 앞부분부터 착지하는 경우보다 발바닥 전체로 착지하는 경우가 충격 정점이 더 큰

것으로 밝혀졌다. 또 Barrier 등(1997)은 발의 앞부분부터 착지하는 경우가 뒤꿈치부터 착지하는 경우보다 무릎과 고관절에 미치는 충격량이 더 작았으며, 발목에는 더 큰 충격을 준다고 하였다. 위의 연구들을 토대로 생각해보면 스포츠 에어로빅스의 팔착지 동작은 신체의 낙하점이 높고, 착지자세 또한 매우 낮으며 착지관절이 아닌 팔관절로 큰 충격을 흡수하게 된다. 그러나 이와 같이 현장에서 선수들의 많은 팔관절 상해의 경험에도 불구하고 정량적인 관찰을 통한 구체적인 대체방안이 부족하다. 따라서 본 연구에서는 스포츠 에어로빅스의 팔착지시 팔과 다리의 근육과 관절에 충격을 주는 상해발생 메카니즘을 밝히기 위한 첫 번째 단계로 팔착지시 팔과 다리에 작용하는 지면반력 특성을 분석하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 연구 대상은 전국규모대회 3위내 입상실적이 있는 선수 남 5명으로 선정하였다.

표-1. 연구 대상자의 신체적 특성

구분	인원(명)	신장(cm)	체중(kg)	운동경력(year)
남자선수	5	170.4±1.51	61.6±5.8	3년이상

### 2. 실험설계 및 자료측정(자료수집 절차)

지면반력기(AMTI ORG 6-3) 2대를 1.24m 간격으로 설치하고 컴퓨터와 연결하였으며, 이 때 자료 표집율(sampling frequency)은 200Hz, 자료 표집시간은 3초로 설정하였다. 또한, 피험자들의 동작을 촬영하기 위하여 2대의 고속 카메라(Peak Performance HSC 180-NM)를 오른쪽 4m 떨어진 거리에 위치시켜 피험자들의 동작을 모두 관찰 할 수 있도록 하였다. 카메라속도는 초당 180프레임이며, S-VHS 비디오 테이프를 사용하여 녹화하였다. 실험을 촬영 하기 전에 좌표를 설정하기 위하여 20개의 통제점이 부착된 통제점 틀(V-TEK, 2×2×1)을 피험자의 동작을 완전히 포함할 수 있도록 설치한 다음 약 3분간

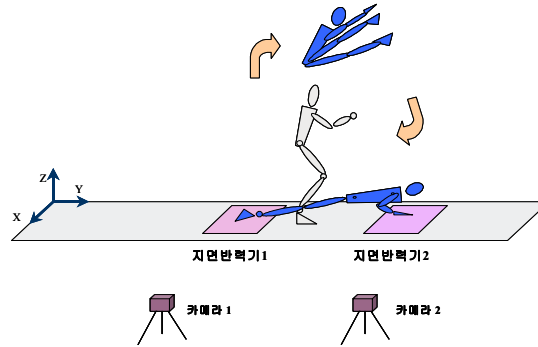


그림 1. 실험도구의 배치

촬영한 후 제거하였다. 본 동작은 좌우대칭을 가정하여 대상자의 오른쪽면만을 분석하였다. 따라서 인체의 오른쪽면 12개의 관절점에 마커(marker)를 부착하였다.

지면반력은 대상자의 체중에 영향을 받기 때문에 각 대상자의 체중으로 나누어 자료를 표준화(normalization)하였다. 2대의 비디오 카메라에서 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용하여 0.005초 간격으로 보간(interpolation)하여 동조(synchroization)하였고, Butterworth의 2nd order 저역통과 필터링(low-pass filtering)를 사용하여 스무딩 하였다. 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 6Hz로 설정하였다(McNitt-Gray 외, 1994).

피험자는 상의와 하의 모두 타이즈를 입혔으며 실험전 20분 이상의 충분한 준비 운동을 실시하도록 하였다. 피험자들의 동작 수행에 있어서 두 대의 지면반력기 사이에서 점프하여 오른손이 앞쪽의 반력기 위에, 오른발이 뒷쪽의 지면반력기 위에 착지하도록 하였다.

### 3. 자료분석

팔 착지시 두팔에 미치는 최대충격력 · 충격량 · 지면반력을 산출하였다.

## Ⅲ. 결과 및 논의

본 연구는 스포츠 에어로빅스 팔착시 팔과 다리에 작용하는 지면반력 특성을 분석하는데 있다. 본 연구의 결과와 논의는 다음과 같다.

표-2. 평균최대지면반력

	hand	foot
Fx	-6.19±2.15	-2.76±1.29
Fy	-4.86±1.77	4.37±1.74
Fz	42.12±11.55	13.40±8.96

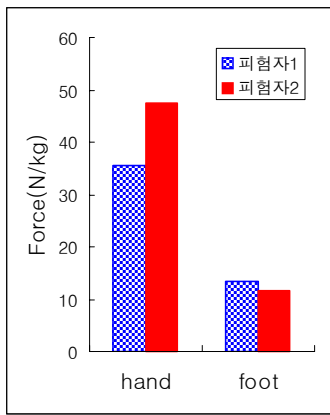


그림 2. 손과발의 최대충격력비교

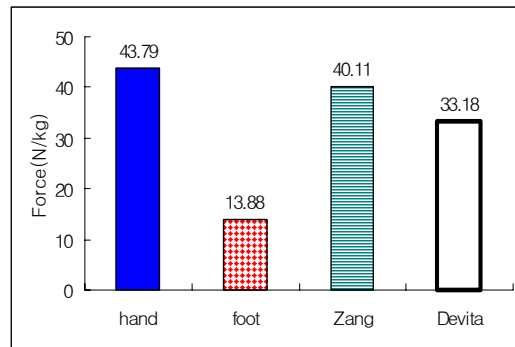


그림 3. 평균수직충격력비교

Zang(1996) : 62cm높이에서 두발로 착지 Fz

Devita & Skelly(1992) : 59cm높이에서 두발로 착지시 Fz

표-2와 같이 스포츠 에어로빅스 팔착지시 손에 미치는 평균 최대충격력은 손이 42.12±11.55, 발이 13.40±8.96로 나타났다. 이것은 그림3에서 볼 수 있듯이 Zang(1996)의 연구에서 62cm 높이에서 두발로 착지할 때 나타난 평균충격력과 Devita & Skelly(1992)의 59cm 높이에서 두발로 착지할 때의 평균충격력과 비교해 보면 이 연구에서 손에 발생한 수직충격력이 얼마나 큰 값인가를 알 수 있다. 다리관절보다 골격과 근의 발달이 빈약한 팔관절에 작용한 충격력이 다른 점프착지 연구의 발에 작용한 크기보다도 크게 나타나 팔관절로 착지할 경우 상해위험이 높아진다는 것을 알 수 있다.

또한 그림2에서 피험자1과 2를 비교해보면 손과 발에 미치는 최대충격력의 크기는 서로 상반됨을 알 수 있다. 즉, 발에 미치는 반력이 클 때 반대로 손에 미치는 반력은 감소하고 있다. 이것은 착지시 발생하는 충격을 손과 발에 분산시켜 손목관절에 미치는 충격을 효과적으로 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다.

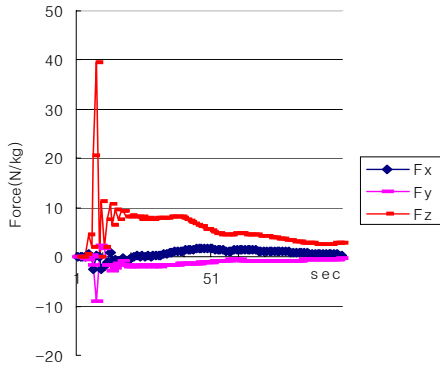


그림4-1. 손에 작용된 지면반력곡선

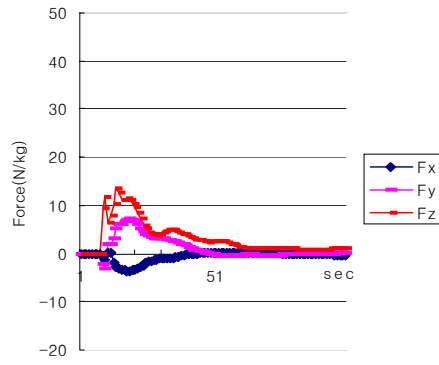


그림4-2. 발에 작용된 지면반력곡선

그림4-1과 4-2를 보면은 이 연구의 팔착지 동작 때 발생하는 충격의 흡수가 얼마나 상체에 치중되어 있는가를 쉽게 알 수 있다. 손에 작용하는 수직지면반력의 크기는 발에 작용하는 수직지면반력의 3배 이상으로 나타났다.

한편, 그림5에 나타난 바와 같이 팔착지의 지면반력 곡선에는 3개의 정점을 찾아볼 수 있다.

먼저 Impact peak1은 손바닥이 지면에 착지하는 순간 일어나는 1차로 충격을 흡수하는 것으로 나타났다. 그 다음 Impact peak2는 손목관절이 굴곡운동을 하면서 2차로 충격을 흡수하는 순간이다. 세 번째 나타나는 Active peak는 2차충격 때 발생한 큰 충격에 의해 팔꿈치관절이 심하게 굽혀지게 되는데 이를 저지하듯 바닥을 밀어내면서 체중을 유지하려는 순간에 발생하는 정점이다.

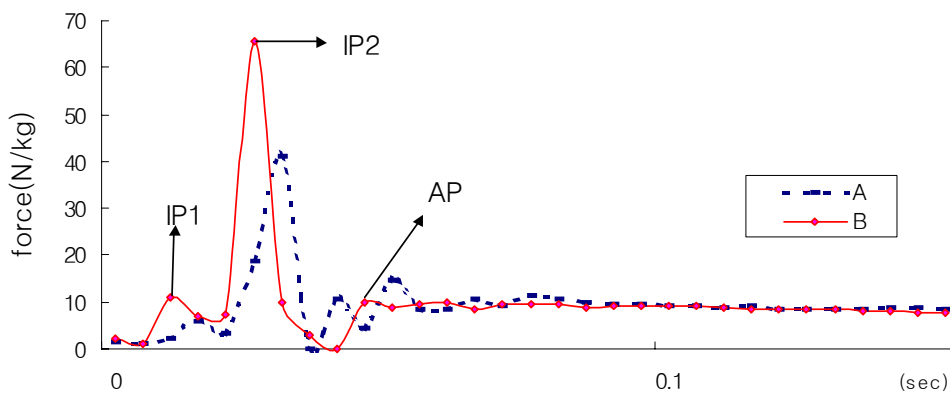


그림 5. 수직지면반력곡선 비교

IP1: Impact peak1, IP2: Impact peak 2, APM: Active peak

## IV. 결 론

스포츠 에어로빅스 팔착지시 팔과 다리에 작용하는 지면반력 특성을 분석한 결과 최대충격력의 경우 다리관절보다 골격과 근의 발달이 빈약한 팔관절에 작용한 반력이 3배 이상이었다. 또한 손과 발에 미치는 최대충격력의 크기는 서로 상반됨을 알 수 있었다. 즉, 발에 미치는 반력이 클 때 반대로 손에 미치는 반력은 감소하고 있었다. 따라서 착지시 팔과 다리를 동시에 착지시켜 충격을 분산시키는 기술이 실제로 선수들에게 적용될 때 손목관절에 미치는 충격을 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다. 또한 지면반력곡선에서 3개의 정점을 찾아볼 수 있었는데, 손바닥이 지면에 착지하는 순간 일어나는 Impact peak1, 손목관절이 굴곡운동을 하면서 2차로 충격을 흡수하는 Impact peak2, 심하게 굽혀진 팔꿈치관절을 밀어내면서 체중을 버티려는 순간에 발생한 Active peak이다. 이러한 3개의 정점을 토대로 보다 상해를 줄일 수 있는 올바른 착지를 위해서는 앞쪽손바닥이 먼저 착지하고 그 다음 뒤쪽 손바닥이 착지하여 1차 충격흡수가 일어나도록 하며 이에 의해 손목관절에 전이되는 충격을 감소시키도록 하고, 손목관절의 충분한 굴곡운동을 통하여 2차로 충격을 흡수시킬 수 있도록 하며 이외에도 상완삼두근의 근육운동이 필수적으로 선행된 후에 팔착지 기술을 습득하도록 하여 선수들의 상해유발을 감소시켜야 할 것이다. 또한 팔꿈치의 효율적인 운동 범위에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 권영후 (1991). Kwon GRF(Ground Reaction Force) Analysis Package Version, 1.0. User's Reference Manual.
- 김철준 (1993). 에어로빅댄스 손상의 원인과 그 예방을 위한 운동처방. 한국에어로빅스 건강과학협회 창립4주년 기념학술세미나. pp.29-34.
- 김철준, 이옥주, 이영숙, 김영숙(1993). 에어로빅댄스 손상의 임상적 내용과 원인. 대한 스포츠 의학 회지, Vo1.No.1
- 오정환 (1998). 수직점프 방법에 따른 지면반력 형태 분석. 제 36회 한국체육학회학술발표회, 575-581.
- 윤희중, 이연중, 이경식, 유실, 정남주 (1997). 수직점프 수행시 두 발의 동시·비동시 스텝에 따른 운동학적 특성. 한국체육대학교 체육과학연구소 논문집, 16(1), 11-20.
- 이세용 (2000). 높이변화에 따른 착지시 하지 관절의 기계적 분석. 한국운동역학회 정기학술대회, 1, 1-15.
- 이영숙외(1990). 에어로빅스 운동과학. 보경문화사.
- 임규찬 (1997). 에어로빅스 스텝 박스의 높이가 슬관절 모멘트에 미치는 영향. 한국운동역학회지, 7(2), 45-64.
- 하권익 외 3인 (1985). 운동선수의 스포츠손상에 대한 임상적 분석. 대한스포츠의학회지, 3(1), 15-19.
- Aragon-Vargas, L. F., & Gross, M. M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: Differences Within Individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 1, 45-65.
- Barrier, J., Kovacs, I., Racz, L., Tkhan, J., DeVita, P., & Hortobagyi, T. (1997). Differential effects of toe versus heel landing on lower extremity joint kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5), 233.
- Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & van Ingen Schenau, G. J. (1987). Drop jumping II, The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4), 339-346.
- Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J.(1987). Drop jumping I, The influence of dropping technique on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(2), 332-338.
- DeVita, P., & Skelly, W. A. (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 108-115.

- Dufek, J. S., & Bates, B. T. (1990). The evaluation and prediction of impact force during landings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 370-376.
- Gross, T. S., & Nelson, R. C. (1988). The shock attenuation role of the ankle during landing from a vertical jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 506-514.
- Hamill, J., & Kathleen, M. K. (1995). *Biomechanical basis of Human Movement*. University of Massachusetts, 23-31.
- McCaw, S. T., & Bates, B. T. (1991). Biomechanical implications of mild leg length inequality. *British Journal of Sports Medicine*, 25, 10-13.
- McNitt-Gray, J. L., Eagle, J. P., Elkins, S., & Munkasy, B. A. (1996). Modifications in joint kinetics during stop and go landing movements under fatigued and non-fatigued conditions. *Presented at the 20th annual meeting of American Society of Biomechanics*, Atlanta, Georgia.
- Michaud, T. J., Rodriguez-Zayas, J., Armstrong, C., & Hartnig, M. (1993). Ground reaction forces in high impact and low impact aerobic dance. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 33(4), 359-366.
- Panzer, V. P., Wood, G. A., Bates, B. T., & Mason, B. R. (1988). Lower Extremity Loads in Landings of Elite Gymnasts. *Biomechanics XI-B*(G.deGroot, A. Hollender, P. Huijing, G. J., van Ingen schenau, Eds), Amsterdam, Free University Press.
- Pratt, D. J. (1988). Mechanism of shock attenuation via the lower extremity during running. *Clinical Biomechanics*, 4, 51-57.
- Radin, E. L., Paul, I. L., & Rose, R. M. (1975). Mechanical factors in the aetiology of osteoarthritis. *Annals Rheumatic Disease*, 34, 132-133.
- Schot, P. K., Bates, B. T., & Dufek, J. S. (1994). Bilateral performance symmetry during drop landing : a kinematic analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 1153-1159.
- Simpson, K. J., & Bates, B. T. (1990). The effects of running speed on lower extremity joint moments generated during the support phase. *International Journal of Sports Biomechanics*, 6, 309-324.
- Stacoff, A., Kaelin, X., & Stuessi, E. (1987). The impact in landing after a volleyball block. *In Proceedings of the XIth International Congress of Biomechanics*, Amsterdam, Netherlands.
- Winter, D. A. (1983). Moments of force and mechanical power of jogging. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 91.
- Zhang, S. (1996). Selected aspects of biomechanical and neuromuscular responses to landing performance. *unpublished doctoral dissertation*, Oregon state of University.



## ABSTRACT

### Analysis of the Ground Reaction Force of Arm Landing during Sports Aerobics

Yoo, Sil

(Hanyang Women's College)

The purpose of this study is to analyze the ground reaction force of arm landing on arm and leg during sports aerobics. Subjects of this study were total 10 players of 5 males and 5 females who have are domain sports aerobics medalists more than the third place in national tournaments. The subjects jumped between the two ground reaction force analyzers, while landing their right hand on the front platform(#1) and their right leg on the rear platform(#2), and the data frequency was set to 200Hz.

Findings of this study are as follows;

More than 3 times of impact peak force of vertical reaction force acted on arm joint than on leg joint. And, when ground reaction force on foot increased, ground reaction force on hand decreased. 3 impact peaks of curve of ground reaction force were found - Impact Peak 1 incurred on the time the palm lands on the ground, Impact Peak 2 absorbing shock secondarily on wrist joint, and Active Peak incurred on the time of holding the weight while pushing out the severely bent elbow joint.