



드롭 착지 동작 시 탄성 섬유 바지 착용이 충격력과 근육 활동에 미치는 영향

Effects of Wearing Spandex Pants on Impact Forces and Muscle Activities during Drop Landing

채원식* · 강년주(경북대학교)

Chae, Woen-Sik* · Kang, Nyeon-Ju(Kyungpook National University)

국문요약

본 연구의 목적은 드롭 착지 동작 시 탄성 섬유 바지 착용이 충격력과 근육 활동에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하는데 있다. 10명의 피험자를 대상으로 7쌍의 표면전극을 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 대퇴이두근, 전경골근, 내측비복근, 외측비복근에 부착하고 탄성 바지와 일반 바지를 무작위로 착용한 상태로 플랫폼에서 드롭 랜딩하였고 각 변인에 대해 대응표본 t-검증을 실시하여 통계적 유의차를 밝혔다($p < .05$). 착지 구간 동안 전경골근, 대퇴이두근, 내측비복근의 평균적분 근전도치가 일반바지 착용 시 유의하게 감소되었다. 대퇴직근을 제외한 모든 근육에서 최대 적분 근전도가 탄성바지 착용 집단이 높게 나타났다. 탄성바지 착용 시 신체 하지분절의 감속과 안정을 유지하기 위한 근육 동원 능력이 높아져 이러한 현상이 발생되어진 것으로 사료된다. 탄성바지 착용이 충격력과 부하율의 감소에 통계적으로 유의한 결과를 발생시키지 못하였다. 본 연구에서 사용된 탄성바지는 피험자의 하지 둘레에 적합하게 제작되어진 바지가 아니기 때문에 탄성과 압축력이 이상적으로 발생되지 못한 것으로 판단된다.

ABSTRACT

W. S. CHAE, and N. J. KANG, Effects of Wearing Spandex Pants on Impact Forces and Muscle Activities during Drop Landing. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 3, pp. 603-610, 2009. The purpose of this study was to determine how spandex pants affect impact force and muscle activities in the lower extremity. Seven pairs of surface electrodes were attached to the right-hand side of the body. Paired t-test was performed to test if significant difference exist between two conditions($p < .05$). The average IEMG activities in the TA, BF, and GM during the landing phase reduced significantly with spandex pants compared to regular pants. All peak IEMG activities except the RF in wearing spandex pants group were significantly greater than the corresponding values in wearing regular pants one. The greater muscle activity recorded in wearing spandex pants can be attributed to the greater motor unit recruitment needed to decelerate and stabilized their bodies. Impact force and loading rate were not significantly decreased with wearing spandex pants. Since the spandex pants used in this study were not custom-fit based on girth of each participants thigh and shank, compression and elasticity for the pants could not be optimized.

KEYWORDS : DROP LANDING, SPANDEX, EMG, GRF, MUSCLE ACTIVITY.

본 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-331-G00011)

*Corresponding Author : 채원식
대구광역시 북구 산격3동 경북대학교 사범대학 체육교육과
Tel : 053-950-5932 / Fax : 053-955-4235
E-mail : wschae@knu.ac.kr

I. 서론

일상생활과 다양한 스포츠 활동 상황에서 점프 후 착지 동작은 빈번하게 발생되어진다. 점프 후 착지 동작은 매우 강한 충격력과 근육조율을 유발시키며 이것은 잠재적인 신체 상해 및 부상의 원인이 될 수 있다. 인체 근골격계에 작용되어지는 충격력과 근육조율은 적절하게 조절 제어되어야 하며 강한 스트레스가 신체에 지속적으로 작용되어지면 신체 상해가 유발되어질 수 있다(Nigg & Bobbert, 1990).

점프 후 착지 동작은 반복적이며 매우 강한 하지관절의 신전동작이 요구되어진다. 이러한 동작은 하퇴삼두근과 대퇴사두근의 강력한 신장성 수축을 유발시키며, 이것은 발목관절과 슬관절 주위의 골격이나 인대에 강한 스트레스를 발생시킨다. Mizrahi와 Susak(1982)는 골절과 관절 퇴행은 착지 운동 시 하지 관절에 부과되어지는 과도한 충격의 결과에 따른 것이라고 보고하였다. 따라서 신체 근골격계에서 충격력을 적절하게 감소시키는 능력이 운동 부상을 예방하는데 매우 중요한 요소라고 밝혔다.

일반적으로 드롭 착지 시 충격력은 드롭 되는 지점의 높이, 착지하는 기술, 지면의 특성에 따라 달라진다. Mizrahi와 Susak(1982)는 드롭 착지 시 체중의 1.7-6.2배 정도의 충격력이 발생되어지며 이러한 충격력은 드롭 되는 지점의 높이와 착지 기술에 따라 달라짐을 보고하였다. Valiant와 Cavanagh(1985)는 발중간착지 시 체중의 2.3-7.1배의 충격력이 발생하며, 앞발이나 발뒤꿈치로 착지할 때 보다 충격력이 높게 발생되어짐을 보고하였다. Gross와 Nelson(1988)은 앞발로 착지하는 방법이 발가락-발뒤꿈치 착지 방법보다 충격력을 현저하게 줄일 수 있음을 보고하였다.

Kaelin, Stacoff, Denoth와 Steussi(1988)은 드롭 착지 시 신발 밑창의 재질이 충격력에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하여 부드러운 신발 밑창이 3.3-18%의 충격력 감소를 발생시킨다고 보고하였다. 따라서 부드러운 밑창은 착지에 따른 충격력을 흡수하여 발목을 포함한 인체의 여러 관절을 보호하고 부상을 예방하는 역할을 한다는 것을 밝혔다. Devita와 Skelly(1992), Dufek,

Caster와 Bates(1989)은 착지 기술이 운동역학적 변인에 미치는 효과를 연구하였다. 그들은 부드러운 착지 시 지면반력, 회전력, 파워 그래프의 형태는 유사하게 나타났지만 경직된 착지 시 지면반력의 값이 증가되어짐을 보고하였다. McNitt-Gray, Yokoi와 Millward(1994)는 69 cm의 높이에서 부드러운 매트, 딱딱한 매트, 지면반력기 위로 체조 선수들을 착지시켜 지면반력의 특성을 살펴보았다. 그들은 착지 지면이 딱딱해 짐에 따라 최대 지면반력치가 감소하며 최대 지면반력치에 도달하는 시간이 감소되어짐을 보고하였다.

Nigg와 Wakeling(2001)은 반복적인 충격력이 달리기와 관련되는 만성적 혹은 급성적 부상의 중요 요인으로 볼 수 없다고 밝혔다. 또한 과도한 충격력이 인체 근골격계에 손상을 유발시킬 가능성은 있지만 동시에 생체 조직 강화라는 긍정적인 작용도 할 수 있음을 보고하였다. 그들은 이러한 결론을 바탕으로 연부조직의 진동을 최소화하기 위한 근육활동의 변화가 운동 부상에 직접적인 원인이 된다는 새로운 가설을 발표하였다. 그들의 가설에 따르면 운동 시 발생되어지는 충격력은 특정한 주파수 영역을 가지고 있으며 충격력의 고유 주파수는 연부조직의 주파수대와 일치하는 부분이 생겨 공진(resonance) 현상이 발생되어질 수 있다고 하였다. 따라서 연부조직은 공진현상을 피하기 위해 충격력과 다른 고유주파수 영역과 진동 흡수력을 가져야 하며 이것은 근육활동의 변화를 통하여 가능하다고 보고하고 있다. Nigg(1997), Nigg와 Wakeling(2001)의 연구에 따르면 충격력의 주파수가 연부조직의 고유주파수와 유사할 때 근육활동의 변화가 가장 높게 발생하였으며 충격력의 주파수가 연부조직의 고유주파수와 명백한 차이가 발생할 때 근육활동의 변화가 가장 적게 나타남을 보고하였다. 이러한 근육활동의 변화는 피험자, 각기 다른 연부조직, 신발과 운동 지면의 특성에 따라 변화될 수 있다고 보고하였다.

Nigg, Boyer, Cole와 Stefanyshyn(2005)은 후속 연구에서 충격력은 하퇴, 대퇴 분절과 연결된 발이 지면에 닿을 때 급속한 감속의 결과에 의해 발생되어지며 이러한 감속은 연부 조직의 진동을 발생시킨다고 보고하였다. 따라서 근육은 자체의 고유주파수와 충격 흡수 특성을 변화시킴으로써 이러한 연부조직의 진동을 최소화

하여 연부조직의 손상을 막을 수 있다고 하였다. 그들이 제시한 충격력에 대한 새로운 아이디어는 점성이 있는 신발 착용과 운동 지면의 효과를 통해서도 설명이 가능하다고 하였다. 그들은 점성 물질이 저역 통과 필터의 역할을 수행하여 고주파 영역의 신호를 제거하기 때문에 이상적인 주파수를 유발 시키며 충격 흡수 조건을 가진 물질을 통해 충격력의 제어가 가능할 것으로 판단하였다.

본 연구의 목적은 신발의 재질이나 지면의 특성 변화를 통한 충격완충 효과를 다룬 기존의 선행연구 관점에서 벗어나 드롭 착지 동작 시 탄성 섬유 옷 착용이 근육 활동과 충격력에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보는 데 있다. 이를 위해 탄성 섬유 옷을 착용 시킨 후 드롭 점프 후 착지를 실시하여 하지관절에 작용하는 운동학적, 운동역학적 변인들의 변화를 비교 분석하기 위하여 지면반력기를 통한 지면반력, 부하율(loading rate)을 측정하여 하지관절에 작용하는 충격력을 살펴보았다. 또한 근전도 측정 기구를 사용하여 근육의 활동정도를 정량화하여 탄성 섬유 옷 착용이 하지근육의 활동에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구를 위해 근골격계에 이상이 없는 K 대학 학생 10명을 피험자로 선택하였으며, 피험자는 실험에 앞서 피로를 유발시킬 수 있는 강도 높은 신체 활동은 실험 4주 전부터 금지하였다. 이들의 평균 연령은 20±1.2 years, 신장 176.5±3.5cm, 체중 659.2±45.5 N, 대퇴둘레 51.3±2.4 cm, 하퇴둘레 38.1±1.4 cm이다.

2. 실험 장비

본 실험을 위해서 디지털 캠코더(Sony DCR-HC48, 60 field/s)가 정면과 우측 약 10 m 거리에 각각 1대씩 설치되었다. 지면반력, 부하율(loading rate)과 압력 중

심의 변위값 측정하기 위하여 지면반력기(AMTI, OR6-5) 2대가 사용되었으며 데이터는 200 Hz의 샘플링 속도로 KwonGRF program(Visol Inc, Korea)을 사용하여 수집하였다. 기본적인 전체 시스템은 센서유닛, 로드셀 구동회로 및 증폭기, 동기화 샘플 및 송신모듈, A/D 변환기로 구성되었다. 또한 하지 근육의 활동정도를 밝히기 위해서 7쌍의 표면 전극(QEMG8, Laxtha Korea, gain = 1,000, input impedance > 10¹² Ω, CMRR > 100 dB)을 피험자의 오른쪽 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 대퇴이두근(단두), 내측비복근, 외측비복근, 전경골근에 부착하고 접지전극은 상전장골극에 부착하였다(표 1). 이때 표면전극은 탄성 섬유복 및 운동복 내부에 부착되었다.

표 1. 표면 전극 부착지점

| 근육 | 전극 부착 위치* | |
|------------|-------------------------|---|
| 대퇴직근 (RF) | 상전장골극과 슬개골침의 50% 지점 |  |
| 외측광근 (VL) | 상전장골극에서 외측 슬관절의 75% 지점 |  |
| 내측광근 (VM) | 상전장골극에서 내측 슬관절의 80% 지점 |  |
| 대퇴이두근 (BF) | 좌골결절과 비골돌기의 50% 지점 |  |
| 내측비복근 (GM) | 내측 슬관절에서 종골융기의 35% 지점 |  |
| 외측비복근 (GL) | 외측 슬관절에서 종골융기의 30% 지점 |  |
| 전경골근 (TA) | 슬개골저부에서 외측 발목관절의 35% 지점 |  |

Note. * U.S. Department of Health and Human Services (1993).

표 2. 최대 정적 수축 근전도 측정 방법

| 최대 정적 수축 | 신체 위치 |
|----------|---|
| 슬관절 신전 | 의자에 앉아 경골을 수직으로 위치시킴. 저항은 발목 앞부분에서 뒷방향으로 적용함 |
| 슬관절 굴곡 | 의자에 앉아 경골을 수직으로 위치시킴. 저항은 발목 뒷부분에서 앞방향으로 적용함 |
| 족저 굴곡 | 똑바로 서 있음. 저항은 어깨위에서 수직하 방향으로 적용함 |
| 배측 굴곡 | 의자에 앉아 경골을 수직으로 위치시킴. 저항은 발가락 끝부분에 수직하 방향으로 적용함 |

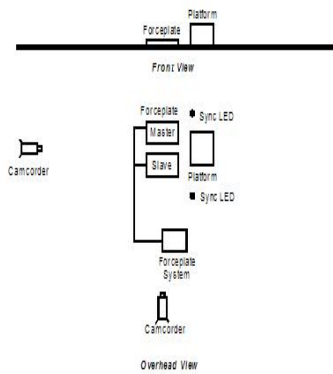


그림 1. 실험 기구 설치

신호 간섭을 최소화하기 위해 사전 증폭기가 설치된 표면전극이 사용되었고, 자료수집 시 각 근전도 자료는 오실로스코프에서 감시되었다. 자료 표준화를 위해 발목과 무릎관절의 최대 정적 신전과 굴곡수축을 실제 데이터 수집 전에 측정되었다(표 2). 피험자별 최대 정적 수축 근전도(MVIC)를 자료 분석 시 반영하여 %MVIC로 표준화시킨 결과를 집단 간 비교 분석하였다. 최대 정적 수축 근전도치 측정과 실제 근전도 데이터는 샘플링 속도 1024 Hz로 5초간 각각 수집되었다. 카메라, 근전도 측정기와 지면반력기의 동조를 위해 실제 자료수집 시 5볼트의 신호를 2대의 LED(a light-emitting diode)에 보내고 동시에 근전도 측정기, 지면반력 측정기와 연결된 A/D board에 외부신호가 전달되는 동조 유닛(Visol Inc, Korea)을 사용하였다. 드롭 점프를 위해 넓이 1 m, 높이 0.5 m의 플랫폼을

제작하여 두 대의 지면 반력기(AMTI OR6-5) 후면 중앙에 설치하였다(그림 1). 피험자는 골반, 대퇴, 하퇴 전체를 덮는 탄성 섬유 바지(Capsrok Inc, Korea)와 일반 운동하의를 각각 착용하였다.

3. 실험 절차

모든 피험자는 실험에 데이터 수집 전 5분 동안 가볍게 몸을 풀고 드롭 점프 후 착지동작 연습을 수차례 실시하였다. 피험자는 동일한 운동복 하의와 운동화를 착용한 상태에서 드롭 점프 후 착지 동작을 실시한 다음, 탄성 섬유복 착용 후 동일한 동작을 시행하였다. 피로가 발생하지 않은 상태에서 실험 동작을 시행하기 위해 데이터 수집 간 약 5분의 휴식시간이 피험자에게 주어졌으며, 연구자에 의해 각 조건에서 자료수집이 5초간 실시되었다.

4. 자료 분석

1) 주요 시점 및 구간 설정

촬영되어진 드롭 점프 후 착지 동작은 카메라 분석을 통하여 2가지 시점(event)와 1개의 구간(phase)으로 구분하였다. 첫 번째 시점은 발이 0.5 m 높이의 플랫폼에서 떨어져 지면반력기에 닿은 순간(landing event, LE), 두 번째 시점은 발이 지면반력기에 닿은 후 무릎 관절이 최대로 굴곡되는 순간(maximum knee flexion, MF)으로 구분하였으며, 두 시점 사이를 landing phase(LP)로 분류하여 데이터를 분석하였다.

2) 지면반력 분석

전후, 좌우, 수직 지면반력값을 측정하여 분석하였다. 또한 수직 지면반력 자료를 사용하여 Landing phase 구간 동안의 최대 수직반력(Peak VGRF)과 부하율(loading rate)을 계산하였다. 부하율은 아래의 공식에 의해 계산되었다.

loading rate ($\times BW / sec$) = $(Fz_{max} / Fz_{max\ reached\ time})$ Fz_{max} 는 발의 지면 착지 시 발생하는 최대 수직 반력값(impact peak, N), $Fz_{max\ reached\ time}$ 은 발의 지면 착지 순간으로부터 Fz_{max} 발생하는 시점까지 걸린

시간(impact peak time, sec)을 말한다.

3) 근전도 분석

근전도 데이터는 A/D 변환기에 전송되기 전에 1000 Hz의 저역 통과 필터링을 하며 그 이후에 10 Hz의 고역 통과 필터링을 실시하였다. 근전도 데이터는 전과 정류 처리를 하며 최대 정적 수축 근전도치에 대하여 아래의 공식을 사용하여 표준화하였다. 각 피험자와 각 조건에 따라 구간별 최대 근전도치와 평균 근전도치를 계산하였다.

$$nEMG = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{max}}$$

EMG_{raw}는 정류화하고 필터 처리된 실제 운동 시의 근전도치이며, EMG_{max}는 무릎관절의 최대 정적 신전과 굴곡 수축 시 발생되어진 최대 근전도치를 의미한다.

5. 통계처리

비디오를 통해 확인된 중요한 동작 순간을 이용하여 지면반력값, 수직 지면반력값이 최대치에 이르는 비율인 부하율과 표준화된 근전도 값의 평균과 최대치를 구하여 각 집단별 통계적 유의성을 검증하기 위해 SPSS 14.0을 이용하여 유의성 수준($p < .05$)에서 *paired t-test* 분석을 실시하였다.

III. 결과 및 논의

1. 지면반력 분석

지면 반력 자료는 LP 구간에서 발견되어지는 수직 지면 반력값을 통해 비교 분석되었으며 아래에 제시된 Fz값은 수직(+방향) 값이다. LP 구간에서 발견되어지는 최대 수직 반력값 및 부하율은 두 집단 간에 유의한 차이는 없었다.

McCaw와 Cerullo(1999)는 착지 시 운동범위의 제한

표 3. LP 구간에서의 최대 수직 반력값 및 부하율

| | landing phase | |
|--------------------------|---------------|---------------|
| | Regular pants | Spandex pants |
| F _z max (×BW) | 2.20(0.14) | 2.18(0.11) |
| loading rate (×BW/sec) | 42.34(7.54) | 41.37(6.97) |

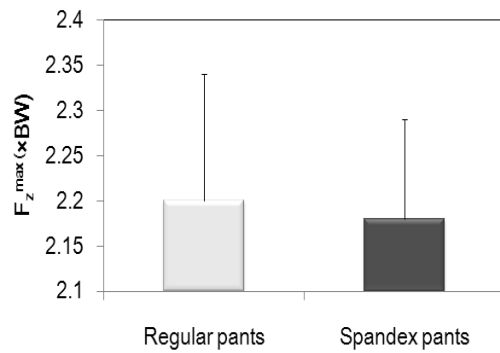


그림 2. 최대 수직 지면 반력값

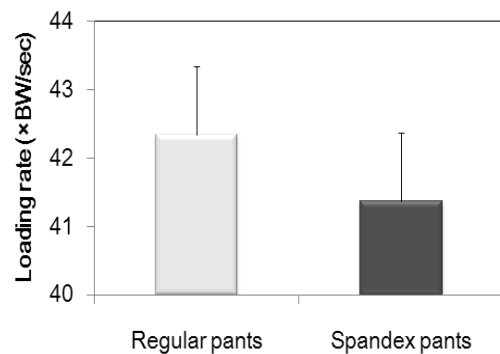


그림 3. 부하율

이 충격력과 에너지 흡수와 밀접한 관련이 있다고 보고하였다. 하지만 탄성 섬유복이 피험자의 하지 운동범위를 변화시켜 지면반력 형태의 차이를 나타낼 수 있는 적절한 수축성과 탄력성을 제공하지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 또한 탄성섬유복과 운동범위의 관계는 차후 운동학적 변인 연구를 통해 밝혀야 할 것으로 사료된다.

2. 근전도 분석

평균적분 근전도치에서는 대퇴이두근, 전경골근, 내

표 4. LP 구간에서의 평균적분 근전도치 (unit: %MVIC)

| Average IEMG | | |
|--------------|----------------|----------------|
| | Regular pants | Spandex pants |
| RF | 18.45 (9.78) | 21.26 (11.17) |
| VL | 31.29 (19.83) | 59.32 (43.47) |
| VM | 32.72 (25.37) | 50.93 (20.87) |
| BF | 13.18 (12.56)* | 31.03 (23.51)* |
| TA | 8.54 (7.09)* | 26.34 (14.42)* |
| GL | 7.63 (3.58) | 30.56 (25.72) |
| GM | 9.53 (4.16)* | 39.88 (21.54)* |

Note. Significant difference between wearing regular pants and wearing spandex pants at
* $p < .05$, Standard deviation in parentheses.

표 5. LP 구간에서의 최대적분 근전도치 (unit: %MVIC)

| Maximum IEMG | | |
|--------------|------------------|------------------|
| | Regular pants | Spandex pants |
| RF | 96.44 (42.33) | 126.19 (115.72) |
| VL | 110.79 (72.55)* | 245.57 (181.46)* |
| VM | 150.46 (120.92)* | 224.32 (128.05)* |
| BF | 51.86 (45.84)* | 140.40 (73.71)* |
| TA | 36.95 (25.52)* | 135.92 (60.69)* |
| GL | 32.34 (16.58)* | 157.96 (98.92)* |
| GM | 37.52 (22.08)* | 166.70 (72.27)* |

Note. Significant difference between wearing regular pants and wearing spandex pants at
* $p < .05$, Standard deviation in parentheses.

측 비복근에서 탄성 섬유복 착용 집단이 일반 운동하의 착용 집단보다 유의하게 높은 값을 나타내었다(표 4). 또한 최대적분 근전도치에서도 대퇴직근을 제외한 모든 근육에서 탄성 섬유복 착용 집단이 유의하게 높은 값을 나타내었다(표 5).

Devita와 Skelly(1992)는 신전근의 작용에 의하여 발생하는 모멘트는 이심성 수축을 발생시켜 골격계에 작용되는 운동 에너지를 흡수하여, 신체 무게중심이 아래로 이동하는 것을 멈추게 한다고 보고하였다. 따라서 탄성 섬유복을 착용한 경우가 착지 시 수직 하방으로 발생하는 인체 중심 이동속도를 감소시키고, 안정된 자세를 유지하기 위하여 운동 단위 동원에 더 큰 영향을 미친 것으로 사료되어 진다.

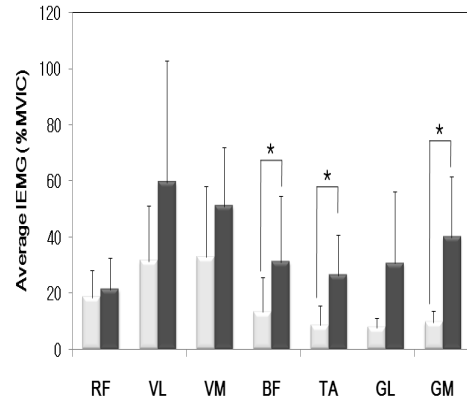


그림 4. 평균 적분 근전도

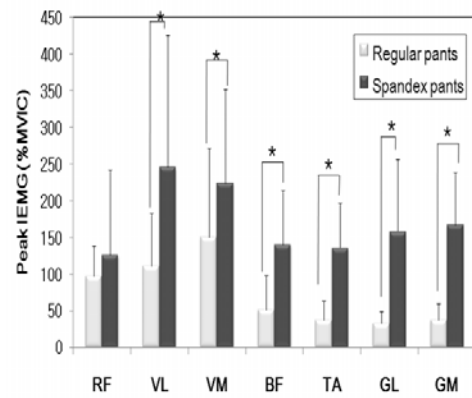


그림 5. 최대 적분 근전도

Bosco와 Viitasalo(1982)는 EMG signal의 증가는 근육의 강도가 증가하는 것이고, 이는 결과적으로 근육이 탄성 에너지를 저장하고 활용할 수 있는 능력이 증가함을 의미한다고 보고하였다. 착지 동작에 있어서 안정성과 균형을 유지하기 위해서는 근육 활성을 유지하는 것이 필수적이다. 특히 무릎 주변의 신근은 착지 동작 시 발현되는 관절 회전력을 감소시키기 위해 착지 이전에 반드시 높은 활동을 보인다. 따라서 탄성 섬유복 착용 집단이 착지 시 충격력에 의해 발생할 수 있는 상해를 감소시키기 위하여 보다 높은 근육 활동을 보인 것으로 사료되어 진다.

또한 스포츠 테이핑의 경우 피부에 접촉하여, 보다 높은 피부 고유수용성감각을 제공한다고 보고하였다(김창인, 권오윤, 이충휘, 2001; Refshauge, Kilbreath &

Raymond, 2000). 따라서 스포츠 테이핑과 같이 탄성을 지닌 섬유복 착용이 근육의 안정성에 기여하는 고유수용감각을 향상시키는데 영향을 미친 것으로 사료되어진다. 즉, 탄성 섬유복이 관절 고유수용감각 향상시켜 신체의 안정성을 보다 높이기 위하여 착지 동작 동안 하지의 근육활동이 더 크게 나타난 것으로 볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 결과 탄성 섬유복 착용 및 일반 운동하의 착용 후 드롭 착지 동작 시 근육활동에 있어 유의한 차이가 있음이 밝혀졌다. 탄성 섬유복 착용 집단이 높은 근전도 활동을 보인 것은 착지 동작 시 안정성과 균형을 유지하기 위함과 고유수용감각이 향상된 것으로 사료되어진다. 반면 수직지면반력, 도달시간, 부하율에 있어 두 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 보아 탄성 섬유복 착용이 드롭 착지 동작 시 충격력 감소에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

향후 탄성 섬유복 착용이 드롭 착지 동작에 미치는 영향에 대해 보다 의미있는 결론을 도출하기 위해서는 관절의 운동학적, 운동역학적인 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김창인, 권오윤, 이충휘(2001). 테이핑이 발목의 관절가동범위와 고유수용성감각에 미치는 영향. **한국전물리치료학회지**, 8(3), 1-10.
- Bosco, C., & Vistallo, J.(1982). Potentiation of myoelectrical activity of human muscles in vertical jumps. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 22, 549-562.
- Devita, P., & Skelly, W.(1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 108-115.
- Dufek, J. S., Caster, B. L., & Bates, B. T.(1989). Evaluation of position constraints on landing performance. *Proceedings of 13th American Society of Biomechanics*, 226-227.
- 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, 506-514.
- Kaelin, X., Stacoff, A., Denoth, J., & Steussi, E.(1988). Shock absorption during landing after a jump. In: *Biomechanics XI-B*(eds G. De Groot, A.P. Hollader, P.A. Huijijng & G.J. Van Ingen Schenau), 685-688. Free Vniversity Press, Amsterdam.
- McCaw, S. T., & Cerullo, J. F.(1999). Prophylactic ankle stabilizers affect ankle joint kinematics during drop landing. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 31(5), 702-707.
- McNitt-Gray, J. L., Yokoi, T., & Millward, C.(1994). Landing strategies used by gymnasts on different surfaces. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 237-252.
- Mizrahi, J., & Susak, Z.(1982). Analysis of parameters affecting impact force attenuation during landing in human vertical free fall. *Engineering in Medicine*, 11, 141-147.
- Nigg, B. M.(1997). Impact forces in running. *Current Opinion in Orthopaedics*, 8, 43-47.
- Nigg, B. M., & Bobbert, M.(1990). On the potential of various approach in load analysis to reduce the frequency of sports injuries. *Journal of Biomechanics*, 23, 3-12.
- Nigg, B. M., Boyer, K., Cole, G., & Stefanyshyn, D. (2005). *Impact forces, soft tissue vibrations and muscle tuning*. 2005 추계 한국운동역학회 학술대회 & 스포츠용품 심포지엄 논문집, 31-39.
- Nigg, B. M., & Wakeling, M.(2001). Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. *Exercise and Sport Science Reviews*, 29, 37-41.

- Refshauge, K. M., Kilbreath, S. L., & Raymond, J. (2000). The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 32, 10-15.
- Valiant, G. A., & Cavanagh, P. R.(1985). A study of landing from a jump: Implications for the design of a basketball shoe. In Winter, D.A. & Norman, R.W. (Eds.), *Biomechanics IX* (pp. 117-122). Champaign, IL: Human Kinetics Publisher.
- U. S. Department of Health and Human Services. (1993). *Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: Expert perspectives*. (DHHS Publication No. 91-100). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

투 고 일 : 06월 30일
심 사 일 : 07월 30일
심사완료일 : 09월 21일