한국운동역학회지, 2006, 제16권 4호, pp. 73-81
Korean Journal of Sport Biomechanics
2006, Vol. 16, No. 4, pp. 73-81

근력훈련이 다운증후군 청년의 무릎 관절 토크에 미치는 영향

The Effects of Strength Training on Knee Joint Torque During Walking in an Adolescent With Down Syndrome: A Single Case Study

임비오*(서울대학교)
Lim, Bee-Oh*(Seoul National University)

ABSTRACT

B. O. LIM, The Effects of Strength Training on Knee Joint Torque During Walking in an Adolescent With Down Syndrome: A Single Case Study. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 73-81, 2006. The purpose of this study was to investigate the effects of strength training on knee joint torque during walking in an adolescent with trisomy-21 Down syndrome. One adolescent with Down syndrome and one normal child participated in this study. Strength training consisted of eight exercises: squat, hamstring curl, hip adduction, hip abduction, knee extension, toe raise, sit-ups, and hyperextension of the waist. The participant with Down syndrome was participated in strength training for 12 weeks, three times a week, three sets, 10-15 RM; resistance was adjusted according to the principle of progressive overload. To measure the effect of strength training, isokinetic strength variables and knee joint torques were measured before training and after 12 weeks of training. The participant with Down syndrome had some abnormalities in controlling knee motion during walking due to muscle hypotonia, ligament laxity, and weakness of muscles. Post-training isokinetic strength increased compared to pre-training measurements. Knee range of motion were increased after strength training. Strength training did not affect ad/adduction and in/exteranl moments but did have an effect on flexor/extensor moment and timing.

KEYWORDS: DOWN SYNDROME, STRENGTH TRAINING, KNEE JOINT TORQUE, WALKING

Ⅰ. 서 론

다운증후군을 가진 사람들은 약한 근력으로 인하여 걸을 때 많은 문제점을 가지고 있다(Parker & Bronks, 1980; Parker, Bronks, & Snyder, 1986; Selby-Silverstein, 1993). 즉, 발뒤꿈치 착지가 없이 발바닥을 지면에 편평하게 착지하고, 다리를 전방으로 스윙할 때 과도한 외전(abduction)을 보이며, 보행 주기(gait cycle) 대부분에서 엉덩 관절과 무릎 관절이 보다 더 굴곡

* imabo@korea.com

(flexion)된 자세를 보인다고 하였다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 다운증후군을 가진 사람들에게 근력 훈련을 시킨 결과 근력의 향상과 관련된 여러 편의 연구 결과가 보고되었다(한동기, 2002; Davis & Sinning, 1987; Sayer, Cowden, Newton, Warren, & Eason, 1996; Skrobak-Kaczynski & Vavik, 1980; Weber & French, 1988).

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 점증 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. Neuman 등(1989)은 일시적으로 근육을 강화시키기 위한 운동을 포함하는 훈련이 이동 시스템의 효율성을 향상시킬 것이라고 제시하고 있다. 이와 관련하여 한동기(2002)는 보행과 관련된 근육군을 강화시키기 위한 6가지 근력 훈련 종목을 점증부하의 원리를 적용하여 총 8주간 주당 3회, 10~15RM, 3세트 실시하였다. 연구 결과, 다운증후군 아동 및 청소년들은 비교적 짧은 근력 훈련 기간에도 불구하고 활보장이 증가하고 무릎 관절각과 엉덩 관절각이 감소하였으며 신체중심의 위·아래 범위가 감소된 것으로 보아 보행의 안정성이 증가하였다고 보고하였다.

여러 학자에 의해 근력 훈련에 의한 근력의 향상과 관련된 연구가 진행되었으며, 근력 훈련이 보행의 향상에 기여한다는 연구가 이루어져 왔다. 그러나 현재까지 근력훈련이 다운증후군 아동의 보행에 영향을 미치는 명확한 기전은 분명하지 않으며, 그 결과 또한 일치하지 않음에 따라 아직까지도 많은 혼란을 초래하고 있는 실정이다. 또한, 이러한 대부분의 연구가 운동의 결과만을 해석하는 운동학적(kinematic) 연구에 한정되어 왔으며(한동기, 2002; 이연종과 백진호, 2000), 운동의 원인이 되는 힘에 대해서는 언급되지 않았다. 최근에 다운증후군 아동 및 청소년을 대상으로 보행 동작 시 지면에 가하는 힘의 반작용력인 지면반력과 관련된 연구가 보고 되었다(임비오와 한동기, 2002; 임비오, 한동기와 서정석, 2003). 그러나 지면반력 연구만으로 근력 훈련이 보행의 향상과 관련된 원인에 관한 부분을 완벽하게 설명할 수는 없었다. 최근에 임비오 등(2006)은 다운증후군 청년을 대상으로 12주간의 근력훈련을 통해서 발목 관절에 작용하는 회전력에 미치는 영향을 연구하였다. 그 결과 근력훈련은 발목 내전 및 내-외측 모멘트의 패턴과 타이밍을 향상시켰다고 보고하였다.

다운증후군에게서 나타나는 근육의 저긴장(muscle hypotonia)과 인대약화(ligament laxity)는 관절의 운동범위 뿐만 아니라 에너지 흡수 또는 생성 구간과 총에너지 소비량을 변화시킨다(Cioni, Cocilove, Rossi, Paci & Valle, 2001). 따라서 보행과 자세(gait and posture)를 조절하는데 중요한 부위인 무릎 관절에 작용하는 토크에 관한 보다 세밀한 후속 연구가 필요하다고 판단되어 본 연구를 수행하였다.

본 연구의 목적은 다운증후군의 보행에 영향을 주는 근력 훈련이 다운증후군 청년의 무릎 관절 토크에 미치는 효과를 살펴보는 것이다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참가한 다운증후군을 가진 청년의 나이는 21살이며, 신장은 159.5㎝, 체중은 75.1㎏이다. 임상 평가서에 의하면, 정상적인 시각과 청각 기능을 지니고 있으며 건강 상태도 양호하다. 환척추 불안정(Atlanto Axial Instability) 증세는 없으며, 심장도 정상이다. 그러나 심각한 정신 지체(IQ: 54), 언어기능, 근육의 저긴장성과 인대 약화 문제를 지니고 있었다.

근력훈련을 통한 무릎 관절의 토크 효과를 정상인과 비교하였다. 정상인의 나이는 12살이며, 신장은 148.3㎝, 체중은 39.9㎏이다. 예전에 하지 상해를 입은 경험이 없었다.

부모, 학교장과 담당의사의 실험 참가 동의를 얻었으며, 연구위원회(Institutional Review Board)의 승인을 얻어서 본 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

1) 실험 도구 및 분석 장비

본 연구의 종속변인을 측정하는데 사용된 실험 도구 및 분석 장비는 <표 1>과 같다.

2) 실험 절차

연구 대상자를 선정한 후 사전 검사를 실시하였으며, 연구 결과를 비교하기 위해서 정상인의 보행동작을 실시하였다. 사전 검사 후에 12주간 주당 3회 점증 부하의 원리에 의거하여 근력 훈련을 실시하였다. 12주가 경과한 시점에서 사전 검사와 동일한 방법으로 사후 검사를 실시하였다. 사전 검사와 사후 검사 시 등속성 근력 변인과 보행 시 무릎 관절에 작용하는 토크를 측정하였다.

(1) 등속성 근력 변인 측정

Biodex System 3 Pro를 이용하여 부하속도 60°/sec에서 체중당 최대회전력비 및 체중당 평균 파워비를 측정하였다.

측정은 60°/sec에서 최대하로 3회, 최대로 1회의 예비 운동을 실시한 후에 실시하였다. 부하속도 60°/sec에서 4회씩 등속성 근력 측정 항목은 다음과 같다.

표 1. 실험 도구 및 분석 장비

구분	품명	모델명	수량	제조국
영상 분석	비디오 카메라	Panasonic D-5100	6대	일본
	시각코드 발생기	Horita SR-50	1대	일본
	동영상 캡쳐	DV-capture		한국
	녹화기	Panasonic AG-5700	6대	일본
	동조 시스템	Visol VSAD -usb101	1대	한국
	소프트웨어	KWON3D 3.0		한국
지면 반력 분석	지면 반력기	AMTI ORG-6	2대	미국
	소프트웨어	KWONGRF 2.0		한국
등속성 근력	등속성 근력 측정기	Biodex System 3 Pro	1대	미국

① 체중당 최대회전력비(peak torque % body weight) : 측정 부하속도 60°/sec에서 4회 신전/굴곡 및 내전/외전 운동 시 나타난 최대근토크(단위 : N · m)이며, 체중당 최대회전력비는 최대회전력을 체중으로 나눈 값이다.

② 체중당 평균 파워(average power % body weight) : 부하 속도 60°/sec에서 4회 신전/굴곡 및 내전/외전 운동시 발휘된 전체 일량을 운동 소요시간으로 나눈 값(단위 : Watts)이며, 체중당 평균 파워비는 평균 파워를 체중으로 나눈 값이다.

(2) 근력 훈련

① 근력 훈련 종목의 결정

근력 훈련은 보행과 관련된 근육을 강화시키기 위해 하지 근육 강화 훈련 6종목과 복근 및 척추기립근 강화 훈련 2종목(총 8가지)으로 구성하였다. 근력 훈련 종목과 종목별로 사용되는 근육군은 <표 2>와 같다.

② 근력 훈련의 강도

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

표 2. 근력 훈련 종목과 사용 근육

근력 훈련 종목	사용 근육
스쿼트	대퇴사두근, 대둔근, 척추기립근
레그 컬	대퇴사두근
레그 익스텐션	반건양근, 반막양근, 대퇴이두근
엉덩 내전	엉덩 내전근
엉덩 외전	엉덩 외전근
윗몸일으키기	복근
과신전	척추기립근, 대둔근, 반막양근, 복근
토 레이즈	비복근, 가자미근

③ 운동 강도의 설정

1RM(one repetition maximum)은 아래 공식에 의해 계산하였다.

$$1RM = Wo + W1$$
$$W1 = Wo \times 0.025 \times R$$

- Wo : 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.

④ 근력훈련 순서

근력 훈련의 운동 순서는 근피로를 감안하여 반복되는 근육군을 피하여 실시하였다(운동 순서의 예 : 스쿼트 → 윗몸일으키기 → 레그 컬 → 엉덩 내전 → 레그 익스텐션 → 하이퍼익스텐션 → 엉덩 외전 → 토 레이즈). 운동 강도의 증가는 중량(무게), 반복 회수 및 세트 수를 증가시켰다.

(3) 보행 동작 분석을 위한 촬영

공간 좌표 설정을 위해 통제점 틀은 연구 대상자의 보행 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 세웠다. 영상 자료와 지면반력 자료의 축을 일치시키기 위하여 3개의 추가점을 지면반력기의 세 모퉁이에 세웠고, 보행 시 진행 방향의 앞쪽과 뒤쪽에 각각 3대의 비디오카메라를 설치하였다. 보행 동작 전에 통제점 틀을 촬영하고 통제점 틀을 제거한 후 통제점 틀 공간 내에서 보행 동작을 실시하였다. 보행속도에 따라 무릎 관절에 작용하는 토크의 크기가 달라지므로 보행속도는 예비실험을 통하여 얻은 1.15~1.25m/s(편안하게 걷는 선호 속도) 안에 드는, 7회의 시기를 선정하고, 보행 동작 분석에는 이 7회 시기의 자료를 사용하였다. 정상인의 보행속도는 예비실험을 통하여 얻은 1.37~1.43m/s(편안하게 걷는 선호 속도) 안에 드는, 7회의 시기를 선정하고, 보행 동작 분석에는 이 7회 시기의 자료를 사용하였다.

표 3. 근력 훈련의 운동 강도

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

3. 자료 산출 방법

영상으로 촬영된 자료의 분석은 KWON 3.0 운동동작 분석 프로그램을, 지면 반력의 분석은 KWONGRF 2.0 지면반력 분석 프로그램을 사용하였다.

1) 마커의 부착

인체의 운동학적 변인을 산출하기 위해 반사 마커를 좌·우 상전장골극(Anterior Superior Iliac Spine, ASIS), 상후장골극(Posterior Superior Iliac Spine, PSIS), 좌·우 대전자(Great Trochanter), 좌·우 대퇴 중앙지점(mid thigh), 좌·우 외측상과(Lateral Condyle), 좌·우 내측상과(Medial Condyle), 좌·우 하퇴 중앙지점(mid shank), 좌·우 외과(Lateral Malleolus), 좌·우 내과(Medial Malleolus), 좌·우 뒤꿈치(Heel), 좌·우 앞꿈치(Toe)에 부착하였다.

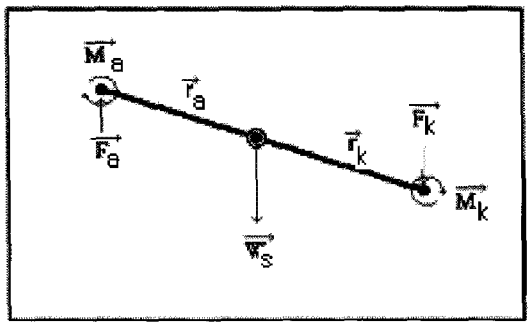
2) 관절 중심의 계산

엉덩 관절 중심은 Tylkowsky 방식(Tylkowsky, Simon & Mansour, 1982)을 사용하여 계산하였다. 무릎과 발목 관절의 중심은 Midpoint 방식을 사용하여 계산하였다.

3) 회전력의 산출

하퇴 분절의 자유물체도(Free Body Diagram)는 <그림 1>과 같으며, 무릎 관절 토크의 산출식은 다음과 같다.

$$\Sigma \vec{F_i} = \vec{F_a} + \vec{W_s} + \vec{F_k} = m\,\vec{a}$$
$$\Sigma \vec{M_i} = \vec{r_a} \times \vec{F_a} + \vec{M_a} + \vec{r_k} \times \vec{F_k} + \vec{M_k} = I\vec{\alpha}$$



$\overrightarrow{F_a}$: 발목관절에서 작용하는 힘

$\overrightarrow{F_k}$: 무릎관절에서 작용하는 힘

$\overrightarrow{W_s}$: 하퇴분절의 무게

M_a : 발목관절에서 작용하는 모멘트

M_k : 무릎관절에서 작용하는 모멘트

$\overrightarrow{r_a}$: 하퇴분절의 무게중심에서 발목관절의 위치벡터

$\overrightarrow{r_k}$: 하퇴분절의 무게중심에서 무릎관절의 위치벡터

m : 하퇴분절의 질량

I : 하퇴분절의 관성모멘트

III. 결과 및 논의

1. 등속성 근력

1) 체중당 최대회전력비

부하속도 60°/sec에서 실시한 우측 발목, 우측 무릎, 우측 엉덩이의 굴곡/신전, 우측 엉덩이의 내전/외전 회전 시 체중당 최대회전력비의 평균과 표준편차는 <표 4>와 같다.

표 4. 체중당 최대회전력비 단위 : %

		근력훈련 전	근력 훈련 후
발목	배측굴곡	13.85 ± 2.71	22.72 ± 3.70
	저측굴곡	40.19 ± 3.60	59.85 ± 3.31
무릎	굴곡	74.62 ± 6.27	91.39 ± 5.14
	신전	189.22 ± 5.89	204.19 ± 5.18
엉덩	굴곡	59.99 ± 2.34	86.20 ± 3.72
	신전	41.46 ± 3.48	77.89 ± 2.83
	내전	41.27 ± 4.39	84.40 ± 5.67
	외전	56.39 ± 3.00	71.57 ± 4.12

<표 4>에서 보는 바와 같이, 발목의 저측굴곡 근력이 배측굴곡 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 발목의 배측굴곡 근력과 저측굴곡 근력의 체중당 최대회전력비가 증가하였다.

무릎의 신전 근력이 굴곡 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 무릎의 굴곡 근력 및 신전 근력의 체중당 최대회전력비가 증가하였다.

엉덩 굴곡 근력이 신전 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 엉덩 굴곡 근력 및 신전 근력의 체중당 최대회전력비가 증가하였다.

근력 훈련 전에는 외전 근력이 내전 근력보다 더 강하게 나타났고 근력 훈련 후에는 내전 근력이 외전 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 엉덩 내전 근력 및 외전 근력의 체중당 최대회전력비가 증가하였다.

다운증후군 아동 및 청소년들은 동일 연령의 정신지체인 그리고 일반 아동 및 청소년과 비교할 때, 낮은 근력을 가지는 것으로 보고되었다. Angelopoulou 등(1999)은 다운증후군이 아닌 정신지체 청소년의 무릎 굴곡근력을 75.8±7.2Nm, 신전근력을 164.6±14.8Nm로 보고하고 있어 본 연구대상자의 근력훈련 이전의 무릎 굴곡근력 74.62 ± 6.27Nm과, 신전근력 189.22 ± 5.89Nm보다 오히려 근력이 낮은 것으로 나타났으며, 근력훈련 이후의 무릎 굴곡근력 91.39 ± 5.14Nm 및 신전근력 204.19 ± 5.18Nm보다는 근력의 차이가 더 크게 벌어졌다. Pitetti 등(1992)은 평균 연령 25.3±1세의 다운증후군 남자 성인의 굴곡근력을 34.1±15Nm, 신전근력을 89.0±26Nm로 보고하고 있는데, 본 연구 대상자가 훨씬 근력이 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 본 연구 대상자의 나이가 선행연구의 나이보다 많고(21세와 17세), 체중이 많으며(75.1kg와 57.1±5.8kg) 평소 활발한 신체활동 프로그램에 참가하여 근력이 더 발달된 것으로 판단된다.

다운증후군 아동 및 청소년들은 근신경계의 일반적인 기능저하로 인하여 근력이 낮다. 또한 추체로에 의한 운동단위 충원과 관련된 제어의 결함이 근력 저하의 원인으로 강력하게 제시되고 있는데, 실제로 추체로의 기능이상은 123명의 다운증후군의 뇌를 연구한 Loesch-Mdzewska (1968)의 신경병리학적 연구에서 주

로 알려졌다.

2) 체중당 평균 파워비

부하속도 60°/sec에서 실시한 우측 발목, 우측 무릎, 우측 엉덩의 굴곡/신전, 우측 엉덩의 내전/외전 회전 시 체중당 평균 파워비의 평균과 표준편차는 <표 5>와 같다.

<표 5>에서 보는 바와 같이, 발목의 배측굴곡 근력이 저측굴곡 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 발목의 배측굴곡 근력과 저측굴곡 근력의 체중당 평균 파워비가 증가하였다.

무릎의 신전 근력이 굴곡 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 무릎의 굴곡 근력 및 신전 근력의 체중당 평균 파워비가 증가하였다.

근력 훈련 전에는 엉덩 굴곡 근력이 신전 근력보다 더 강하게 나타났고 근력 훈련 후에는 신전 근력이 굴곡 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 엉덩의 굴곡 근력 및 신전 근력의 체중당 평균 파워비가 증가하였다.

근력 훈련 전에는 외전 근력이 내전 근력보다 더 강하게 나타났고 근력 훈련 후에는 내전 근력이 외전 근력보다 더 강하게 나타났으며, 근력훈련 후에 엉덩 내전 근력 및 외전 근력의 체중당 평균 파워비가 증가하였다.

<표 4>와 <표 5>에서 보는 바와 같이 최대회전력과 평균 파워는 근력 훈련 기간이 증가함에 따라 점증적으로 증가하였다. 이것은 일반 아동 및 청소년과 마찬가지로 다운증후군 아동 및 청소년들이 충분한 훈련가능성을 가지고 있음을 나타내는 것이다.

표 5. 체중당 평균 파워비 단위 : %

		근력 훈련 전	근력 훈련 후
발목	배측굴곡	13.44 ± 1.65	30.58 ± 2.88
	저측굴곡	10.36 ± 1.66	20.83 ± 5.16
무릎	굴곡	36.32 ± 4.68	60.74 ± 5.18
	신전	93.63 ± 6.03	116.20 ± 77.95
엉덩	굴곡	26.16 ± 3.15	39.85 ± 2.58
	신전	14.34 ± 2.88	43.98 ± 4.71
	내전	33.54 ± 4.34	58.65 ± 3.17
	외전	35.68 ± 2.47	45.09 ± 4.77

Morris 등(1982)은 근력과 장력 간에 높은 정적상관이 있음을 제시하였으며 다운증후군을 가진 사람들에게 나타나는 근저장력은 소뇌결함(Frith & Frith, 1974), 낮은 세로토닌 수준(Rogers & Coleman, 1992), 관절의 과운동성과 인대 이완(Parker & James, 1985) 그리고 감소된 근력(Block, 1991)과 관련이 있는 것으로 보고하였다. 감소된 근력과 근저장력의 관계에서 볼 때, 근력훈련에 따라 등속성 근력이 향상된 것으로 나타난 본 연구의 결과는 근저장력이 호전되고 있다는 것을 나타낸다.

연령에 관계없이 근력 훈련 프로그램에 규칙적으로 참가하는 것은 뼈를 강하게 하고 체중을 조절하며 심혈관계의 위험을 줄이는데 도움을 준다. 더욱이 근골격계 기능이 향상되어 더 활기차게 일상생활을 영위하고 스포츠 관련 상해에 대한 저항을 증가시킨다(Faigenbaum, 2001). 특히 다운증후군을 포함한 정신지체인들에게 근력은 레크리에이션, 일상생활의 활동 그리고 직업을 위한 가치가 있으며(Price, 1980), 근력과 작업 현장에서의 작업 수행 능력 간에 정적 상관이 있다는 면에서 중요하다(Nordgren & Backstrom, 1971). 또한, Neuman 등(1989)이 언급한 것처럼 다운증후군을 대상으로 근육을 강화시키는 운동을 포함하는 훈련이 이동시스템의 효율성을 향상시킬 것이라고 제시하고 있는 바, 윗몸을 숙이며 걷고 발바닥 착지 시 뒤꿈치가 먼저 지면에 닿지 않고 발바닥 전체가 닿는 다운증후군들만이 가지는 독특한 걸음걸이에서 벗어나 미적인 면에서 보다 바르게 그리고 효율적으로 보행하는데 근력이 영향을 미칠 것으로 사료된다.

2. 무릎 관절에 작용하는 토크

<그림 2>의 위 그림에서 다운증후군은 정상인에 비해서 걸을 때 무릎을 덜 굽힌다. 이와 같은 사실은 선행연구에서 지적한 바와 같이 다운증후군 보행의 일반적인 특징인 무릎을 덜 굽힌 채로 터벅터벅 걷는 다는 것을 의미한다(Cioni et al., 2001; Weber & French, 1988). 무릎 관절운동범위는 근육훈련 전은 26.4도, 근

육훈련 후는 32.1도, 정상인은 32.7도로 나타났다. 근력 훈련 후에 무릎 관절운동범위가 정상인에 가깝게 증가하였다. 이와 같은 사실은 근력 훈련이 근저장력의 기능을 향상 시켜 무릎 굴곡 동작에 기여한 것으로 판단된다.

다운증후군은 정상인에 비해서 발뒤꿈치 착지 이후에 무릎 굴곡근에서 무릎 신전근으로 주동근이 바뀌는 타이밍이 더 느리고(약 지지구간의 13%대 4%), 다시 신전근에서 굴곡근으로 주동근이 바뀌는 타이밍(약 40%대 48%)이 더 빠르게 나타났다가, 지지구간 후반부에 굴곡근에서 신전근으로 주동근이 바뀌는 타이밍(약 90%대 80%)이 더 느리게 나타났다. 다운증후군은 정상인에 비해서 지지구간의 20% 시점에서 무릎의 굴곡근의 작용이 훨씬 낮게 나타난 것이 특징이며, 12주간의 근력 훈련 후에 약간 증가하였다. 이와 같은 사실은 보행 지지구간의 20% 지점에서 근력 훈련과 보행 동작의 지도를 통해서 무릎 굴곡근의 작용을 증가 시켜야 할 것으로 판단된다.

<그림 3>에서 보는 바와 같이 다운증후군의 무릎 내전/외전 모멘트와 내측/외측 회전 패턴은 정상인과 다르게 나타났으며 훈련의 효과는 나타나지 않았다. 또한, 내전/외전 모멘트의 범위가 더 크게 나타났다.

다운증후군을 가진 사람들에게서 두드러지게 나타나는 보행 특성은 패턴이 다양하다는 것이다. 다운증후군을 가진 사람들의 보행 패턴이 다양한 원인은 첫째, 유전이 운동형질(motor phenotype)을 다양하게 변화시킨다. 둘째, 근육의 저긴장성, 인대 이상, 근육 약화, 정형외과적 이상이다. 이와 같은 요인들이 개인 간 및 개인 내 보행 차이를 가져온다(Park & Bronks, 1980; Cioni et al., 2001).

본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 다운증후군 보행에서 나타나는 무릎 굴곡 모멘트의 약화와 외전모멘트의 증가는 첫째, 타이트한 아킬레스 건과 대퇴사두근건과 대퇴이두근건, 둘째, 인대 불안정으로 인한 발목과 무릎 불안정, 셋째, 저긴장성 근육과 인대의 탄성 요인 비정상으로 인해 발생된다(Cioni et al., 2001).

Landing & Shankle (1982)은 근육의 저긴장성은 골격근 섬유의 차이와 섬유길이(㎜) 당 핵의 수가 감소된 것과 연관이 있다고 하였다. 저긴장성 근육-건 단위에

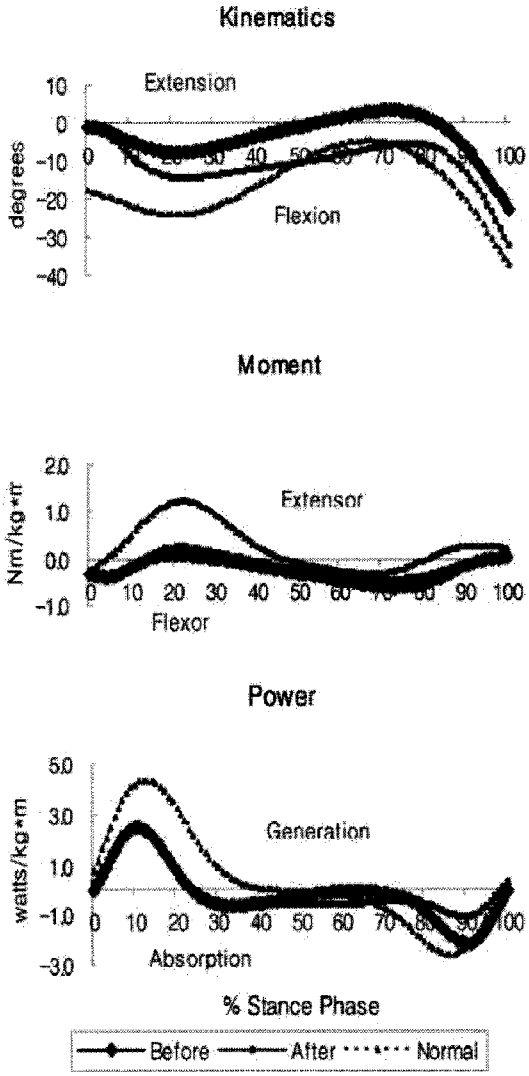


그림 2. 근력훈련 전 · 후의 무릎의 운동학(위), 모멘트(중간), 파워(아래) 그래프(시상면). 정상보행과 비교하기 위해 Y축 값은 신장과 체중으로 표준화하였다.

서, 신전 및 탄성에너지 저장의 문제는 파워 생성의 감소와 연관이 있다고 보고하였다(Cioni et al., 2001). 본 연구에서도 정상 보행에 비해서 다운증후군 보행은 근육의 저긴장성으로 인한 신전 및 탄성에너지 저장의 문제로 인해 파워 생성이 감소되었다<그림 2>.

Ⅳ. 결 론

다운증후군은 정상인과 비교해서 천천히 걸을 뿐만 아니라 몇 가지 보행 이상을 가지고 있다. 무릎을 덜 굽힌 채로 발이 지면에 편평하게 착지한다. 12주간의 근력훈련을 통해서 다운증후군의 발목, 무릎, 엉덩 근

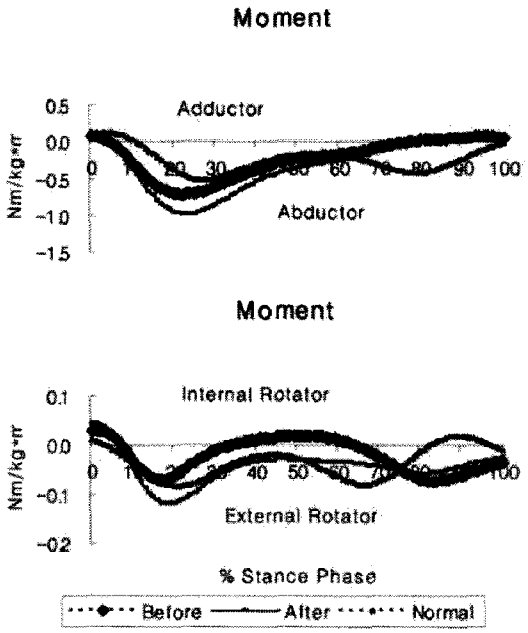


그림 3. 근력훈련 전·후의 무릎 관절에 작용하는 내/외전 모멘트(위)와 내/외측 모멘트(아래). 정상보행과 비교하기 위해 Y축 값은 신장과 체중으로 표준화하였다.

력이 증가되었다. 또한, 근력 훈련 후에 무릎 관절운동 범위가 정상인에 가깝게 증가하였다. 다운증후군은 정상인에 비해서 지지구간의 20% 시점에서 무릎의 굴곡근의 작용이 훨씬 낮게 나타난 것이 특징이며, 12주간의 근력 훈련 후에 약간 증가하였다. 이와 같은 사실은 보행 지지구간의 20% 지점에서 근력 훈련과 보행 동작의 지도를 통해서 무릎 굴곡근의 작용을 증가 시켜야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

권영후 (2003). Kwon 3D 3.1 for windows motion analysis package. (주)비솔.

권영후 (2003). Kwongrf 2.0 for windows. (주)비솔.

이연종, 백진호 (2000). 다운증후군 아동 보행의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 39(3), 654-663.

임비오, 윤재만, 정철수, 신인식, 권영후 (2006). 근력훈련이 다운증후군의 발목 관절에 작용하는 회전력에 미치는 영향. 2006춘계 한국운동역학회 국제학술대회 & 아시아운동역학회 창립총회 논문집. 173-183.

임비오, 한동기 (2002). 근력훈련이 다운증후군 아동의 지면반력의 변화에 미치는 영향. 한국운동역학회지, 12(2), 1-14.

임비오, 한동기, 서정석 (2003). 근력훈련이 다운증후군 청소년의 지면반력 변화에 미치는 영향. 한국체육학회지, 42(3), 735-742.

한국체육과학연구원 (1995). 1급 생활체육지도자 연수교재. 동원사.

한동기 (2002). 근력 훈련이 다운증후군 아동 및 청소년의 등속성 근력과 보행 형태에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

Angelopoulou, N., Tsimaras, V., Christoulas, K., Kokaridas, D., & Mandroukas, K. (1999). Isokinetic knee muscle strength of individuals with mental retardation, a comparative study. Perceptual and Motor Skills, 88, 849-855.

Block, M. E. (1991). Motor development in children with Down syndrome: A review of the literature. Adapted Physical Activity Quarterly, 8, 179-209.

Cioni, M., Cocilovo, A., Rossi, F., Paci, D., & Valle, M. S. (2001). Analysis of ankle kinetics during walking in individuals with Down syndrome. American Journal on Mental Retardation, 106(5), 470-478.

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, 130-144.

Faigenbaum, A. D. (2001). Strength training and child's health. Journal of Physical Education, Recreation, & dance, 72(3), 24-30.

Frith, U., & Frith, C. D. (1974). Specific motor disabilities in Down's syndrome. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 15, 293-301.

Judge, J. O., Davis, R. B., & Ounpuu, S. (1996). Step

length reductions in advanced age: The role of ankle and hip kinetics. Journal of Gerontology, 6, M303-M312.

Landing, B. H., & Shankle, W. R. (1982). Nuclei in Down syndrome: Speculation on a "shut off" role of chromosome 21 in control of DNA and nuclear replication rates, possibly via determination of cell surface area per nucleus. In Birth defects: Original articles series, 18(3), 81-87.

Loesch-Mdzewska, D. (1968). Some aspects of the neurology of Down' syndrome. Journal of Mental Deficiency Research, 12, 237.

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), 73-79.

Nordgren, G., & Backstrom, L. (1971). Correlations between muscular strength and industrial work performance in mentally retarded persons. Acta Paediatrica Scandinavica, (Supplment 217), 122-126.

Ounpuu, S., Gage, J. R., & Davis, R. B. (1991). Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. Journal of Pediatric Orthopedics, 11, 341-349.

Parker, A. W., & Bronks, R. (1980). Gait of children with Down syndrome. Archives of Physical and Medical Rehabilitation, 61, 345-351.

Parker, A. W., Bronks, R., & Snyder, C. W. (1986). Walking patterns in Down syndrome. Journal of Mental Deficiency Research, 30, 317-330.

Parker, A. W., & James, B. (1985). Age changes in the flexibility of Down syndrome children. Journal of Mental Deficiency Research, 29, 207-218.

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. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 73, 847-850.

Price, K. S. (1980). Physical education for the physically handicapped. London: Lepus Books.

Rogers, P. T., & Coleman, M. (1992). Medical care in Down syndrome: A preventative approach. New York: Marcel Dekker, Inc.

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, 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.

Tylkowski, C. M., Simon, S. R., & Mansour, J. M. (1982). Internal rotation gait in spastic cerebral palsy in the hip. Proceedings of the 10th Open Scientific Meeting of the Hip Society, (Edited by Nelson, J. P.), 89-125. Mosby, St. Louis.

Weber, R. C., & French, R. (1988). Down's syndrome adolescents and strength training. Clinical Kinesiology, 42(1), 13-21.

투 고 일 : 2006. 10. 30
심 사 일 : 2006. 11. 10
심사완료일 : 2006. 12. 20