



## 다운증후군 아동의 수직점프 동작 수행 시 지면반력과 근육활동의 규명

### Ground Reaction Force and Muscle activity in Children with Down Syndrome during Vertical Jump

유연주 · 임비오\* · 김석범 · 남기정 · 최범권(서울대학교) · 김민회(인하대학교)

Yu, Yeon-Joo · Lim, Bee-Oh\* · Kim, Suk-Bum · Nam, Ki-Jung ·

Choi, Bum-Kwon(Seoul National University) · Kim, Min-Hoe(In-Ha University)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 다운증후군 아동들의 점프와 착지 능력 향상을 위해 다운증후군 아동의 점프와 착지 동작 수행 시 지면반력과 근육 활동을 규명하는 것이다. 다운증후군 아동 6명과 정상아동 1명이 수직 점프 후 착지 동작을 수행하였으며, 대퇴이두근, 대퇴직근, 전경골근 및 비복근의 근육활동과 지면반력이 분석되었다. 다운증후군 아동들은 점프 동작 수행 시 추진구간에서 비복근을 제대로 사용하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 비복근의 소극적인 활동은 다운증후군 아동의 발 앞꿈치 이지 전 0.3초 동안 충격량이 정상아동에 비해 작게 나타난 결과와 일치한다. 다운증후군 아동의 제 2 수직지면반력은 정상 아동에 비해 늦게 나타나, 다운증후군 아동들은 건강한 아동에 비해 무릎을 더 많이 굽혀 착지했음을 알 수 있다. 다운증후군 아동의 제 1 및 제 2 수직지면반력, 다운증후군 아동 D3을 제외한 다운증후군 아동의 제 2부하율은 정상아동 보다 작게 나타났다. 운동기술이 저하된 다운증후군 아동은 착지 시 지면으로부터 발생하는 충격을 흡수하는 능력이 정상아동에 비해 떨어지는 것으로 나타났다.

#### ABSTRACT

Y. J. YU, B. O LIM, S. B. KIM, K. J. NAM, B. K. CHOI, and M. H. KIM, Ground Reaction Force and Muscle activity in Children with Down Syndrome during Vertical Jump. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No. 1, pp. 107-115, 2008. The purpose of this study was to investigate muscle activity and vertical ground reaction force(F) in children with Down syndrome(DS) during vertical jump. Six DS and one healthy child performed vertical jump. Four muscles(Biceps femoris, Rectus femoris, Tibialis anterior & Gastrocnemius) and F were analyzed. Gastrocnemius in DS showed lower muscle activity in a propulsive phase. Impulse during 0.3sec before toe-off in DS displayed lower value than that in the healthy child. The second peak of F in DS occurred later than that in the healthy child, so DS performed landing with their knee more flexed. The first and second peak of F and loading rate to the second peak of F in DS showed lower value than those in the healthy child. Therefore, DS might have lower ability to absorb the force while landing from a vertical jump.

KEYWORDS : DOWN SYNDROME, VERTICAL JUMP, MUSCLE ACTIVITY, FORCE

## I. 서론

다운증후군(Down Syndrome)은 염색체이상에 의한 유전적 장애이며 정신지체를 동반하는 질환이다 (Goodman & Miedaner, 1998). 다운증후군 환자들은 근육긴장저하(hypotonia)와 인대의 이완(ligamentous laxity)과 같은 특징을 가지며, 이러한 특징은 근육의 자율 조절에 영향을 주며 운동 기술 발달을 지연시키고, 관절 탈구의 가능성을 증가시킨다(Pitetti, Climstein, Mays & Barrett, 1992).

다운증후군 환자들은 새로운 과제나 환경에 적응할 때 동작 수행이 느리며 자세를 조절하는 것이 쉽지 않다(Webber, Virji-Babul, Edwards & Lesperance, 2004). 다운증후군 환자의 이상(clumsy) 행동은 많은 학자들에 의해 연구되었는데, 이러한 행동은 비정상적인 감각운동통합(sensorimotor integration)(Almeida, Marconi, Tortoza, Ferreira, Gottlieb & Corcos, 2000), 제한된 인지력(Latash & Anson, 1996), 근육긴장저하(Cowie, 1970)로 인해 생긴 운동 협응력의 부족에 의한 것이다.

Morris, Vaughan 와 Vaccaro(1982)에 따르면 다운증후군의 가장 큰 특징인 근육긴장저하는 근력과 부적 상관관계를 보인다고 하였으며, 다운증후군 환자들은 다운증후군을 동반하지 않는 정신지체 환자에 비해 하지의 근력이 약하며, 다운증후군을 동반하지 않는 정신지체 환자들은 동일 연령의 피험자들에 비해 근력이 약하다(Pitetti et al., 1992).

현재 장애인들의 신체활동의 중요성이 인식되면서 많은 수의 다운증후군 아동들이 다양한 운동 프로그램에 참여하고 있고, 연구자들은 다운증후군 아동을 위한 운동 프로그램 개발에 관심을 갖고 있다. 다운증후군 아동의 운동 프로그램과 관련된 연구를 살펴보면, 점핑 프로그램 수행 후 하지 근력 강화 및 자세 조절 능력의 변화(정덕조, 이방재, 노형규, 2003), 트레이드밀 훈련 후 보행의 변화(Wu, Looper, Ulrich, Ulrich & Angulo-Barroso, 2007), 유산소운동과 근력운동이 복합된 운동 프로그램 후 유산소능력 및 근력의 변화(Lewis & Fragala-Pinkham, 2005), 근력운동 후 보행 시 지면반력의 변화(임비오, 한동기, 2002) 등이며, 상

기의 연구들은 운동 프로그램이 다운증후군 아동의 운동 동작 향상에 기여함을 밝혀냈다. 그러나 정작 이러한 연구들의 첫 단계인 다운증후군 아동의 운동 동작의 특성을 규명한 연구는 소수에 불과하며, 다양한 운동 동작이 아닌 보행에만 국한되었다(Kubo & Ulrich, 2006; Buzzi & Ulrich, 2004).

점프와 착지 동작은 스포츠에서는 필수적인 동작이며, 신속한 근육의 반응, 근력, 자세조절이 요구되는 동작이다. 정상인에 비해 근력과 자세조절 능력이 저하된 다운증후군 환자의 점프 및 착지 동작은 정상인과는 다른 특성을 나타낼 것이다. 이에 본 연구자는 다운증후군 아동의 점프 동작 시 근육이 어떤 활동을 하며, 정상아동과는 어떤 차이가 있는지, 점프하기 위해 지면을 밟는 힘은 어떠한지, 착지 시 지면반력은 어떠한지 알아보고자 한다. 본 연구의 목적은 다운증후군 아동의 점프 및 착지 동작 수행 시 근육의 활동과 지면반력을 분석하는 것이다.

본 연구는 다운증후군 아동의 점프 및 착지 능력 향상을 위한 운동 프로그램 작성 시 기초 자료로 사용될 것이며, 다운증후군 아동의 재활을 담당하는 의사, 물리치료사 및 운동지도자에게 다운증후군 아동의 점프 및 착지 능력을 평가하는 자료로 사용될 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상은 S대학교 장애아동체육교실의 다운증후군 남자 초등학생 6명이며, 신체적 특성은 표1과 같다. 실험 전에 부모의 동의를 얻었다. 다운증후군 아동의 점프와 착지 동작의 비교를 위해 건강한 아동1인이 연구에 참여하였다(연령: 13세, 신장: 145.2cm, 체중: 40.7kg).

### 2. 실험도구

근육의 활동을 측정하기 위해 무선 노락슨(NORAXON MyoResearch, USA) 8채널 시스템, 점핑동

표 1. 대상자의 신체적 특성

대상자	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	운동 경험(년)	장애유형
D1	15	142	43.8	5	정신지체, 2급
D2	10	143	39	5	정신지체, 3급
D3	15	146	43.3	5	정신지체, 2급
D4	10	120	28.7	5	정신지체, 2급
D5	10	124	34	3	정신지체, 2급
D6	15	149	49	5	정신지체, 2급
mean±s.d.	12.5± 2.73	137.33± 12.19	39.63± 7.35	4.66± 0.81	

작과 근육의 활동을 동조하기 위해 비디오 카메라 1대 (Sony TRV 940, JAPAN)를 사용하였다. 4개 채널은 근육의 활동을 기록하였고, 1개 채널은 동작구간을 구분하기 위한 풋스위치 신호로 사용하였다. 신호의 왜곡을 최소화하기 위해, 프리앰프 회로(on-site preamplification circuitry)를 가진 전극(Liberty Technology MYO115 electrode, gain = 1000, input impedance > 1014Ω, CMRR > 90dB, frequency response = bandpass 3 dB at 90 and 500 Hz, 중심 간의 거리 = 1.5 cm)을 사용하였다. 노락슨(Noraxon USA, Inc)사의 소프트웨어 프로그램(MyoResearch v4.0)을 이용하여 근전도 자료를 기록하였다.

지면반력 자료를 얻기 위해 지면반력기(AMTI, ORG-6) 2대를 사용하였으며, 1000Hz로 세팅하였다.

### 3. 실험절차

대상자에게 실험방법, 주의사항 등을 설명하였으며, 대상자가 자연스러운 동작을 수행할 수 있도록 충분한 연습을 실시하였다.

점프 및 착지 시 작용하는 대퇴이두근(Biceps femoris), 대퇴직근(Rectus femoris), 전경골근(Tibialis anterior), 비복근(Gastrocnemius)의 활동을 측정하기 위해 4쌍의 표면 전극을 다운증후군 아동의 우측 하지에 부착하였다. 전극이 부착 될 부위를 의료용 알코올로 깨끗이 닦은 후 전극을 부착하였고, 전극의 쌍은 작용하는 근육의

선에 평행하게 부착하였다. 대상자는 양발을 두 대의 지면반력기 위에 놓은 후 양발을 어깨 넓이로 벌리고 점프하여 천장에 매달아 놓은 풍선을 잡는 동작을 수행하였다. 풍선의 높이는 각 대상자가 최대의 수직점프를 발휘할 수 있는 위치에 매달았다.

### 4. 자료산출 및 분석

실험을 통해 얻은 근전도 자료(raw EMG)를 정류(full wave rectification)하고, 10Hz로 low pass 필터링 하였다. 표준화된 근전도(normalized EMG)는 점프와 착지 동작 동안 나타난 최대값으로 나눈 값의 백분율(%Maximum)로 나타내었다.

점프와 착지 동작을 네 구간으로 나누었다. 움직임이 시작되고 무릎의 최대 굴곡이 나타나는 순간까지를 굴곡1구간으로 정의하였으며, 무릎의 신전이 시작되고 발앞꿈치가 이지되는 시점까지를 추진구간, 발앞꿈치 이지부터 발앞꿈치의 착지까지를 착지구간, 발앞꿈치의 착지부터 무릎의 최대 굴곡이 나타나는 시점까지를 굴곡2구간으로 설정하였다.

지면반력 자료는 Kwon GRF 2.0 프로그램을 이용하여 분석하였고, 결과값을 대상자의 몸무게로 일반화하였다(N/BW). 우측 하지의 지면반력 자료만을 결과에 제시하였다.

제 1 수직지면반력(F1)은 발 앞꿈치가 지면에 착지 하면서 발생하는 값이고, 제 2 수직지면반력(F2)은 발 뒤꿈치가 지면에 착지하는 순간에 나타나는 값이다. 제 1 수직지면반력의 발생시간(tF1)은 발 앞꿈치의 착지순간까지 걸리는 시간이고, 제 2 수직지면반력의 발생시간(tF2)은 뒤꿈치의 착지순간까지 걸리는 시간이다. 충격량(Imp0.3s)은 인체가 공중으로 떠오르기 전, 발 앞꿈치가 이지(toe off)되기 전 0.3초 동안 지면을 딛고 있는 동안 발생된 수직지면반력값으로 구하였다. 수직 지면반력의 제 1 및 2 부하율은 다음의 공식(Yu, 2001)으로 구하였다.

$$\text{제 1부하율(BW/s)} = F1/tF1$$

$$\text{제 2부하율(BW/s)} = (F2-Fmin)/(tF2-tFmin)$$

· Fmin: F1~F2 사이에 존재하는 최소 지면반력

· tFmin: Fmin의 발생시간

### III. 결과 및 논의

#### 1. 점프 높이

지면반력 결과의 시간자료를 이용하여, 포물선 공식을 통해 점프 높이를 구하였다. 다운증후군 아동 중 D2의 점프 높이는 9.21cm로 가장 높았고, D6는 0.4cm로 가장 낮았다. 다운증후군 아동들의 점프 높이는 21.02cm의 점프 높이를 기록한 건강한 아동과는 큰 차이를 나타냈다.

#### 2. 근육의 활동

##### 1) 점프 및 착지 동작의 근육 패턴

다운증후군 아동 6명의 점프 및 착지 동작 시 근육의 근전도는 피험자별로 다양한 패턴으로 나타났다. 따라서 다운증후군 아동 중 점프 높이가 가장 높은 아동(D2), 점프 높이가 가장 낮은 아동(D6), 건강한 아동의 근전도 그래프를 제시하여 비교하고자 한다.

<그림 1>은 건강한 아동의 점프 및 착지 동작 수행 시 근육의 패턴이다. 무릎의 굴곡근인 대퇴이두근은 움직임 시작 시 무릎을 굽히기 위해 활발한 활동을 하며, 무릎이 신전되는 추진과 착지 구간에선 활동이 저하되었다가 착지동작이 이루어지는 굴곡2구간에서 활발한 활동을 하는 것으로 나타났다. 대퇴직근은 굴곡1구간과 추진구간에서 활발히 활동하는 것으로 나타났다. 비복

근은 움직임 시작부터 활발한 활동을 보이다 굴곡2구간에서 활동성이 줄어들기 시작하였다.

<그림 2>는 다운증후군 아동 D2의 점프 및 착지 시 근전도 패턴이다. <그림 2>에서 나타난바와 같이 다운증후군 아동 D2는 굴곡1구간에서 대퇴이두근이, 추진구간에서 비복근이 활발한 활동을 하였다. <표 2>에서 알 수 있듯이 다운증후군 아이들 중에 점프높이가 가장 높은 D2(9.21cm)는 <그림 2>에서 건강한 아동의 점프와 비슷한 형태의 점프 기술을 구사하였다. 그러나 무릎의 굴곡이 발생하는 굴곡2구간에서 대퇴이두근 보

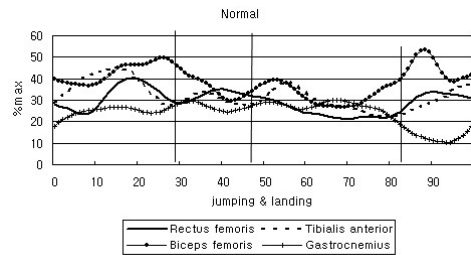


그림 1. 건강한 아동(N)의 점프 및 착지 시 근전도 패턴

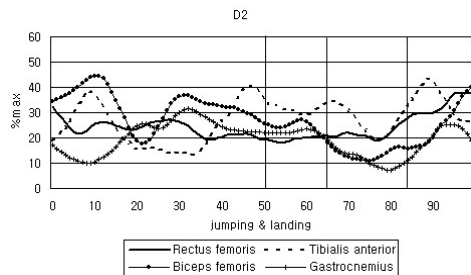


그림 2. 다운증후군 아동(D2)의 점프 및 착지 시 근전도 패턴

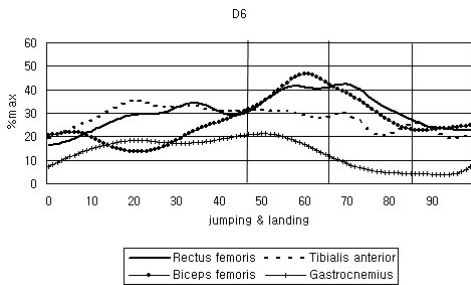


그림 3. 다운증후군 아동(D6)의 점프 및 착지 시 근전도 패턴

표 2. 대상자의 점프 높이

대상자	점프높이(cm)
N	21.02
D1	9.0
D2	9.21
D3	3.71
D4	3.42
D5	3.67
D6	0.40

다 대퇴직근의 활동이 활발히 나타났다.

<그림 3>은 다운증후군 아동(D6)의 점프 및 착지 시 근전도 패턴이다. <표 2>에서 나타난바와 같이 다른 다운증후군 아이들보다 현저히 점프 능력이 낮은 D6는 굴곡1구간에서 전경골근의 움직임이 가장 활발하게 나타났으며, 추진구간에서 대퇴이두근과 비복근의 피크값이 나타났다. 착지구간에서 대퇴이두근과 대퇴직근이 함께 감소하였다.

**2) 추진구간의 적분값**

건강한 아동의 추진구간에서 근전도를 분석해 보면, 무릎의 신전이 시작되면서 대퇴이두근의 활동이 감소하기 시작하였고, 대퇴직근의 활동이 활발해 졌으며, 발 앞꿈치가 저축굴곡을 이루며 지면을 밀 때 비복근의 활동이 활발하게 나타났다. 측정 된 네 근육의 적분값을 살펴보면, 건강한 아동의 네 근육 중 비복근의 적분값이 가장 크게 나타났다<표 3>. 이러한 결과는 몸을 수직으로 추진시키기 위해선 무릎의 신전근 역시 필요하나, 발 앞꿈치로 바닥을 힘 있게 밀는 비복근의 역할이 중요하다는 것이다.

다운증후군 아동 중 점프 높이가 가장 높은 D2만이 건강한 아동과 유사하게 네 근육 중 비복근의 적분값이 가장 크게 나타났으며, D2의 비복근 적분값은 실험에 참여한 다운증후군 아동들에 비해 월등히 컸다. 그러나 다운증후군 아동 D4, D5, D6의 비복근 적분값은 다른 아동들에 비해 상대적으로 작게 나타났는데<그림 4>, 영상자료를 통해 그들의 점프동작을 살펴보았더니 D4와 D5는 과제중으로 점프동작을 수행하기가 힘들었으며, D6는 뒤꿈치만 살짝 들었다 다시 제자리로 돌아왔다.

표 3. 추진구간의 적분값 (%·s)

대상자	대퇴직근	대퇴이두근	전경골근	비복근
N	13.1	12.6	5.9	14.1
D1	10.4	6.5	1.1	7.9
D2	9.3	8.7	6.5	11.4
D3	2.4	4	2.6	6.7
D4	6.6	4.6	1.3	4.5
D5	4.9	2.4	6.2	1.9
D6	2.8	3.3	2	4.6

GASTROCNEMIUS

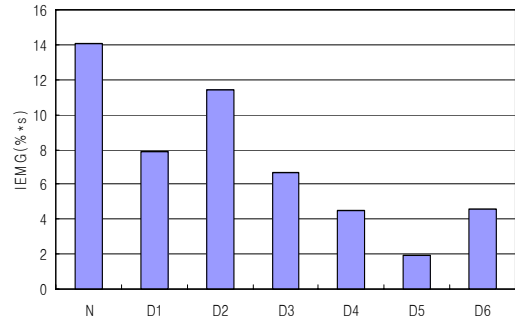


그림 4. 피험자별 비복근의 적분값

다운증후군 아동의 운동 동작 수행 시 개인차는 근육의 약화 때문이다. 다운증후군 아동의 근육긴장저하는 근육이 활동하는데 필요한 장력(tension)과 저항(resistance)을 저하시키고 이로 인해 근육이 약화되어 동작 수행 시 개인차가 발생하게 된다. 이는 운동발달을 지연시키고 움직임 시 동작의 이상패턴(abnormal pattern)을 야기한다(Cowie, 1970; Lydic & Steele, 1979).

다운증후군 아동에 있어 비복근의 소극적 활동은 다운증후군 아동의 보행에서도 나타났다(임비오, 최치선, 최범권, 2007). 이지(toe-off) 시 발의 저축굴곡이 발생함에도 불구하고 다운증후군 아동의 비복근 적분값은 배축굴곡 시 활동하는 근육인 전경골근의 적분값 보다 작게 나타났는데, 이는 근육의 긴장저하로 인해 다운증후군 아동의 비복근이 제대로 활동하지 못한 것으로 생각된다. 이처럼 다운증후군 아동의 약화된 비복근은 보행뿐 아니라 점프 및 착지 동작에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 임비오 등(2007)의 연구에서 보행 향상을 위해 제안된 비복근 강화 훈련은 점프 동작 향상에도 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

**3. 지면반력**

**1) 수직지면반력**

<그림 5>는 정상아동, 다운증후군 아동 D2와 D6의 점프 후 착지 동작의 수직지면반력 그래프이다. 점프 높이가 가장 높은 다운증후군 아동 D2는 정상아동의

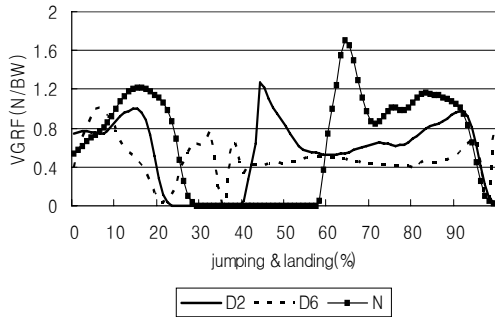


그림 5. 점프 및 착지 동작 시 수직지면반력

수직지면반력과 비슷한 패턴을 보이나, 제 2수직지면반력이 늦게 발생 하는 것으로 나타났다. 점프 높이가 가장 낮은 다운증후군 아동 D6는 점프 후 뒤꿈치만 살짝 들어 다시 지면에 착지하는 동작을 보여 공중에 떠 있는 시간이 거의 없는 것으로 나타났다.

**2) 발 앞꿈치 이지 전 0.3초 동안의 충격량**

발 앞꿈치가 이지(toe off)되기 전 0.3초 동안의 충격량은 <표 4>와 같다. 다운증후군 아동의 충격량은 정상아동에 비해 작게 나타나, 다운증후군 아동은 건강한 아동에 비해 동일한 시간에 지면을 힘 있게 닫고 점프 하는 것이 불가능하였다. 이러한 결과는 추진구간에서 다운증후군 아동의 비복근 적분값이 건강한 아동에 비해 작게 나타난 결과와 일치하는 것이다. 따라서 높이 점프하기 위해선 짧은 시간에 발 앞꿈치를 이용해 지면을 힘차게 누르며 차올라야 한다.

표 4. 발 앞꿈치 이지 전 0.3초 동안의 충격량

대상자	Imp0.3s (BW · s)
N	0.269
D1	—
D2	0.220
D3	0.216
D4	0.229
D5	0.199
D6	0.166

\*D1 자료는 발 앞꿈치 이지 전 자료가 0.3초 보다 짧게 얻어져 0.3초 동안의 충격량 계산이 불가능하였음

**3) 착지 시 수직지면반력의 발생시간 및 크기**

다운증후군 아동의 제 1수직지면반력은 정상 아동의 제 1수직 지면반력에 비해 더 빠르게 나타났다. 점프 높이가 가장 낮은 D6의 제 1 수직지면반력은 실험에 참여한 다운증후군 아동들 중 가장 빨리 나타났다.

다운증후군 아동들의 제 2 수직지면반력은 정상 아동에 비해 늦게 나타났다. 이러한 결과는 염창홍, 박영훈과 서국웅(2007)의 연구결과와 일치한다. 배구 제자리 점프 블로킹 착지 시 숙련자와 비숙련자 간 제 2 수직지면반력의 발생시간은 유의한 차이가 나지 않았으나, 숙련자 그룹의 제 2 수직지면반력이 비숙련자에 비해 더 빨리 나타났다. 이처럼 제 2 수직지면반력의 빠른 발생은 착지 동작의 종류를 달리하여 지면반력의 차이를 비교한 Devita 와 Skelly(1992)의 연구결과로 설명가능한데, 무릎의 굴곡 각도가 큰 연성착지(soft landing) 수행 시 착지 구간(impact phase)의 평균 시간은 126ms, 경성착지(stiff landing) 시 113ms로, 연성착지 시 제 2 수직지면반력이 늦게 나타나는 것으로 보고 되었다. 따라서 본 연구의 제 2 수직지면반력이 늦게 나타난 다운증후군 아동들은 건강한 아동에 비해 무릎을 더 많이 굴곡시킨 연성착지로 지면에 착지했음을 추측할 수 있다.

제 1 수직지면반력(Fz1)은 발 앞꿈치의 지면 착지 시 발생하는 힘값이고, 제 2 수직지면반력(Fz2)은 발 뒤꿈치의 지면 착지 시 발생하는 힘값이다. 다운증후군 아동의 제 1 및 2 수직지면반력은 정상아동에 비해 작게

표 5. 착지 시 수직지면반력의 발생시간 및 크기

대상자	tFz1(s)	Fz1(BW)	tFz2(s)	Fz2(BW)
N	0.090	1.716	0.368	1.163
D1	0.083	1.224	1.480	0.921
D2	0.066	1.287	0.802	0.985
D3	0.069	1.371	0.452	0.957
D4	0.084	1.507	.	.
D5	0.065	0.906	1.791	1.144
D6	0.032	0.880	2.943	0.702

\*tFz1: 제 1 수직지면반력의 발생시간  
 Fz1: 제 1 수직지면반력  
 tFz2: 제 2 수직지면반력의 발생시간  
 Fz2: 제 2 수직지면반력

나타났다. 이는 비숙련 그룹의 제 2 수직지면반력이 숙련 그룹의 지면반력 보다 유의하게 작게 나타난 염창홍 등(2007)의 연구결과와 일치한다. 이렇듯 운동기술의 수준은 점프 후 착지 시 인체가 지면으로부터 발생하는 충격을 흡수하는 능력과 관련이 있기에(McKay et al., 2005), 정상아동에 비해 운동능력이 저하된 다운증후군 아동은 충격을 흡수하는 능력이 떨어지는 것이다.

한편 Zhang, Bates 및 Dufek(2000)은 플랫폼 높이의 증가에 따른 드롭랜드링 수행 시 제 1 및 2 수직지면반력의 크기가 증가한다고 보고하였으나, 본 연구에서 점프 높이가 낮은 다운증후군 아동 D3, D4, D5(평균 점프 높이= 3.60cm)와 점프 높이가 가장 높은 다운증후군 아동D2 간의 수직지면반력값 차이가 거의 나타나지 않았다. 이는 착지 시 하지의 관절각도, 모멘트 및 관절과위와 관련이 있을 것으로 추측되며 향후 자세에 따른 힘값의 변화에 대한 연구가 필요하다.

다운증후군 아동 D4는 제 1 수직지면반력만 존재하고 제 2 수직지면반력은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 착지 시 발 앞꿈치 착지 후 뒤꿈치가 지면에 닿는 형태가 아니라, 발바닥 전체로 떨어지는 착지자세를 취한 것으로 다운증후군 아동이 보행 시 발바닥 전체로 지면을 디디며 걷는 보행패턴(임비오 등, 2007)과 일치한다. 다운증후군 아동의 이러한 착지 동작은 반복적인 점프 동작 시 쉽게 피로를 유발할 것이며, 하지 관절의 상해 위험을 높일 것으로 생각된다.

#### 4) 착지 시 수직지면반력의 부하율

다운증후군 아동과 정상아동의 제 1부하율은 차이가 없었으나, D3을 제외 한 다운증후군 아동의 제 2부하

율은 정상아동 보다 작게 나타났다<표 6>. 이는 비숙련 그룹의 제 2부하율이 숙련 그룹 보다 낮게 나온 염창홍 등(2007)의 연구결과와 부분적으로 일치한다. 정상아동이 다운증후군 아동 보다 빠른 시간에 큰 충격을 받고 있다는 것이다.

다운증후군 아동과 정상아동 모두 제 1부하율이 제 2부하율보다 크게 나타나 점프 후 착지 동작 수행 시 발 앞꿈치가 지면에 닿는 순간 큰 충격을 받는 것으로 나타났다.

## IV. 결론 및 제언

본 연구는 다운증후군 아동들의 점프와 착지 능력 향상을 위해 다운증후군 아동의 점프와 착지 동작 수행 시 지면반력과 근육의 활동을 규명하고자 하였으며, 결론은 다음과 같다.

1. 다운증후군 아동의 점프 및 착지 동작 수행 시 근육의 활동은 다양하게 나타났다.
2. 다운증후군 아동들은 추진구간에서 비복근을 제대로 사용하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 비복근의 소극적인 활동은 다운증후군 아동의 발 앞꿈치 이지 전 0.3초 동안 충격량이 정상아동에 비해 작게 나타난 결과와 일치한다. 따라서 다운증후군 아동은 점프 동작 시 추진구간에서 발 앞꿈치를 이용해 지면을 힘 있게 밀지 못하는 것으로 나타났다.
3. 다운증후군 아동의 제 2 수직지면반력은 정상 아동에 비해 늦게 나타나, 다운증후군 아동들은 건강한 아동에 비해 무릎을 더 많이 굴곡 시켜 착지했음을 알 수 있다.

4. 다운증후군 아동의 제 1 및 제 2 수직지면반력, 다운증후군 아동 D3을 제외한 다운증후군 아동의 제 2 부하율은 정상아동 보다 작게 나타났다. 운동기술이 저하된 다운증후군 아동은 착지 시 지면으로부터 발생하는 충격을 흡수하는 능력이 정상아동에 비해 떨어지는 것으로 나타났다.

결론적으로 다운증후군 아동들의 비복근 근력이 향상된다면 점프 동작 수행 시 발 앞꿈치로 지면을 힘

표 6. 착지 시 수직지면반력의 부하율

대상자	LrateF1 (BW/s)	LrateF2 (BW/s)
N	19.064	1.742
D1	14.751	0.853
D2	19.494	0.952
D3	19.863	3.223
D4	17.944	.
D5	13.936	1.023
D6	27.486	0.136

\*LrateF1: 수직지면반력의 제 1부하율  
LrateF2: 수직지면반력의 제 2부하율

있게 밀것이며, 지면을 딛는 동안의 충격량은 증가되고 점프 높이 또한 향상될 것이다. 또한 다운증후군 아동의 운동기술이 향상된다면 착지 동작 수행 시 지면으로부터 발생하는 충격 흡수 능력도 높아질 것이다. 추후 다운증후군 아동의 운동 프로그램 수행 후 점프 동작 수행 시 점프 높이 및 충격 흡수 능력의 변화를 살펴보는 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- 정덕조, 이방재, 노형규(2003). 점핑활동 프로그램이 다운증후군 아동의 하지 근력 및 자제조절 전략에 미치는 영향. *한국특수체육학회지*, 11(1), 15-28.
- 임비오, 최치선, 최권범(2007). 다운증후군 아동의 보행 향상을 위한 근육활동 규명. *체육과학연구*, 18(1), 9-18.
- 임비오, 한동기(2002). 근력운동이 다운증후군 아동의 지면반력의 변화에 미치는 영향. *한국운동역학회지*, 12(2), 1-16.
- 염창홍, 박영훈, 서국웅(2007). 배구 제자리 점프 블로킹 착지 시 속련도에 따른 수직지면반력 변인 분석. *운동역학회지*, 17(4), 57-64.
- Almeida, G. L., Marconi, N. F., Tortoza, C., Ferreira, S. M. S., Gottlieb, G. L., & Corcos, D. M. (2000). Sensorimotor deficits in down syndrome: implications for facilitating motor performance. In: Weeks, D. J., Chua, R., Elliot, D. (Eds). *Perceptual-Motor behavior in down syndrome*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Buzzi, U. H. & Ulrich, B. D. (2004). Dynamic stability of gait cycles as a function of speed and system constraints. *Motor Control*, 8(3), 241-254.
- Cowie, V. A. (1970). A study of the early development of Mongols. Pergamon, Oxford.
- Devita P. & Skelly W. A. (1992). Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc*, 24(1), 108-115.
- Goodman, C. C. & Miedaner, J. (1998). Genetic and developmental disorders. In: Goodman, C. C., & Boissonnault, W. G. (Eds.) *Pathology implication for the physical therapist*. Philadelphia: WB Saunders.
- Kubo, M. & Ulrich, B. (2006). Coordination of pelvis-HAT (head, arms and trunk) in anterior-posterior and medio-lateral directions during treadmill gait in preadolescents with/without Down syndrome. *Gait Posture*, 23(4), 512-518.
- Latash, M. L. & Anson, J. G. (1996). What are "normal movements" in atypical populations? *Behav Brain Sci*, 19, 55-68.
- Lewis, C. L. & Fragala-Pinkham, M. A. (2005). Effects of aerobic conditioning and strength training on a child with Down syndrome: a case study. *Pediatr Phys Ther*, 17(1), 30-36.
- Lydic, J. S. & Steele, C. (1979). Assessment of the quality of sitting and gait patterns in children with Down syndrome. *Physical Therapy*, 59(12), 1489-1494.
- McKay, H., Tsang, G., Heinonen, A., MacKelvie, K., Sanderson, D., & Khan, K. M. (2005). Ground reaction force associated with an effective elementary school based jumping intervention. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 10-14.
- Morris, A. F., Vaughan, S. E., & Vaccaro, P. (1982). Measurements of neuromuscular tone and strength in Down's syndrome children. *J Ment Defic Res*, 26(Pt 1), 41-46.
- Pitetti, K. H., Climstein, M., Mays, M. J., & Barrett, P. J. (1992). Isokinetic arm and leg strength of adults with Down syndrome: a comparative study. *Arch Phys Med Rehabil*, 73(9), 847-850.
- Webber, A., Virji-Babul, N., Edwards, R., & Lesperance, M. (2004). Stiffness and postural



- stability in adults with Down syndrome. *Exp Brain Res*, 155(4), 450-458.
- Wu J., Looper J., Ulrich B. D., Ulrich D. A., & Angulo-Barroso R. M. (2007). Exploring effects of different treadmill interventions on walking onset and gait patterns in infants with Down syndrome. *Dev Med Child Neuro*, 49(11), 839-945.
- Yu, YJ. (2001). *Impact and shock attenuation during landing activities from different heights on different surfaces*. Unpublished Thesis, University of Tennessee, Knoxville.
- Zhang, S., Bates, T. B., & Dufek, J. S. (2000). Contributions of lower extremity joints to energy dissipation during landings. *Med Sci Sports Exerc*, 32(4), 812-819.

투 고 일 : 1월 31일

심 사 일 : 2월 4일

심사완료일 : 3월 7일