



근력 훈련이 다운증후군 아동의 지면반력의 변화에 미치는 영향

임 비 오* · 한 동 기**

국 문 요 약

본 연구의 목적은 다운증후군 보행에 영향을 주는 근력 훈련이 성장기에 있는 다운증후군 아동의 지면반력의 변화에 미치는 효과를 살펴보는 것이다. 본 연구의 대상자는 삼염색체 다운증후군을 가진 남자 아동(11~13세) 8명이며, 근력훈련 전에 지면반력 변인(수직력, 전후력, 좌우력, 총압력중심)을 측정하였으며 근력훈련 후에도 동일한 방법으로 지면반력 변인을 측정하였다. 지면반력 변인의 측정은 2대의 AMTI 지면반력기를 사용하였으며, 초당 100Hz로 데이터를 수집하여 분석하였다. 근력 훈련은 하지 근육 강화 훈련 4종목(스쿼트, 레그 컬, 레그 익스텐션, 토 레이즈)과 복근 및 척추기립근 강화 훈련 2종목(하이퍼 익스텐션, 윗몸 일으키기)으로 구성하여 8주간 주당 3회, 1회 운동 시 10~15RM×3세트로 점증부하 원리에 의거하여 실시하였다. 본 연구를 통한 결론은 다음과 같다. 근력 훈련 전후의 수직력, 전후력, 좌우력의 변화패턴은 다운증후군 아동별로 다양하게 나타났으며, 근력훈련으로 정상인과 비슷한 패턴으로 향상되었다. 또한, 훈련 전·후의 총압력중심의 이동궤적은 연구대상자별로 다양한 이동 궤적이 나타나서 명확한 설명을 하기가 어려우며, 이에 대한 보다 종합적인 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 다운증후군 아동들의 보행의 운동역학적 기전의 이해와 운동학적 결과의 해석을 돕고 향후 병적 보행의 평가에 대한 기초 자료를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

주제어 : 근력훈련, 다운증후군, 지면반력, 압력중심

본 논문은 2002 한국운동역학회 추계학술대회에서 최우수 논문상을 수여한 논문임.

2002년 11월 8일(금) 접수

* Corresponding author, 시간강사, 152-742, 서울시 관악구 신림동 산 56번지 서울대학교 체육교육과 종합체육관 124호 운동역학 실험실

연락처 : imbo@biomechanics.snu.ac.kr, Tel : 016-656-7805

** 152-742, 서울시 관악구 신림동 산56번지 서울대학교 체육교육과

I. 서론

다운증후군(Down syndrome)은 염색체의 이상, 즉 21번째 염색체가 2개가 아닌 3개가 됨으로써 발생한다. 다운증후군은 비교적 출현률이 높아서 정신지체인의 약 4~6%에 달하는 것으로 추정되고 있다(Patton, Payne, & Beirne-Smith, 1990). 다운증후군을 가진 사람들은 독특한 외모를 지니고 있으며 심장 이상, 시각 장애, 호흡기 질환, 백혈병, 비만 및 근운동감각 이상과 같은 건강상의 문제를 함께 지니고 있는 경우가 많다. 이러한 신체적 특징 중에서 과도한 관절의 유연성 및 낮은 근력은 다운증후군과 관련된 가장 일반적이며 중요하게 고려해야 할 증상들이라고 보고 되었다. 일반 아동의 보행과 대조적으로, 발뒤꿈치착지(heel strike)가 없이 발바닥을 지면에 평평하게 착지(flat-foot contact)하고, 다리를 전방으로 스윙할 때 과도한 외전을 보이며, 보행 주기(walk cycle) 대부분에서 고관절과 슬관절이 보다 더 굴곡된 자세를 보이는 것 등이 다운증후군 아동들의 약한 근력을 증명하는 것으로 보고 되어 왔다(Parker & Bronks, 1980; Parker, Bronks, & Snyder, 1986; Selby-Silverstein, 1993).

본 연구와 관련된 선행연구에서 조직화된 신체 활동 프로그램에 참가하는 것은 장애인과 일반인 모두에게 움직임 수행과 근력의 증가를 가져오며(Sugden & Keogh, 1990), 이것은 다운증후군을 가진 사람들에게도 예외는 아니며, 여러 연구에서 근력 훈련에 따른 근력의 변화를 보고하고 있다(Davis & Sinning, 1987; Sayer, Cowden, Newton, Warren, & Eason, 1996; Skrobak-Kaczynski & Vavik, 1980; Weber & French, 1988). 위의 연구들 중에서 Weber와 French(1988)는 삼염색체 다운증후군 청소년 14명(13~18세, IQ 32~52)을 두 집단으로 나누어 서킷 웨이트트레이닝 프로그램과 서킷 근력운동 프로그램(6주간 주당 3회, 1회 운동 시 15분으로 구성)을 실시하고 훈련 전과 후에 10가지 근력 검사를 실시한 결과, 서킷 근력운동 프로그램보다 서킷 웨이트트레이닝 프로그램을 실시하였을 때 10가지 근력 검사에서 모두 유의하게 더 큰 근력 증가를 보였다고 보고하였다. 이 연구자들은 서킷 근력운동 프로그램도 유의한 근력 향상을 가져왔다고 보고하였으며, 다운증후군 청소년들이 훈련가능성을 가지고 있음을 제시하였다. 또한, Sayer 등(1996)은 다운증후군 유아 5명(18~38개월)을 대상으로 근력 향상을 위한 처치를 하였을 때의 발달상의 스텝 움직임을 기술하였다. 이 연구자들은 근력 훈련의 점중 과부하 원리를 이용하여 연구 대상자의 발목에 중량을 달아서 근육들이 수축하고 이완할 때 근육에 추가 감각 피드백을 제공하였는데, 사전과 사후 검사 결과 독립적인 직립 이동 능력과 평형성 그리고 독립 이동 동안에 사용되는 특정 근육군의 근장력 및 근력이 증가되었음을 보고하였다.

이 향상은 독립 직립 이동의 습득을 위해 근력과 평형성을 필수 조건으로 제시한 Brill과 Brenier(1993) 등의 연구 결과와 일치하는데, Jansma와 French(1994)는 저항 운동으로 자세 유지를 돕는 근육을 강화시킬 때 이 근육의 장력이 직접적으로 이동 능력에 영향을 주는지를 알아보기 위해 여러

자세와 걸기에서 신체의 정렬 상태를 관찰할 필요가 있다고 강조하고 있으며, Neuman, Schmidt 그리고 Frohener(1989)는 일시적으로 근육을 강화시키기 위한 운동을 포함하는 훈련이 이동 시스템의 효율성을 향상시킬 것이라고 제시하고 있다.

이상의 선행 연구 결과와 제안 점에 비추어 볼 때, 다운증후군 아동들에게 근력 훈련을 실시함으로써 나타나는 근력과 보행의 변화를 살펴보는 것은 큰 의미가 있다고 하겠다. 지금까지 일반아동과 뇌성마비아동의 보행형태(곽창수 등, 1999), 다운증후군 아동 보행의 운동학적 연구(이연종 등, 2000), 정상인의 보행시작 과정의 압력중심의 변화(김봉옥 등, 1995) 등의 연구가 진행되어 왔으나, 근력 훈련이 다운증후군 아동의 지면반력에 미치는 영향에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이러한 실정에서 본 연구는 다운증후군의 보행에 영향을 주는 근력 훈련이 성장기에 있는 다운증후군 아동의 지면반력의 변화에 미치는 효과를 살펴보는 것이다.

본 연구를 통하여 다운증후군 아동들의 보행의 운동역학적 기전의 이해와 운동학적 결과의 해석을 돕고 향후 병적 보행의 평가에 대한 기초 자료를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 삼염색체 다운증후군을 가진 남자 아동(초등학교 고학년 학생, 11~13세) 8명을 부모와 담당의사의 실험 참가 동의를 얻어 선정하였다. 근력 훈련은 심장에 부담을 줄 수 있기 때문에 심장 질환이 없는 아동으로 연구 대상자를 한정하였다. 본 연구에 참가한 연구 대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 특성

성명	연령	신장	좌고	하지장	체중
신00	13	147.0	82.7	64.3	47.2
이00	12	129.2	71.5	57.7	28.2
이00	11	121.2	66.4	54.8	23.8
이00	13	135.0	76.3	58.7	35.0
이00	11	124.3	68.3	56.0	25.1
이00	12	138.1	77.2	60.9	34.1
전00	13	147.7	80.5	64.2	47.3
정00	11	136.9	79.1	57.8	34.6
평균	12.00	134.93	75.25	59.68	34.41
표준편차	±0.86	±9.69	±5.90	±4.23	±8.42

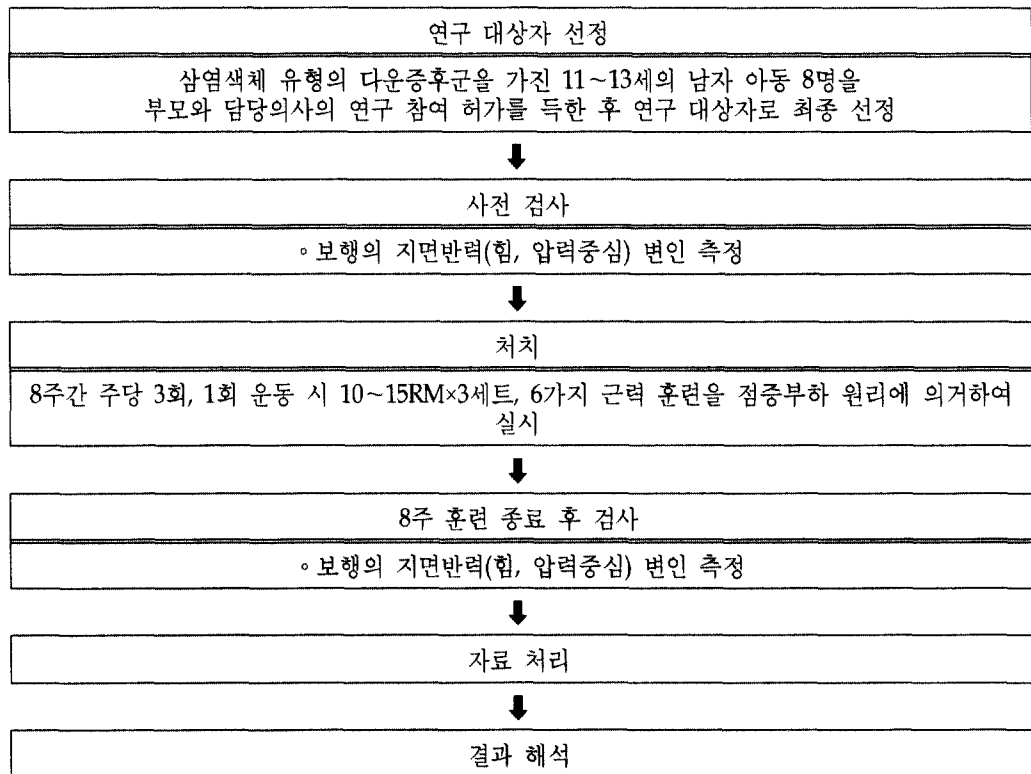
2. 실험 도구

1) 지면반력기

지면반력을 측정하기 위하여 미국 AMTI사 제품인 AMTI ORG-6 지면반력기 2대를 사용하였다. 분석 프로그램으로 KWONGRF 1.0을 활용하였다.

3. 실험 설계

8주간의 근력 훈련이 다운증후군 아동의 보행시 지면반력의 변화에 미치는 영향을 규명하기 위한 실험 설계는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 실험 설계

4. 실험 절차

1) 근력 훈련 종목의 결정

근력 훈련은 보행과 관련된 근육을 강화시키기 위해 하지 근육 강화 훈련 4종목과 복근 및 척추기립근 강화 훈련 2종목, 총 6가지 종목으로 구성하여 주당 3회 8주간 실시하였다. 근력 훈련 종목과 종목별로 사용되는 근육군은 <표 2>와 같다.

표 2. 근력 훈련 종목과 사용 근육

근력 훈련 종목	사용 근육
스쿼트(squat)	대퇴사두근, 대둔근, 척추기립근
레그 컬(leg curl)	대퇴사두근
레그 익스텐션(leg extension)	반건양근, 반막양근, 대퇴이두근
윗몸일으키기(sit-up)	복근
하이퍼익스텐션(hyperextension)	척추기립근, 대둔근, 반건양근, 반막양근, 복근
토 레이즈(toe raise)	비복근, 가자미근

(출처 : 한동기, 2002)

2) 근력 훈련의 강도

근력 훈련은 발목 증량, 덤벨, 바벨 및 웨이트 머신을 이용하여 실시하였으며, 각 종목별 반복 회수는 근력 및 근지구력을 동시에 발달시킬 수 있는 강도인 10~15RM(repetition maximum)으로 설정하였다. 윗몸일으키기와 하이퍼익스텐션 운동은 운동 특성상 매 운동에서 근피로 지점까지 동작을 반복하는 방식으로 3세트 실시하였다.

(1) 운동 강도의 설정

웨이트 트레이닝에서 1RM(one repetition maximum)에 해당하는 최대 근력은 운동 강도 및 운동 부하량 산정의 기초가 되며, 1RM은 직접 방법과 간접 방법으로 산출할 수 있다. 직접 방법은 무게를 정확히 산정해 낼 수 있지만 복잡한 과정을 거쳐야 하고 초보자의 경우 상해의 가능성이 있기 때문에 간접 방법을 사용하여 1RM을 결정하였다.

$$1RM = W_0 + W_1$$

$$W_1 = W_0 \times 0.025 \times R$$

- W_0 : 충분한 준비운동 후 약간 무겁다고 생각되는 중량 (7~8회 반복 수축이 가능한 무게)
- R : 반복 회수(한국체육과학연구원, 1995)

이 공식에 의해 결정된 1RM을 기준으로 하여 10~15RM에 해당하는 무게를 결정한 후 <표 3>에서 제시한 방법으로 근력 훈련을 실시하였다.

<표 3> 근력 훈련의 운동 강도

반복 회수 (repetition)	세트수(set)	운동 빈도	세트간 휴식 시간	종목간 휴식 시간
10~15회 (10~15RM)	3세트	3회/주	2~3분	5분

(출처 : 한동기, 2002)

근력 훈련의 운동 순서는 근 피로를 감안하여 반복되는 근육군을 피하여 실시하였다(운동 순서의 예 : 스쿼트 → 윗몸일으키기 → 레그 컬 → 레그 익스텐션 → 하이퍼익스텐션 → 토 레이즈). 중량 훈련에 의해 근력이 증가함에 따라 운동 강도를 점증적으로 증가시켜 주어야만 근력을 보다 더 증가시킬 수 있는데, 운동 강도를 증가시킬 때에는 중량(무게) 증가, 반복 회수 증가 또는 세트 수를 증가시키는 방법을 사용하지만 이 방법들 중 본 연구에서는 중량의 증가만을 사용하여 운동 강도를 증가시켰다.

점증 부하는 20RM 이상 반복할 수 있을 때 반복할 수 있는 중량에서 5%를 증가시켰으며, 이 방법을 사용하여 지속적으로 훈련하였다. 본 연구의 개인 및 집단별 중량 및 점증부하는 다음의 <표 4>와 같다.

<표 4> 개인 및 집단별 점증부하

연구 대상자	스쿼트 · 토레이즈 (단위 : Kg)		윗몸일으키기/하이퍼익스텐션 (단위 : 회)		레그 컬 (단위 : Kg)		레그 익스텐션 (단위 : Kg)	
	훈련전	훈련후	훈련전	훈련후	훈련전	훈련후	훈련전	훈련후
이00	14	18	14/20	15/30	8	12	10	15
이00	12	16	15/15	20/20	8	12	12	17
이00	10	16	10/20	15/30	6	10	8	15
정00	12	16	15/20	15/30	8	12	10	15
이00	8	10	15/20	15/20	6	9	8	12
이00	10	14	15/25	15/30	6	10	9	15
신00	14	22	20/25	25/30	10	15	14	20
전00	14	22	20/25	20/30	10	14	14	20
평균	11.75	16.75	15.5 /21.25	17.75 /27.5	7.75	11.75	10.62	16.12
표준편차	2.10	3.73	3.25 /3.30	3.53 /4.33	1.56	1.92	2.28	2.57

(출처 : 한동기, 2002)

5. 자료 산출 방법

1) 총압력중심의 계산

총압력중심은 두 대의 지면반력에서 각각 측정된 수직력과 압력중심을 이용하여 다음과 같은 공식(Winter 등, 1993)을 이용하여 구하였다.

$$\text{총압력중심} = \frac{\text{왼발의 압력중심} \times \text{왼발의 수직력} + \text{오른발의 압력중심} \times \text{오른발의 수직력}}{\text{왼발의 수직력} + \text{오른발의 수직력}}$$

2) 통계 처리

본 연구의 통계 처리는 Window용 SPSS(Version 10.0) 프로그램을 이용하여 대응비교 t-검증(paired samples t-test)을 실시하였으며, 가설 검증을 위한 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

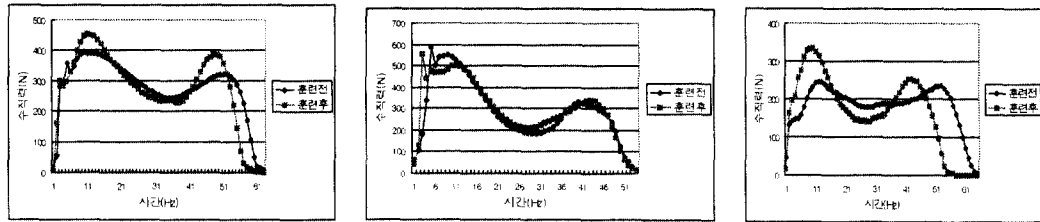
1. 훈련전·후의 수직력의 변화 패턴

훈련전·후의 수직력의 변화 패턴은 <그림 2>와 같다. <그림 2>에서 나타난 바와 같이, 다운증후군 아동들은 여러 가지 다양한 수직력의 변화 패턴을 보여주고 있다.

첫 번째 유형은 거의 정상인과 비슷하다. 달릴 때 나타나는 초기 피크가 관찰되는데, 이 초기 피크는 상해 유발의 요인이 된다고 알려져 있다. 훈련 전에 비해 훈련 후에 최대 피크 및 두 번째 피크의 수직력이 증가했다는 걸 알 수 있으며, 근력훈련의 효과로 정상인에 가까운 패턴으로 변화했다는 걸 알 수 있다. 정상보행패턴과 같이 첫 번째 피크가 두 번째 피크보다 크게 나타났는데, 선행연구에서와 같이 접지되기 전까지 충분히 감소되지 않았기 때문으로 생각된다.

두 번째 유형은 발뒤꿈치 착지로 인한 억제력(첫 번째 피크) 부분이 비정상적인 패턴을 보이고 있다. 즉, 발앞꿈치로 착지한 것으로 터벅터벅 걷는 유형이다. 이 유형에서도 달릴 때 나타나는 초기 피크가 관찰되는데, 초기 피크가 첫 번째 최대 피크보다 더 크게 나타나는 등 비효율적인 동작으로 상해의 위험성을 가지고 있다. 훈련 전에 비해 훈련 후에 오히려 억제력이 감소하는 경향을 보였으며, 그 이외의 다른 부분은 큰 변화가 나타나지 않았다.

세 번째 유형은 훈련 전에 첫 번째 피크와 두 번째 피크의 차이가 나지 않는다, 그래서 변곡의 구분이 거의 되지 않는다. 즉, 억제력과 추진력의 차이가 거의 없는 발바닥 전체로 착지하였다가 이동하는 형태이다. 근력 훈련 후에는 거의 정상인과 비슷한 형태로 향상되었다.

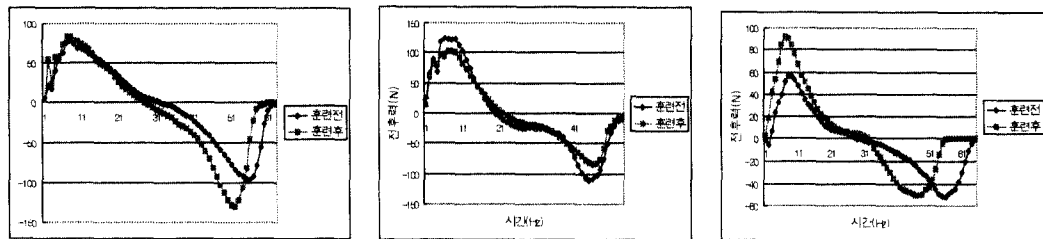


<그림 2> 훈련전 · 후의 수직력의 변화 패턴

변곡지점은 신체의 무게중심이 가장 높은 지점으로 이 시기에 세 방향 모두에서 지면반력이 최소이며, 슬관절의 굴곡이 이루어지며 위치에너지가 운동에너지로 전환이 되어 가속을 위해 사용된다 (김 등, 1996).

2. 훈련전 · 후의 전후력의 변화 패턴

훈련전 · 후의 전후력의 변화 패턴은 <그림 3>과 같다. <그림 3>에서 나타난 바와 같이, 다운증후군 아동들은 수직력과는 달리 비슷한 패턴을 보여주고 있다. 그러나 훈련전 · 후의 변곡점 및 억제력 및 추진력의 시간 비율, 억제력 및 추진력의 크기 등에서 다른 양상을 보여주고 있다.



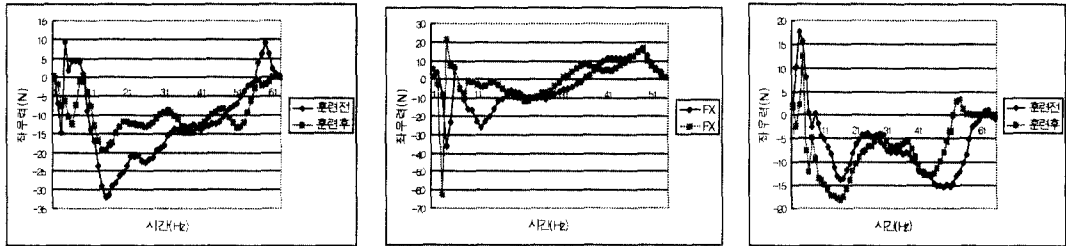
<그림 3> 훈련전 · 후의 전후력의 변화 패턴

전후방향으로 균형을 유지하기 위해서는 지면 반발력은 발이 지면을 지지하는 점, 즉 압력의 중심과 몸의 무게중심을 연결하는 선과 일치해야 한다. 한쪽 발이 지면에서 떨어질 때 반대쪽의 지면을 지지하고 있는 발은 몸의 무게중심 앞쪽에 위치하기 때문에 뒤쪽으로 힘이 작용하고 지지력을

뒤쪽으로 향하게 한다. 몸이 지지축 다리를 지나게 될 때 전단력이 0이 되며 몸의 무게중심이 지지축 다리의 앞쪽으로 이동함에 따라 힘은 점차 앞쪽으로 향하면서 몸의 무게중심이 앞쪽으로 이동하게 된다. 스윙하던 반대쪽 다리가 지면에 닿으면 무게중심은 반대쪽 다리로 이동하면서 지지력은 무게중심의 뒤에 있던 발에서 앞에 있는 발로 이동하게 된다. 따라서 전후축 방향의 지면반발력은 감속기와 가속기에서 각각 반대 방향의 반발력의 정점을 보이게 된다. 일정한 속도의 보행이라면 정점의 크기가 같아야 하나 정상보행에서는 가속기의 정점이 약간 더 크게 나온다(김 등, 1996). 본 연구에서 근력훈련을 통하여 보행속도의 증가로 인하여 감속기 및 가속기의 최고값이 향상되게 나타났으나, 유형 및 훈련유무에 따라 매우 다양한 형태의 패턴을 보였다.

3. 훈련전 · 후의 좌우력의 변화 패턴

훈련전 · 후의 좌우력의 변화 패턴은 <그림 4>와 같다. <그림 4>에서 나타난 바와 같이, 다운증후군 아동들의 좌우력은 매우 다양하게 나타났다.



<그림 4> 훈련전 · 후의 좌우력의 변화 패턴

정상보행에서 초기 접지기 때 아주 짧은 기간동안 내측으로 향하며, 그 이후에는 접지기동안 계속 외측을 향하고 있으며 역시 가속기와 감속기에 작은 정점을 그리게 되고 보행속도가 증가함에 따라 초기 정점이 커지는 경향을 보인다. 이는 보행속도가 증가함에 따라 보폭이 커지게 되고 따라서 외측 반발력이 커지게 된다(김 등, 1996). 본 연구에서 세 경우 모두 지면에 착지하는 초기에 좌우로 큰 변화를 보였으며, 터벅터벅 걷는 두 번째 경우에는 추진기동안 외측 반발력이 아닌 내측 반발력을 보였다.

4. 이중지지 시간 비율

이중지지 시간 비율은 <표 5>와 같다. 왼발과 오른발이 동시에 지면에 닿아있는 시간을 양 발의

총 보행시간에 대한 백분율로 표시한 값이다. 보행시간은 수직방향의 힘인 Fz를 이용하여 구하였다.

표 5. 전체 보행시간, 이중지지 시간 및 이중지지 시간 비율

	전체 보행시간(초)	이중지지 시간(초)	이중지지 시간 비율(%)
훈련전	1.24 ± 0.14	0.10 ± 0.02	8.06 ± 1.84
훈련후	1.13 ± 0.10	0.09 ± 0.02	7.44 ± 1.17

<표 5>에서 나타난 바와 같이, 전체 보행시간은 근력 훈련 전보다 근력 훈련 후에 더 빠르게 나타났다. 이중지지 시간비율은 각각 8.06%, 7.44%로 나타났다. 비록 구간속도 측정기로 속도를 통제 하였지만, 근력 훈련의 효과로 보행시간이 짧아지고 이중지지 시간 비율도 낮아졌다. 정상인을 대상으로 한 김 등(1996)의 연구에서는 한발 지지시간에 대한 이중지지 시간 비율이 17.86%로 보고하였는데, 다운증후군 아동을 대상으로 한 본 연구에서는 7~8%로 나타나서 정상인보다 낮은 이중지지 시간 비율을 보였다.

5. 수직력이 각 구간에 이를 때까지의 시간 비율

수직력이 각 구간에 이를 때까지의 시간 비율은 <표 6>과 같다. 수직력이 최대 피크(첫 번째 피크), 언로딩, 두 번째 피크 구간에 이른 시간을 총 보행시간에 대한 백분율로 표시한 값이다.

표 6. 수직력이 각 구간에 이를 때까지의 시간 비율 (단위 : %)

	왼발			오른발		
	최대 피크	언로딩	두 번째 피크	최대 피크	언로딩	두 번째 피크
훈련전	16.28±5.01	46.41±8.75	73.33±5.75	16.19±4.82	43.02±9.24	68.14±13.14
훈련후	16.12±5.50	50.53±7.13	76.73±3.27	17.24±5.64	50.69±3.94	76.89±2.89

<표 6>에서 나타난 바와 같이, 왼발에서 최대 피크는 훈련 전에 16.28%, 훈련 후에 16.12%를 보였으며, 언로딩시에는 훈련 전에 46.41%, 훈련 후에 50.53%를 보였으며, 두 번째 피크는 훈련 전에 73.33%, 훈련 후에 76.73%를 보였다. 오른발도 왼발과 비슷한 양상을 보였으며, 언로딩 및 두 번째 피크에서 왼발보다 더 빠른 시간 비율에서 나타났다. 왼발 및 오른발에서 훈련 전보다 훈련 후에 언로딩 및 두 번째 피크에서 더 늦은 시간 비율에서 나타났다.

6. 각 시점에서의 체중에 대한 수직력의 비율

각 시점에서의 체중에 대한 수직력의 비율은 <표 7>과 같다. 각 시점은 최대 피크, 언로딩, 두 번째 피크 순간을 말한다.

표 7. 각 시점에서의 체중에 대한 수직력의 비율 (단위 : %)

	왼발			오른발		
	최대 피크	언로딩	두 번째 피크	최대 피크	언로딩	두 번째 피크
훈련전	1.35±0.36	0.64±0.15	1.09±0.33	1.37±0.34	0.69±0.09	1.01±0.21
훈련후	1.37±0.16	0.58±0.13	0.93±0.23	1.34±0.20	0.56±0.19	0.88±0.22

<표 7>에서 나타난 바와 같이, 왼발에서 최대 피크는 훈련 전에 체중의 1.35배, 훈련 후에는 1.37배를 보였고, 언로딩시에는 훈련 전에 체중의 0.64배, 훈련 후에는 0.58배를 보였고, 두 번째 피크는 훈련 전에 체중의 1.09배, 훈련 후에는 0.93배를 보였다. 오른발도 비슷한 양상을 보였다. 언로딩과 두 번째 피크에서 훈련 전에 비하여 훈련 후에 체중에 대한 수직력의 비율이 더 낮게 나타났다.

7. 각 시점에서의 시간 및 체중에 대한 전후력의 비율

각 시점에서의 시간 및 체중에 대한 전후력의 비율은 <표 8>과 같다. 각 시점은 억제력의 최대, 추진력의 최대 순간을 말한다. 변곡시간 비율은 억제력에서 추진력으로 변화는 구간까지의 시간을 총 보행시간에 대한 백분율로 표시한 값이다.

표 8. 각 시점에서의 시간 및 체중에 대한 전후력의 비율 (단위 : %)

	억제력의	시간비율	변곡시간	추진력의	시간비율
	최대			최대	
훈련전	0.24±0.04	10.85±2.41	38.10±8.35	0.22±0.04	84.19±2.39
훈련후	0.27±0.05	10.67±2.72	43.95±6.89	0.24±0.07	85.13±2.41

<표 8>에서 나타난 바와 같이, 억제력의 최대 값은 훈련 전에 체중의 0.24배이며, 훈련 후에는 0.27배이다. 억제력의 최대순간까지의 시간비율은 훈련 전에 10.85%이며, 훈련 후에는 10.67%이다. 변곡시간의 비율은 훈련 전에 38.10%이며, 훈련 후에는 43.95%로 훈련 후에 변곡시간이 늦어졌다. 추진력의 최대는 훈련 전에 체중의 0.22배이며, 훈련 후에는 0.24배이다. 추진력의 최대는 억제력의 최대보다 값이 작게 나타났다. 추진력의 최대순간까지의 시간비율은 훈련 전에 84.19%이며, 훈련 후에는 85.13%로 나타났다.

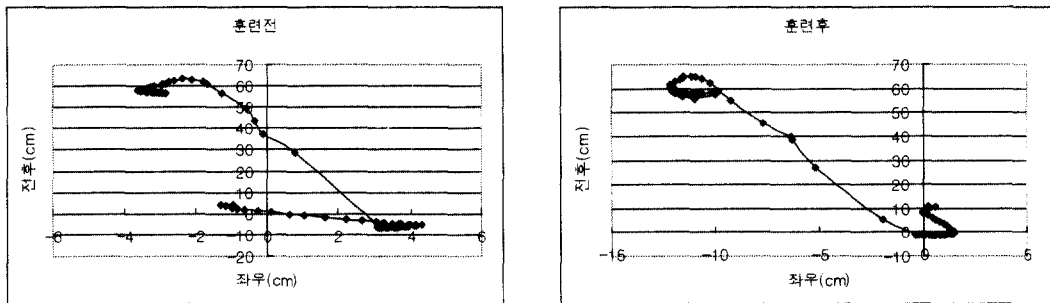
8. 총압력중심의 이동범위

전·후 및 좌·우 총압력중심의 이동범위는 <표 9>와 같다.

표 9. 전·후 및 좌·우 총압력중심의 이동범위 (단위 : cm)

	좌·우 이동범위	전·후 이동범위
훈련전	12.66±7.61	69.09±7.19
훈련후	12.26±10.19	70.97±7.11

<표 9>에서 나타난 바와 같이, 좌·우 총압력중심의 이동범위는 훈련 전에 12.66cm, 훈련 후에 12.26cm를 보였다. 전·후 총압력중심의 이동범위는 훈련 전에 69.09cm, 훈련 후에 70.97cm를 보였다.



<그림 5> 훈련전·후의 총압력중심의 이동 궤적

훈련전의 총압력중심의 이동궤적은 착지한 발(왼발)의 외측(왼쪽)방향으로 이동 후 양발지지 동안 전후 방향 및 내측방향으로 급격히 이동한 후에 뒤따르는 발(오른발)의 위치에 분포하다가 다시 외측으로 이동한다. 훈련후의 총압력중심의 이동궤적은 훈련전과 비교해서 지면에 착지한 후 외측방향으로의 이동이 없고 뒤쪽방향으로 이동후 양발지지 동안 전후 방향 및 내측방향으로 급격히 이동한 후에 뒤따르는 발(오른발)의 위치에 분포하다가 다시 외측으로 이동한다.

이러한 총압력중심의 이동에 대한 설명은 현재까지 명확히 밝혀지지는 않았으나, Jian 등(1993)에 의하면 압력중심이 뒤쪽으로 이동하는 것은 족저굴곡근의 활동이 일시적으로 감소하여 발생하는 것이며, 지면에 착지한 발(왼발)로의 이동은 착지한 발의 고관절 외전근의 활동이 증가하여 나타난 것으로 보고하였다. 그 이후 뒤따르는 발(오른발)쪽으로 이동하는 것은 착지한 발의 고관절 외전근의 활동이 감소하고, 뒤따르는 발의 활동증가로 인해 발생한다고 하였다.

본 연구에서 연구대상자별로 다양한 이동 궤적이 나타나서 명확한 설명을 하기가 어려우며, 이에 대한 보다 종합적인 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결론 및 제언

8주간의 근력 훈련이 다운증후군 아동의 보행시 지면반력의 변화에 미치는 영향을 규명하기 위하여 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 근력 훈련 전후의 수직력, 전후력, 좌우력의 변화패턴은 정상인과 비슷한 유형, 관절의 유연성 부족으로 인한 터벅터벅 걷는 유형, 억제력과 추진력의 구분 없이 발바닥 전체로 걷는 유형 등 다운증후군 아동별로 다양하게 나타났으며, 근력훈련으로 정상인과 비슷한 패턴으로 향상된 경우도 있었으나 개인간 변량차가 크게 나타났다.
2. 전체보행시간은 근력 훈련 후에 더 빠르게 나타났으며, 이중지지 시간비율은 정상보행과 비교하여 낮은 비율을 나타냈다.
3. 근력 훈련 후에 전후력의 첫 번째 피크에 이를 때까지의 시간 비율이 수직력의 첫 번째 피크에 이를 때까지의 시간 비율보다 빠르고, 두 번째 피크에 이를 때까지의 시간 비율은 수직력보다 더 늦게 나타났다. 이는 정상보행과 일치하게 나타났으며, 앞으로 보행연구에 이용될 수 있을 것으로 생각된다.
4. 각 시점에서의 시간 및 체중에 대한 수직력 및 전후력의 비율은 연구대상자별로 다양하게 나타났다.
5. 훈련 전·후의 총압력중심의 이동궤적은 연구대상자별로 다양한 이동 궤적이 나타나서 명확한 설명을 하기가 어려우며, 이에 대한 보다 종합적인 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구를 통한 제언은 다음과 같다.

1. 다운증후군 아동들의 보행 패턴은 다양한 형태를 보이므로 유형별로 구분하여 세밀하게 분석하는 것이 필요할 것으로 사료된다.
2. 에너지 효율, 근육의 활동 등 지면반력 자료뿐만 아니라 운동학적 연구 및 근전도 연구를 통하여 보다 자세하고 정확한 연구가 필요할 것으로 사료된다.
3. 근력훈련 기간, 근력훈련 강도, 유아기 및 노인 등 연구대상자의 적용 확대연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구를 통하여 다운증후군 아동들의 보행의 운동역학적 기전의 이해와 운동학적 결과의 해석을 돕고 향후 병적 보행의 평가에 대한 기초 자료를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 곽창수, 이경선 (1999). 일반 아동과 뇌성마비 아동의 보행 형태에 대한 운동역학적 분석. 한국특수체육학회지, 7(2), pp.19-34.
- 김봉옥(1994). 임상 보행분석의 방법. 대한재활의학회지, 18, pp.191-202.
- 김봉옥의 2인(1995). 보행시작과정의 압력중심(COP)의 변화. 대한재활의학회지, 제19권 제4호, pp.765-772.
- 김봉옥의 2인(1996). 보행속도에 따른 지면반발력의 변화. 대한재활의학회지, 제 20권 제 1호, pp.126-132.
- 박성순 (1986). 속도변화에 따른 인체이동 운동의 생체역학적 분석. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 이연종, 백진호 (2000). 다운증후군 아동 보행의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 39(3), pp.654-663.
- 임비오(1997). 성인남자의 연령별 보행 형태 분석. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 조효구 (1999). 시각·청각 장애인 보행의 역학적 분석. 한국체육대학교 대학원 박사학위논문.
- 한국체육과학연구원 (1995). 1급생활체육지도자 연수 교재. 동원사.
- 한동기(2002). 근력훈련이 다운증후군 아동 및 청소년의 등속성 근력과 보행 형태에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- Bril, B., & Brenier, Y. (1993). Posture and independent locomotion in early childhood: Learning to walk or learning dynamic postural control? In G. J. P. Savelsbergh (Eds.), *The development of coordination in infancy*(pp. 337-357). Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science B.V.
- Davis, W. E., & Sinning, W. E. (1987). Muscle stiffness in Down syndrome and other mentally handicapped subjects: A research note. *Journal of Motor Behavior*, 19, pp.130-144.
- Jansma, P., & French, R. (1994). *Special physical education: physical activity, sports, and recreation*. Englewood Cliff: Prentice Hall.
- Jian Y., Winter, DA., Ishac MG., & Gilchrist, L.(1993). Trajectory of the body COG and COP during initiation and termination of gait. *Gait Posture*, 1: pp.9-14.
- Neuman, G., Schmidt, H., & Frohener, G. (1989). Development of functional stability of the musculoskeletal system in athletes in childhood and adolescence. *Arztl-Jugendkd*, 80(2), pp.73-79.
- Parker, A. W., & Bronks, R. (1980). Gait of children with Down syndrome. *Archives of Physical and Medical Rehabilitation*, 61, pp.345-351.
- Parker, A. W., Bronks, R., & Snyder, C. W. (1986). Walking patterns in Down syndrome. *Journal of Mental Deficiency Research*, 30, pp.317-330.

- Patton, J. R., Payne, J. S., & Beirne-Smith, M. (1990). *Mental retardation*(3rd ed.). Columbus, OH: Merrill.
- Sayers, L. k., Cowden, Jo. E., Newton, M., Warren, B., & Eason, B. (1996). Qualitative analysis of a pediatric strength intervention on the developmental stepping movements of infants with Down syndrome. *Adapted Physical Activity Quarterly*, **13**, pp.247-268.
- Selby-Silverstein, L. (1993). *The effect of neutral foot orthoses on the gait pattern of children with Down syndrome*. Unpublished Doctoral Dissertation, Hahnemann University, Philadelphia.
- Skrobak-Kaczynski, J., & Vavik, T. (1980). Physical fitness and trainability of young male patients with Down syndrome. In K. Berg & B. O. Eriksson (Eds.), *Children and exercise IX*(pp. 300-316). Baltimore: University Park Press.
- Sugden, D. A., & Keogh, J. F. (1990). *Problems in movement skill development*. Columbia: University of South Carolina Press.
- Weber, R. C., & French, R. (1988). Down's syndrome adolescents and strength training. *Clinical Kinesiology*, **42(1)**, pp.13-21.
- Winter, D.A., Prince, R., Stergiou, P., & Powell, C. (1993). Medial-lateral and anterior posterior motor responses associated with centre of pressure changes in quiet standing. *Neurosci Res Comm*. **12**, pp.141-148.

ABSTRACT

The effects of strength training on the change of ground reaction force for the children with Down syndrome

Bee-Oh Lim^{*} · Dong-Ki Han^{**}

The purposes of this study were to investigate the effects of strength training on the change of ground reaction force for the children with trisomy 21 Down syndrome.

The subjects of this study were consisted of eight elementary school students with Down syndrome who participated in the strength training. The strength training was administered by six items such as squat, leg curl, leg extension, toe raise, sit-ups, and hyperextension. For strengthening muscle, each group also was treated by the walking for 8 weeks, three times a week, 10-15RM, 3sets, which was based on the principle of progressive overload. For inquiring the effect of strength training, the ground reaction force variables were measured in two phases : before-training and 8 week-after training. The gait of each subject was acquisition using 2 AMTI force platforms set at 100 frequency.

The results of this study were as follows:

The pattern of vertical, antero-posterior and medio-lateral forces, trajectory of net COP and the timing ratio of reaching the each events were shown variously. So, it is not easy to explain these variables clearly. As the result of strength training, these variables were changed. However, the results of within subjects differ greatly, there was no difference statistically.

key words : strength, training, down syndrome, ground reaction force

Received in final form 8 November 2002

The Best Research Paper Award 2002 Fall Conference of Korea Society of Sport Biomechanics.

* First author(corresponding author) - E-mail : imbo@biomechanics.snu.ac.kr

Dept. of Physical Education Seoul National University, San 56-1, Shillm-dong, Kwanak-gu Seoul, 151-742, Korea

** Second author

Dept. of Physical Education Seoul National University, San 56-1, Shillm-dong, Kwanak-gu Seoul, 151-742, Korea