한국전문물리치료학회지 제8권 제3호
KAUTPT Vol. 8 No. 3 2001.

# 기능적 근력강화 운동이 뇌성마비 아동의 기립균형에 미치는 영향

신화경
연세대학교 대학원 재활학과
정보인
연세대학교 보건과학대학 재활학과 및 보건과학연구소

## Abstract

## The Effect of Functional Strengthening Exercise on Standing Balance in a Child With Cerebral Palsy

**Shin Hwa-kyung, B.Sc., P.T.**
Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Yonsei University
**Chung Bo-in, Ph.D.**
Dept. of Rehabilitation Therapy, College of Health Science, Yonsei University
Institute of Health Science, Yonsei University

The purpose of this study was to investigate the effect of functional strengthening exercise on static and dynamic standing balance in a child with cerebral palsy. The subject was a 7 year old boy with diplegia whose Gross Motor Function Measure (GMFM) score was 80% along with G1 of the lower extremities in Modified Ashworth Scale. The subject was ambulatory with some degree of limitation and demonstrated muscle weakness and strength asymmetry in the lower extremities. A changing criterion design for a single-subject research was used for this study. The functional strengthening exercise consisted of lower extremity ergometer exercise and knee exercise with grading movement in standing position, each for 20 minutes, which lasted 18 sessions for 6 weeks. A knee extensor strength test on both extremities and standing balance test were conducted after each functional strengthening exercise. Two types of standing balance were tested: one leg stance test and functional reach test. One leg stance test was to evaluate static standing balance, and functional reach test was to evaluate dynamic standing balance. The results showed that the functional strengthening exercise had some positive effects on improvement of both static and dynamic standing balance, and there was a positive correlation between the knee strength and standing balance.

**Key Words**: Cerebral palsy; Functional strengthening exercise; Standing balance.

## I. 서론

뇌성마비는 뇌가 발육하는 시기에 손상을 입고 기능 부전을 일으키는 비진행성 중추신경계 결함으로 병변 부위에 따라 운동장애, 감각장애, 시각장애, 언어장애, 정신지체, 정서장애 등을 동반한다(Ingram, 1984; Umphred, 1995). 이러한 증상들 중에 비정상적인 반사와 근긴장도 등으로 인하여 신체의 비대칭, 비정상적인 흔들림, 균형 장애가 나타나 기립이나 보행시 운동조절이 어렵게 된다(Bobath, 1980).

균형은 지지 기저면(base of support)에 대하여 무게중심(center of gravity)을 조절하고 유지하는 능력인 자세 안정성(postural stability)을 지속적으로 유지해 나가는 과정으로써, 선 자세에서의 안정성 유지, 체중부하 조절, 보행 능력 등의 동작 수행에 중요한 영향을 미치게 된다(Cohen 등, 1993, Geurts 등, 1996). 정상적인 균형반응은 시각, 전정, 체성 감각계의 통합과 함께 근골격계의 조화로운 운동조절 시스템을 요구한다. 지지 기저면이 변할 때 이들 감각계가 변화를 감지하고, 운동계는 자세의 새로운 요구에 적응함으로써 균형이 유지된다. 이중 근골격계는 반응 동안 신체의 기계적 구조를 제공하는 것으로, 근골격계가 약화되면 기립자세에서 정상적인 신체정렬(body alignment)을 유지할 수 없어 균형능력이 저하된다(권오윤 등, 1998; Shumway-cook와 Woollacott, 1995).

사지마비, 편마비, 양하지마비와 같은 뇌성마비의 형태에 따라 붙여진 이름에서 나타나듯이 근력약화는 강직성 뇌성마비의 주요 임상적 특징으로 오랫동안 인식되어 왔다. 사실상 뇌성마비 아동은 손상 받은 거의 모든 근육의 힘이 정상 아동에 비해 약하다. 이것은 선택적 후근 절제술(selective posterior rhizotomy) 후에 강직이 감소되는 것과 함께(Katz와 Rymer, 1989; Peacock 등, 1987), 이로 인해 잠재되어 있던 약한 근력이 표출되는 현상에서도 증명된다(Guiliani, 1991; Oppenheim 등, 1992). 현재 근력강화 운동은 정형외과적 환자나 운동선수들에게 일상적으로 활용되고 있다. 반면에 뇌성마비나 다른 상위 운동신경원 손상 환자에게는 근력강화 운동이 적당하지 않다는 과학적 증거가 제시되지 않았음에도 불구하고, 치료 과정에 근력강화 운동을 포함시키지 않고 있다.

근력은 뇌성마비 아동의 운동기능과 직접적인 관련이 있으며, 등장성 및 등속성 근력강화 운동으로써 개선된다고 보고되고 있다(Damiano 등, 1995; Kramer와 MacPhail, 1994). 지금까지 뇌성마비 아동의 근력강화 운동으로부터 밝혀진 긍정적 결과는 보폭(stride length)의 증가, 보행속도(gait velocity)의 향상, 목발보행(crutch gait)의 감소, 보행 동안 에너지 효율성(energy efficiency)의 증가, 대동작기능평가(GMFM: gross motor function measure)의 향상, 편마비에서 근력의 비대칭성 감소 등이 있다(Damiano 등, 1995; MacPhail과 Kramer, 1995).

본 연구에서는 정상 아동에 비해 기립균형이 부족한 뇌성마비 아동을(Liao 등, 1997) 대상으로, 기능적 능력과 관련된 근력강화 운동이 정적、동적 기립균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 연구기간

연구 대상자는 양하지마비 형태의 뇌성마비로 진단 받고, 재활병원에서 외래 진료를 받는 만 7세 된 남아이다. 대상 아동의 언어수준은 아동 자신의 요구사항을 분명히 전달할 수 있고 치료사의 지시를 정확하게 이해할 수 있는 정도이며, 운동 능력은 대동작 기능평가에서 눕기와 뒤집기 90.0%, 앉기 91.6%, 네발기기와 무릎서기 85.4%, 서기 80.1%, 걷기、달리기、뛰기 52.7%로 총 80.0%이었다. 강직은 Modified Ashworth Scale에서 좌우의 하지 모두 G1이고, 하지의

전반적인 근력약화를 보였다. 근력약화를 제외한 관절 및 근육, 시각 및 전정기관 등의 기립균형에 영향을 주는 요인에는 장애가 없었다. 상지 기능은 신전보호 반사와 다양한 잡기가 가능한 상태였다.

연구기간은 2000년 11월 13일부터 12월 23일까지로 실험은 주 3회씩 시행하였다.

### 2. 연구설계 방법

본 연구의 설계는 단일사례 연구설계(single-subject research design) 중에서 준거수정 설계 (changing criterion design)를 실시하였다.

### 3. 측정도구 및 측정방법

근력은 무릎폄근의 최대 등척성 수축(maximal isometric contraction)을 통한 최대 장력(maximal tension)을 역동계(dynamometer)[1]를 사용하여 측정하였다. 앉은 자세에서 양쪽 무릎을 70°로 고정하고, 발목에 가죽으로 만든 발목 커프(ankle cuff)를 착용한 상태에서 등척성으로 최대 수축을 하도록 지시하였다. 측정값은 두 번 측정하여 평균치를 기록하였다.

정적 기립균형(static standing balance) 능력을 측정하기 위해 변형된 한발 기립균형(one-leg stance) 검사를 실시하였다. 상지에 의한 보상작용을 막기 위해 두 팔은 겹쳐서 가슴 위에 올려놓도록 하였다. 측정하고자 하는 쪽의 다리로 체중을 지지하고, 반대쪽 다리의 엉덩관절과 무릎관절은 90° 굽혀여 치료테이블 위에 올려놓았다. 초시계를 이용하여 다리를 올려놓은 후부터 가슴에서 손이 떨어질 때까지의 유지시간을 측정하였다.

동적 기립균형(dynamic standing balance; rhythmic shifting ability) 능력을 측정하기 위해 기능적 전방 팔뻗기(functional reaching) 검사를 실시하였다. 이동거리를 측정하기 위해 줄자를 검사 대상자의 견봉 높이에서 지면과 평행하게 벽면에 부착시켰다. 대상자는 맨발로 우측 어깨가 벽면을 향하도록 하고, 일직선 위치에서 양발을 어깨너비 만큼 벌리고 편안히 서게 하였다. 주먹을 쥔 상태에서 우측 팔꿉관절을 피고 어깨관절을 90° 굽힌 후, 세 번째 중수골의 원위부가 줄자의 시작점(0 ㎝)에 일치하도록 발의 위치를 고정하였다. 어깨가 벽에 닿거나 전방으로 몸을 기울이는 동안 팔이 벽에 닿지 않도록 어깨와 벽면과는 5 ㎝의 간격을 두었고, 동일한 발 위치에서 측정하기 위해 대상자의 최초 발의 위치를 표시하였다. 전방 팔뻗기 시 엉덩관절과 무릎관절의 스쿼트 전략(박제상 등, 2000)을 모두 허용하여 최대한 몸을 전방으로 이동시킨 상태에서 5초간 유지할 수 있는 거리를 ㎝ 단위로 측정하였다.

검사의 순서는 대상자가 직접 제비뽑기하여 무작위로 결정하였다. 한발 기립균형과 기능적 전방 팔뻗기 검사 시, 아동에게 각 시기의 단기목표를 제시함으로써 목표에 도달하도록 격려하였다. 이때 동시에 두 명의 측정자가 총 21회에 걸쳐 측정하였다.

### 4. 연구과정

가. 기초선 측정(baseline)

기존의 수동적 관절운동과 보행훈련을 포함하는 물리치료를 받고 15분 휴식 후, 무릎폄근의 근력, 한발 기립균형, 기능적 전방 팔뻗기 검사를 실시하였다. 기초선은 3회에 걸쳐 실시되었다.

나. 치료(기능적 근력강화 운동)

기초선 측정이 끝난 다음 회부터 기존치료 후에 근력강화 운동을 6주 동안 18회 실시하였다. 근력강화 운동은 자전거 에르고미터 운동과 무릎관절의 단계적 조절운동으로 구성되었다. 근력강화 운동 후 15분 휴식한 다음 근력, 한발 기립균형, 기능적 전방 팔뻗기 검사를 실시하였다.

1) Preston. MI. USA

1) 자전거 에르고미터 운동

아동은 자전거 에르고미터에서 몸통이 움직이지 않도록 하고 종아리와 발을 페달에 고정한 후, 아동이 가능한 속도에 메트로놈을 맞춰 20분 동안 실시하였다.

2) 선 자세에서 무릎관절의 단계적 조절 운동

아동은 책상에서 엄지발가락까지 25 ㎝ 거리에 서서 60 ㎝ 높이의 책상에 두 손을 짚게 하였다. 이 거리는 아동이 엉덩관절을 중립자세로 유지할 수 있는 거리이며, 높이는 아동이 어깨관절 45° 굽힘, 60° 외전, 20° 내회전한 기능적 각도(이기희와 이지은, 1994; Kapandji, 1982; Trombly, 1989)로 팔을 최대한 필 수 있는 높이이다. 한쪽 다리로 체중을 지지하고, 다른쪽 다리는 아동이 편안한 정도로 엉덩관절을 펴게 한 후, 몸통의 안정성을 유지하면서 체중 지지한 다리의 무릎관절 굽힘과 폄을 메트로놈에 맞춰 아동이 가능한 속도로 양쪽 각각 40회 실시하였다. 이때 무릎관절 60° 굽힘 위치에 치료용 공을 놓아서 60° 굽힘에 대한 피드백을 주었다.

다. 준거 수정(changing criterion)

한발 기립균형 검사에서 기초선의 유지시간은 우측은 평균 10.3초, 좌측은 평균 3.8초였다. 이에 근거해서 치료과정에서는 치료목표 변경 시의 준거간격을 3초로 정하였다. 기능적 전방 팔뻗기 검사에서 기초선의 이동거리는 평균 8.2 ㎝이였고, 치료목표 변경 시의 준거 간격을 1 ㎝로 정하였다. 3회 연속으로 단기목표 준거를 달성하여 안정선을 이루면, 그 다음 치료단계의 준거를 적용하는 방법으로 치료목표를 상향조정하였다.

### 5. 자료분석

수집된 측정자료는 단일사례 연구설계에서 사용되고 있는 시각적 분석(visual analysis)으로 제시되었다.

## Ⅲ. 결과

### 1. 한발 기립균형 검사 시 좌·우측의 유지시간

우측 기립균형 검사는 준거를 3번 수정하였다. 근력강화 운동 후 준거1은 13.0초, 준거2는 16.0초, 준거3은 19.0초로 준거를 수정하여 실험하였다. 기초선의 평균 유지시간은 10.0초였으며, 근력강화 운동 후 준거1은 평균 12.5초이고 5회차에 안정선을 이루었으며, 준거2는 평균 15.5초 7회차에 안정선을, 준거3은 평균 17.5초 6회차에 준거시간에 도달한 상태에서 실험이 종료되었다(그림 1).

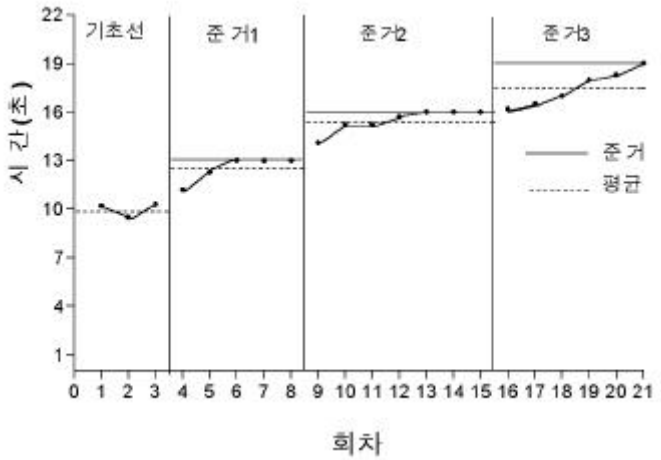


그림 1. 한발 기립균형 검사(우측)

좌측 기립균형 검사에서는 근력강화 운동 후 준거1은 7.0초, 준거2는 10.0초, 준거3은 13.0초로 준거를 3번 수정하여 실험하였다. 기초선의 평균 유지시간은 3.8초였으며, 근력강화 운동 후 준거1에서 평균 6.1초이고 7회차에 안정선을 이루었으며, 준거2는 평균 9.2초 6회차에 안정선을, 준거3은 평균 12.3초이며 5회차에 처음으로 준거시간에 도달한 상태에서 실험이 종료되었다(그림 2).

**2. 기능적 전방 팔뻗기 검사시 이동거리**

근력강화 운동 후, 준거1은 9 ㎝, 준거2의 10 ㎝, 준거3은 11 ㎝로 준거를 3번 수정하여 실험하였다. 평균 이동거리는 기초선에서 8.1 ㎝이었으며, 근력강화 운동 후 준거1은 평균 8.9 ㎝이고 5회차에 안정선을 이루었으며, 준거2는 평균 9.7 ㎝로 7회차에 안정선을, 준거3은 평균 10.9 ㎝로 6회차에 안정선을 이루었다(그림 3).

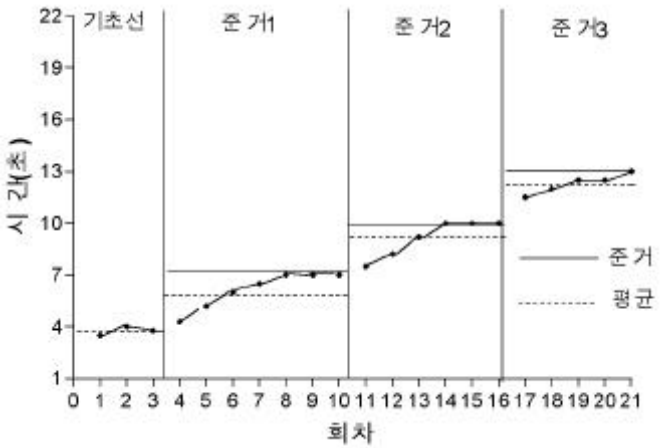


그림 2. 한발 기립균형 검사(좌측)

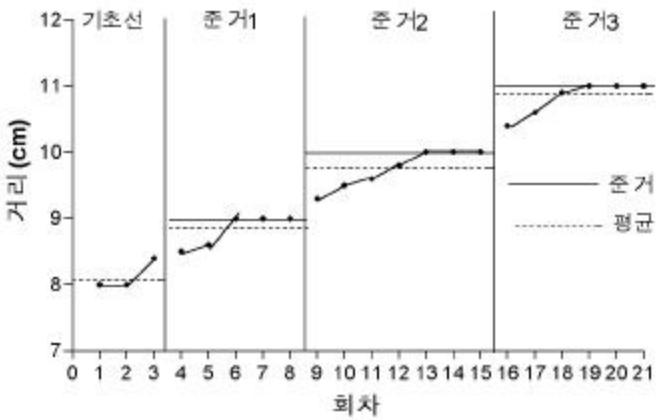


그림 3. 기능적 전방 팔뻗기 검사

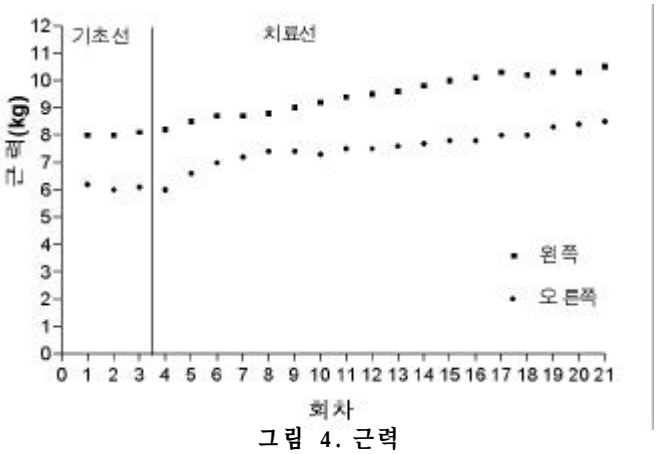


그림 4. 근력

### 3. 근력

평균 근력은 기초선에서 우측이 8.0 kg 좌측이 6.1 ㎏이었고, 근력강화 운동 후에는 좌우 모두에서 증가양상을 보였다(그림 4).

### 4. 측정자간 신뢰도

두 명의 측정자가 독립적으로 동시에 총 21회에 걸쳐 종속변인을 측정하였으며, 소수점 첫째 자리까지의 일치를 Point by Point Reliability((측정자간 일치 수/ 총 측정 수) × 100)를 이용하여 측정자간 신뢰도를 구하였다. 한발 기립균형 검사는 좌·우측 모두 95.2%, 기능적 전방 팔뻗기 검사는 90.5%, 근력은 81.0%의 기록자간 일치율을 보였다.

## Ⅳ. 고찰

근력은 정상적인 운동조절을 위한 중요한 요소이다. 그러나, 강직과 근력강화 운동의 상관성에 대한 고정관념으로 인해 뇌성마비에게 근력강화 운동은 기피되어 왔다. 그러한 관념의 예로, 첫째, 근력강화 운동을 하면 강직이 증가될 것이고, 둘째, 효과가 있을 만큼의 운동량을 감당할 수 없을 것이고, 셋째 약한 근력은 뇌성마비 운동장애의 주된 요인이 아닌 것으로 보는 점이다. 그러나 최근 이러한 관념들이 다음과 같은 과학적 실험을 통하여 수정되고 있다.

지구력강화 운동의 예로 Fernandez와 Pitetti(1993)는 양측 상·하지의 근력강화 운동기구 (Schwinn Air-DynErgometer)를 이용하여 뇌성마비 성인에게 1주에 2회씩 8주 동안 운동을 시행한 결과 생체에너지 소비량이 유의하게 증가했음을 보고하였다. 근력강화 운동 전·후에 일정량의 가벼운 수작업 동작을 시행하였을 때, 남자 대상자에서 자신의 33% 생체에너지 소비량 이하의 체력소비로 할 수 있는 업무가 20개 중에서 13개였던 것이 운동 후에는 20개 전부 가능하게 되었고, 여자 대상자에서는 운동 전에 14개가 가능하던 것이 운동 후에는 15개가 가능한 것으로 보고되었다.

근력강화 운동의 예로 Damiano 등(1995)은 14명의 뇌성마비 아동을 대상으로 1주에 2회씩 6주 동안 무릎 폄근에 등장성 근력강화 운동을 시행했는데, 모든 피험자가 같은 연령의 정상아동과 거의 같은 정도로 근력이 증가하였으며 보행속도도 함께 증가하였다. 일부 학자들이 우려한 길항근인 무릎 굽힘근 강직으로 인해 불수의적으로 근력이 증가하는 현상은 보이지 않았다. 따라서 이들은 뇌성마비 치료를 위한 기본 프로그램에 근력강화 운동을 포함시킬 것을 주장하였다. 이때 근력이 증가하는 기전은 정상 근육에서 보이

는 신경적응(neural adaptation)과 근육비대(muscle hypertrophy)뿐만 아니라 경직의 호전으로 상호억제(reciprocal inhibition) 능력이 좋아지기 때문인 것으로 추정되었다(MacPhail과 Kramer 등, 1995). 그러므로 적어도 경증의 뇌성마비 환자를 위한 의료재활 프로그램에는 1년에 한두 차례 집중적인 근력강화 운동을 반드시 포함시키는 것이 바람직하다고 제안하고 있다.

최근에 Damino와 Abel(1998)은 14명의 뇌성마비 아동을 대상으로 1주에 3회씩 6주 동안 다리의 주요 근육들에 대한 등장성 근력강화 운동을 시행한 결과, 경직성 양하지 마비형은 평균 69%, 편마비형은 평균 23.0%의 근력증가를 보였으며 평상시 보행속도도 같이 증가된 것으로 보고되었다. 또한 평상시 보행속도가 증가되었음에도 생체에너지 소비량은 증가하지 않아 하지 동작의 기계적 효율성(mechanical efficiency)도 근력강화 운동에 의해 증가된 것으로 보고 있다.

Liao 등(1997)은 경직성 양하지 뇌성마비에서 기립균형과 보행능력은 밀접한 관계가 있다고 하였다. 뇌성마비 아동은 정상 아동에 비해 정적·동적 기립균형 능력이 부족한데, 특히 동적 기립균형이 보행능력과 밀접하게 관련되어 있으므로 뇌성마비 아동의 보행능력을 개선시키기 위해서는 동적 기립균형 능력의 보강을 제안하고 있다.

본 연구에서는 경직성 양하지 뇌성마비 아동에게 하지의 기능적 근력강화 운동을 시행한 후, 정적·동적 기립균형 능력에 미치는 영향을 알아보았다. 기초선에서 우측의 평균 근력은 8.0 ㎏, 좌측은 6.1 ㎏이었다. 근력강화 운동 후 우측은 10.5 ㎏으로 2.5 ㎏이 증가되었고, 좌측은 8.5 ㎏으로 2.4 ㎏이 증가하여 좌우 모두 증가추세를 보였으며, 이와 함께 정적·동적 기립균형에서도 향상을 보였다. 정적 기립균형 능력에서 우측의 평균 유지시간은 10.0초에서 근력강화 운동 후에는 17.5초로, 좌측의 평균 유지시간은 3.8초에서 12.3초로 증가하였다. 근력강화 운동 전에 비해 좌우 모두 한발 기립균형의 유지시간은 증가했으나, 좌우 기립균형 유지시간의 차이는 근력강화 운동 후에 크게 줄어들지 않은 것으로 보아 근력강화가 좌우의 비대칭성을 감소시키는데 큰 영향을 미치지 않았음을 보여주고 있다. 동적 기립균형 능력을 알아보기 위한 기능적 전방 팔뻗기 검사에서 평균 이동거리는 8.1 ㎝에서, 근력강화 운동 후에는 10.8 ㎝로 증가하였다.

연구를 진행함에 있어서 제한점은 근력 측정도구의 민감성(sensitivity) 문제이다. 근력을 측정하기 위해 사용된 악력계는 근력의 미세한 변화를 감지해내는데 어려움이 있었다. 이는 실험의 내적 타당도를 위협하는 요인이 되었으리라 생각된다. 근전도를 함께 사용했으면 근육의 활성화가 기립 균형에 미치는 영향을 더욱 효과적으로 측정할 수 있었을 것으로 생각된다. 또한 근력은 전반적인 대동작 기능과 관련이 있는데, 본 실험에서의 근력강화 운동이 하지에 제한되어 있고, 몸통이나 상지에는 적용하지 않았기 때문에, 하지와 관련이 있는 선 자세에서의 기립균형만을 다룬 것이 또 하나의 제한점이 되겠다. 앞으로 나머지 다른 근육의 근력강화를 통한 여러 자세에서의 균형에 관한 연구가 이루어지기를 기대한다. 또한, 한 아동을 대상으로 한 임상연구이므로 이 연구결과를 일반화하기에는 제한점이 있겠다. 이 연구를 토대로 이 분야에서 더 많은 임상 연구가 이루어지기를 바란다.

## Ⅴ. 결론

본 연구에서는 기능적 근력강화 운동이 뇌성마비 아동의 정적·동적 기립균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 대상자는 근력이 증가함에 따라 기능적 전방 팔뻗기 검사의 이동거리가 증가하였고, 한발 기립균형 검사에서도 좌·우 모두 유지시간이 증가하였다. 연구의 결과는 강직성 뇌성마비 아동의 정적·동적 기립균형의 향상에 기능적 근력

강화 운동이 효과적일 수 있음을 제안하고 있다. 앞으로 연구 대상자의 수를 늘려서 근력강화 운동의 효과에 대한 일반화와 정량적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 인용문헌

권오윤, 최흥식, 민경진. 지역 사회 노인의 전도발생 특성과 운동훈련이 전도노인의 근력과 균형에 미치는 영향. 대한보건협회학술지. 1998;24:27-40.

박제상, 권오윤, 최흥식 등. 운동전략이 기립자세의 기능적 전방 팔뻗기에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2000;7:46-54.

이기희, 이지은. 팔의 자세에 따른 장악력의 차이. 대한작업치료학회지. 1994;2:35-43.

Bobath K. A Neurological Basis for the Treatment of Cerebral Palsy. 2nd ed. Philadelphia, JB. Lippincott, 1980;37-66.

Cohen H, Blatchly CA, Gomblash LL, et al. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. Phys Ther. 1993;73:345-346.

Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil. 1998;78:119-125.

Damiano DL, Vaughan CL, Abel MF. Muscle response to heavy resistance exercise in children with spastic cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1995;37:731-739.

Fernandez JE, Pitetti KH. Training of ambulatory individuals with cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil. 1993;74:468-472.

Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil. 1996;77:639-644.

Guiliani CA. Dorsal rhizotomy for children with cerebral palsy: Support for concepts of motor control. Phys Ther. 1991;71: 248-59.

Ingram TTS. A historical review of the definition of cerebral palsy. In: Stanly F, Alberman E, eds. The Epidemiology of the Cerebral Palsies. Philadelphia, JB Lipincott, 1984;1-11.

Jack RE, Sandy AR, Kenneth SO, et al. Ankle spasticity and strength in children with spastic diplegia cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 2000; 42:42-47.

Kapandji IA. The Physiology of the Joint. 5th ed., Edinburgh, Churchill Livingstone, 1982;1-20.

Katz RT, Rymer WZ. Spastic Hypertonia: Mechanism and measurement. Arch Phys Med Rehabil. 1989;70:144-55.

Kramer JF, MacPhail HEA. Relationships among measures of walking efficiency, gross motor ability, and isokinetic strength in adolescents with cerebral palsy. Pediatr Phys Ther. 1994;6:3-8.

Liao HF, Jeng SF, Lai JS, et al. The relation between standing balance walking function in children with spastic diplegic cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1997;9(2):106-12.

Lichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changing in the mean center of balance during testing in young adults. Phys Ther. 1995;75(8):699-706.

MacPhail HEA, Kramer JF. Effect of isokinetic strength-training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1995;37:763-775.

Oppenheim WL, Staudt LA, Peacock WJ. The rationale for rhizotomy. In: Sussman

MD, ed. Diplegic Child: Evaluation and management. Rosemont (IL): American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1992;271-86.

Peacock WJ, Arens LJ, Berman B. Cerebral palsy spasticity: Selective posterior rhizotomy. Pediatr Neurosci. 1987;13: 61-66.

Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Theory and practical applications. Baltimore, Williams & Willins, 1995.

Trombly CA. Occupational Therapy for Physical Dysfunction. 3rd ed. Williams & Wilkins, 1989;356.

Umphred DA. Neurological Rehabilitation. 3rd ed. Mosby, 1995;802-837.