한국보바스학회지 제12권 제1호
J Korean Bobath Assoc Vol. 12, No. 1, 2007

수술한 경직성 양하지마비 아동에게 Cybex Strengthening Program을 실시한 후 근력과 기능향상에 미치는 효과 - 증례 보고 -

두정희 · 김지혜 · 심승화 · 전현진
연세의료원 세브란스 재활병원 물리치료팀

The Effect of the Cybex Strengthening Program on the Muscle Power and Improving Functional Change to the Children with Spastic Diplegia with an Operation.

Jung-Hee Doo · Ji-Hye Kim · Seoung-Hwa Shim · Hyun-jin Jun
Department of Physical Therapy, Rehabilitation Hospital, Yonsei University Health System

Abstract

Background and Purpose: This objective of this study is to find out the effect on the muscle power and functional change before and after the cybex strengthening program to the children with spastic diplegia for the improvement of the muscle power after operation.
Subject and Methods: Subject is an inner patient with cerebral palsy in the Severance rehabilitation hospital as of August 27 2007. She got an orthopedic operation in March 13. 2007 and cast removed in May 31. We trained them for the knee extension and flexion concentric contraction training by using Cybex 770 dynamometer 15 times for 4.
Results: (1) GMFM test: The result of the GMFM before the training showed 75.9% but that of the GMFM after the training increased 85.4%. First of all, it showed the biggest change in the E item. (2) TUAG test: The result of TUAG test before the training is 33.1 seconds on average. (3) Strengthening test: The peak torque of concentric extensor to the right side increased 1.5%, total work decreased 2.5%.The peak torque of concentric flexor to the right side increased 0.5% and total work 3.0%, too. The peak torque and total work of concentric extensor to the left side had no change, that of concentric flexor increased 3.0%, 1.0% each. (4) Tardieu Scale: The knee flexor to the right side increased 20° from 40° to 60°, the left side 35° from 40° to 75°. The knee extensor to the right side increased 5° from 135° to 140°, the left side had no change as 140°.
Conclusions: To find out the functional improvement and building up of the muscle power after cybex strengthening program to the children with cerebral palsy who got an operation.

Key words: cerebral palsy, muscle strengthening, isokinetic exercise

I. 서 론

뇌성마비는 비진행성 결손 혹은 미성숙한 뇌에 비진행성 병변으로 인한 움직임과 자세에 장애를 보이는 임상 증후군이다(Nelson and Swaiman, 1993). 뇌성마비 아동은 비정상적인 운동조절과 제한된 관절가동범위, 선택적 근육 위축의 불충분한 근력으로 인해 움직임과 자세를 유지하는데 어려움을 가진다(Castle and Reyman, 1979). 경직형 양하지마비 아동의 전형적인 보행패턴은 과도한 슬관절 굴곡과 증가된 고관절 내전과 내회전 양상을 보인다(Gage, 1991). 이런 증상이 있는 아동들은 성장기에 정형 외과적 수술의 대상자가 될 수 있다. 수술의 목적은 더 나은 기능을 위한 관절의 범위 향상

과 골격 변형의 조절이다. 정형 외과적 수술 후 회복되는 정상 근 길이, 근육 균형, 근 절개와 건 이행은 이미 약화된 근육의 근력약화를 초래한다(Wiley and Damiano, 1998; Damiano et al., 1995).

근력의 중요성은 힘과 운동기능사이의 직접적인 관련이 있다고 볼 수 있다. 뇌성마비 아동의 무릎 신전근의 근력은 대동작 기능과(Kramer and Macphail, 1994) 보행속도와(Damiano et al., 1995) 상관관계가 있다. 또한 crouch양상이 개선된 보행을 하며, 더 나은 보행 효율성을 갖는다.

근력운동이 경직의 정도를 증가 시킨다는 전통적인 관념에도 불구하고 뇌성마비 아동에게 근력 운동을 실시한 후, 경직 정도에 부정적인 영향 없이 상당한 근력 증가를 보이며, 오히려 적절한 근력은 과긴장을 감소시킨다고 한다(Kramaer and MacPhail, 1995).

Kramaer와 MacPhail(1994)은 성장기 뇌성마비 아동의 무릎 신전근력에 따른 보행 능력과 대동작 기능 사이에 중요한 관계가 있다고 하였다. 연구에서 성장기 경한 양하지 마비 아동의 무릎 신전근과 무릎 굽힘근의 근력 강화에 따른 대동작 기능과 보행 효율성(Energy Expenditure Idex, EEI)을 8주 기간 동안 등속성 근력 운동으로 변화를 관찰하였다. 그 결과 무릎 신전근 근력운동 시 대동작 기능 평가(Gross Motor Function Measure, 이하 GMFM) 와 보행 효율성(EEI)이 의미 있게 향상되었다. 10-18세 경직성 양하지 마비아동을 대상으로 대퇴사두근의 구심성수축과 원심성수축 근력운동을 10주 동안 주 3회 실시한 경과 peak torque와 무릎관절의 관절가동범위가 증가하고 경직이 감소되었다고 하였다.

선행된 연구와 같이 근력 향상에 따른 뇌성마비 아동의 기능과 보행에 영향을 미치므로 이에 대한 연구가 필요하다. 근력 향상에 따른 기능적 영향에 대한 연구는 해보았으나, 정형외과적 수술한 경직성 양하지 마비 아동에게 등속성 근력강화운동을 적용한 사례 연구는 드물다.

이에 본 연구에서는 수술 후 근력약화가 있는 양하지 마비 아동의 무릎 신전근과 무릎 굽힘근의 등속성 근력 운동 실시 후 근력과 기능 향상의 변화를 보고자 함이다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구 기간

뇌성마비 경직성 양하지마비(만 12세, 여)로 2007년 3월 13일 정형외과적 수술을 받고 2007년 5월 31일 cast off하였다. 아동은 학습 가능한 인지를 가지고 있어 양하지 모두 Cybex 770 dynamometer를 사용하는데 어려움이 없었으며 훈련 전 GMFCS 결과는 Level 3으로 측정되었다. 본 연구는 보호자로부터 동의를 얻은 후 2007년 9월 4일부터 10월 4일까지 시행하였다.

2. 연구방법

연세대학교 세브란스 재활병원에서 등속성 기구를 사용한 무릎관절 굴곡-신전근의 구심성 수축(concentric contraction) 훈련을 각속도 90도에서 3세트(10회 1세트)를 4주간 15회 시행하였다. Cybex 770 dynamometer, Gross Motor Function Measure (GMFM) Test, Time Up and Go Test(TUAG), Tardieu Scale를 사용하여 실험 전-후를 비교 분석하였다.

3. 측정 방법 및 측정 도구

1) GMFM test

GMFM test는 뇌성마비 아동을 평가하기 위해 만들어진 표준화된 관찰 측정 지표이다. 88개의 항목으로 점수를 기록하며 크게 5개의 동작으로 나누어진다. 본 연구는 5개의 항목을 측정하였고 평가는 훈련 전, 후 동일한 연구자가 평가하였다(Russell et al., 1989).

2) Time Up and Go test (TUAG)

시간 측정은 두 명의 연구자가 훈련 전, 후에 5회 측정 후 최대값과 최소값을 제외한 3회의 측정값을 선택하여 평균값을 구하였다. 측정 방

법은 고관절과 무릎의 각도가 90도인 의자에 바로 앉고 팔은 무릎 위에 올려놓았다. "시작"이라는 지시어와 동시에 스톱워치를 누르고 "끝"이라는 지시어와 동시에 스톱워치를 누른 후 정확한 시간을 기록한다[그림 1].

그림. 1 TUAG test 시작 전과 걷는 모습

그림. 2 Cybex strengthen training 준비자세

3) Strength test

무릎 굴곡근과 신전근의 구심성 수축동안 peak torque값과 work을 측정하였다. Test는 훈련 전과 직후 Cybex 770 dynamometer를 사용하여 각속도 90도에서 각각 2세트(5회 1세트)씩 실시하였고 모든 torque와 work값은 중력을 고려하여 수정되었다. Test동안 고관절을 약 80도 굴곡시킨 상태로 등받이를 사용해 곧게 앉았고 무릎 굴곡, 신전의 축과 검사기 팔의 회전축을 동일하도록 정렬시켰다. 검사기의 저항패드를 경골 말단부 1/3지점에서 뒷면을 벨크로우 스트랩으로 고정시켰다. 골반과 대퇴 원위부는 스트랩으로 편안하게 고정시켰다.

측정기구의 손잡이를 잡게 하였고 구두격려를 제공하였다. 훈련을 시행하기 전 3번의 연습한 결과를 가지고 각속도, 관절가동범위, 근활동 순서를 선정하였고 이를 기초로 훈련을 시행하였다.

만약 1세트에 쉬지 않고 3회를 수행하지 못하거나 torque값의 분산이 클 경우 2분 쉬고 재측정 하였다[그림 2].

데이터는 슬관절 굴곡 20-90도의 범위에서 측정하였다. 훈련 전, 후의 결과값은 2세트의 평균으로 각각 계산되었다.

4) Tardieu Scale

Tardieu Scale은 임상적으로 경직를 측정하는 도구로 modified Ashworth Scale 보다 더 적절한 측정 지표이다. Tardieu Scale은 빠른 속도와 느린 속도의 수동적인 움직임에 대한 저항이 없는 관절가동범위를 goniometer로 측정하는 도구이다. 측정방법은

(1) 슬관절 굴곡근 : 바로 누운 자세에서 고관절과 슬관절을 90도 굴곡 시킨 후 슬관절 신전에 대한 수동적 관절가동범위와 빠른 속도에서 최초저항이 나타나는 각도의 범위를 측정한다.

(2) 슬관절 신전근 : 엎드려 누운 자세에서 슬관절 굴곡에 대한 수동적 관절가동범위와 빠른 속도에서 최초저항이 나타나는 각도의 범위를 측정한다.

III. 연구결과

1. GMFM test

훈련 전 GMFM의 총 결과값은 75.9%였으나 훈련 후에 85.4%로 9.5% 향상되었으며 E항목(걷기 달리기 뛰기)에서 가장 큰 변화를 보였다[표 1].

표 1. 훈련 전 · 후 GMFM 점수 결과

	훈련 전	훈련 후
눕기와 뒤집기(%)	100.0	100.0
앉기(%)	95.0	98.3
네발기기와 무릎서기(%)	88.1	100.0
서기(%)	59.0	61.1
걷기 달리기 뛰기(%)	22.2	85.4
합계(%)	75.9	85.4

2. Time Up and Go test (TUAG)

훈련 전 결과값은 평균 33.1초였고 훈련 후 결과값은 29.8초로 3.3초 단축되었다[표 2].

표 2. 훈련 전 · 후 TUAG 결과 단위: 초

	훈련 전 (평가자 A/B)	훈련 후 (평가자 A/B)
1회	49.0 / 49.5	39.8 / 39.9
2회	41.6 / 41.5	34.2 / 33.9
3회	32.5 / 32.5	29.6 / 29.6
4회	25.2 / 25.4	25.7 / 26.0
5회	24.3 / 23.9	25.2 / 25.0
평균	33.1	29.8

3. Strength test

우측 구심성 신전근의 peak torque는 1.5%증가하였고 total work는 2.5% 감소하였으며, 우측 구심성 굴곡근의 peak torque는 0.5%, total work는 3.0% 증가하였다. 좌측 구심성 신전근의 peak torque와 total work에 변화가 없었고 좌측 구심성 굴곡근의 peak torque는 3.0%, total work는 1.0%증가하였다[표 3].

표 3. 훈련 전 · 후 peak torque와 total work 결과

	Rt 훈련 전/후	Lt 훈련 전/후
Concentric Flexion		
Peak Torque (Nm)	17.0 / 17.5	14.5 / 17.5
Total Work (J)	12.5 / 15.0	10.0 / 11.0
Concentric Extension		
Peak Torque (Nm)	34.0 / 34.5	28.5 / 28.5
Total Work (J)	34.0 / 31.5	23.5 / 23.5

4. Tardieu Scale

우측 슬관절 굴곡근은 40°에서 60°로 20° 증가하였고, 좌측 슬관절 굴곡근은 40°에서 75°로 35° 증가 하였으며, 우측 슬관절 신전근은 135°에서 140°로 5° 증가하였고, 좌측 슬관절 신전근은 140°로 변화가 없었다[표 4].

표 4. 훈련 전 · 후 Tardieu Scale 결과

		훈련 전	훈련 후
Knee Flexor(°)	Rt.	40	65
	Lt.	40	70
Knee Extensor(°)	Rt.	135	140
	Lt.	140	140

IV. 고 찰

뇌성마비 아동은 뇌손상으로 중추신경계 조절 능력이 소실되어 선택적인 근육 조절의 감소, 비정상적인 근 긴장도, 길항근과 주동근의 불균형, 균형능력 감소 등의 문제로 비정상적인 보행 특성을 보인다(Gage, 1991). 경직성 양하지마비 뇌성마비 아동의 전형적인 보행패턴은 대퇴관절의 과도한 내전, 내회전을 흔히 볼 수 있고, 무릎은 입각기 동안 굴곡 또는 과신전 될 수 있다. 이러한 하지의 운동성 결여를 보상하기 위해서 뇌성마비 아동은 보행하는 동안 과도하게 머리, 몸통, 상지를 움직여서 체중을 이동시키거나 균형을 유지한다. 그로 인하여 뇌성마비 아동은 근육 단축 및 관절 구축과 힘을 효율적으로 생성하기 위한 근육길이 확보에 문제점을 갖는다. Damiano 등(2000)은 뇌성마비 아동 24명과 신경운동 손상이 없는 아동 20명의 근력을 비교한 결과 뇌성마비 아동은 모든 근육에서 구심성 Torque와 원심성 Torque가 감소하였고, 특히 원심성 Torque보다 구심성 Torque가 더 감소했다고 하였다.

Dalmiano(1995)은 뇌성마비 경직성 양하지 아동과 정상아동 사이에 6주 동안 대퇴 사두근에 점진적 최대 등척성 저항운동을 시행하였다. 정상아동의 근력변화는 적었으나 뇌성마비 아동은 짧은 기간에도 불구하고 정상에 가까운 근력을 가졌다고 하였으며, 짧은 기간의 저항운동이 근력을 상승시킨다고 제안하였다.

Karen(2003)은 경직성 양하지 뇌성마비 아동 21명에게 6주간 홈 프로그램 근력강화 운동 후, GMFM E항목(서기, 걷기, 달리기와 뛰기)에서 향상되었다. 근력운동시 경직의 감소, 변형의 수술적 중재와 보조기 관리와 같은 보전적 전략이 근력 운동이 요구된다고 하였다.

Diane(1994)은 경직성 양하지 뇌성 마비 아동 14명에게 6주 동안 최대 등장성 힘의 65%의 부하로 저항운동을 시행한 후 보행에 미치는 효과를 보았는데, 그 결과 초기 입각기에 crouch gait가 개선되었고 stride length가 증가하였다.

John(1994)은 뇌성마비 아동 17명에게 2주간 무릎 굴곡근과 신전근의 등속성 근력강화 후 보행 효율성과 GMFM이 향상이 되었다. 특히 무릎 굴곡근보다 무릎 신전근의 근력이 향상되었을 때, 기능적 향상에 도움을 준다고 하였다.

위에 서술된 연구 결과처럼 뇌성마비 아동이 근력강화 운동 후 경직이 증가하지 않고 근력 향상을 통해 기능이 향상되었다고 하였다.

뇌성마비 아동의 근골격계 변화는 정형외과적 수술을 필요로 한다. Vandenborne 등(1998)은 수술 후 4~8주 간의 근육의 비사용으로 근육의 단면적이 20~30% 정도 감소하며, 근력의 감소가 첫 1주 동안 하루에 1~6% 정도 감소한다고 하였고, 수술 후 나타나는 근력감소를 개선하기 위해 뇌성마비아동의 치료 시 근력강화 운동이 치료적 중재로 고려해야 한다고 하였다.

Dimitrios 등(2006)은 수술한 뇌성마비 아동에게 근력강화 운동을 시킨 그룹과 일반적인 물리치료를 시킨 그룹간의 차이를 보았는데 단기간에는 근력강화 운동을 시킨 그룹에서 근력향상을 보였다. 그러나 장기간으로 보았을 때에는 근력향상의 정도가 비슷하거나 큰 향상을 관찰할 수 없다고 하였다.

본 증례에서는 보행의 질적 향상에 대한 객관적 측정을 실시하지 못하였고, 아동의 동기부여를 위한 프로그램을 적용하지 못하였다.

Dimitrios 등(2006)은 근력강화 운동을 진행하는 동안 아동의 인내력을 강화하는데 동기부여가 중요하다고 하였고, 그 방법으로 아동의 동기부여를 위해 훈련군과 경쟁자군을 두어 아동 스스로 선택하게 하거나 게임의 형식을 가진 근력강화 운동을 제안하였다. 따라서 향후 연구에서는 수술 후 양하지마비 아동의 근력강화 운동효과를 질적으로 측정할 수 있는 평가도구를 사용하고, 아동의 동기부여 프로그램을 제공해야 할 것이다.

V. 결 론

본 증례에서는 정형외과적 수술 후 근력향상을 위하여 경직성 양하지 마비 아동에게 4주간 15회 cybex strengthening program 실시한 후 훈련전과 후의 근력과 기능변화를 보았다.

GMFM 평가결과는 훈련 전 GMFM의 총 결과값은 75.9%였으나 훈련 후에 85.4%로 9.5% 향상되었다. 특히 E항목(걷기, 서기, 달리기)에서 훈련 전에는 22점이였으나 훈련 후에는 85.4점으로 의미 있는 향상을 보였다.

TUAG 평가결과는 훈련 전 결과값은 평균 33.1초였고 훈련 후 결과값은 29.8초로 3.3초 단축되었다. 대동작 기능 평가의 E항목(걷기, 서기, 달리기)의 점수는 의미 있는 증가를 보였지만, 속도에는 큰 변화가 없었다. 이는 평가 시 3미터를 걷는 속도는 증가하였으나, 일어서는 동작과 돌아서는 동작에 큰 변화가 없었기 때문이라고 본다.

Tardieu Scale 평가 결과는 우측 슬관절 굴곡근은 40°에서 60°로 20° 증가하였고 ,좌측 슬관절 굴곡근은 40°에서 75°로 35° 증가 하였으며, 우측 슬관절 신전근은 135°에서 140°로 5° 증가하였고 좌측 슬관절 신전근은 140°로 변화가 없었다. 이 평가의 결과 근력강화 운동 후 경직이 증가되지 않았고, 오히려 관절가동범위는 증가를 보였다. 이는 근력강화 운동이 아동의 경직에 부정적인 영향을 미치지 않음을 보여준다.

근력평가 결과는 우측 구심성 신전근의 peak torque는 1.5% 증가하였고, total work는 2.5% 감소하였으며, 우측 구심성 굴곡근의 peak torque는 0.5% 증가하였고, total work도 3.0% 증가하였다. 좌측 구심성 신전근의 peak torque와 total work에 변화가 없었으며, 좌측 구심성

굴곡근의 peak torque는 3.0%증가하였으며, total work도 1.0%증가하였다.

위와 같이 4주간 15회 등속성 기구를 사용하여 무릎관절 굴곡-신전근의 구심성 수축 훈련 결과 근력강화와 기능향상이 있었다.

참고문헌

고명숙. 근력 강화 훈련후 뇌성마비아의 기능적 효과. 한국BOBATH학회지. 2001;6(1):1-11.

김정태, 김헌, 배지혜 등. 일측 하지의 근력 강화 운동에 의한 교차 훈련 효과. *J. of Korean Acad. of Rehab. Med.* 2000;24:527-535.

Castle ME, Reyman TA, Schneider M. Spasticity of spastic muscle in cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;142:223-232.

Damiano DL, Kelly LE, Vaughn CL. Functional Outcomes of Strength Training in Spastic Cerebral Palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79:119-125.

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.

Dimitrios Patikas, Sebastian I. Wolf. Effects of a postoperative resistive exercise program on the knee extension and flexion torque in children with cerebral palsy: A randomized clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:1161-1169.

Dimitrios Patikas, Sebastian I. Wolf. Effects of a postoperative strength-training program on the walking ability of children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:619-626.

Eileen G Fowler, teresa W Ho, Fredrick J Dorey. The effect of quadriceps femoris muscle strengthening exercises on spasticity in children with cerebral palsy. *Phys ther.* 2001;81:1215-1223.

Fosang AL. Measurements of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy. *Dev Med Child neurol.* 2003;45:664-670.

Gage JR. Gait analysis in cerebral palsy. Oxford: Mac Keith Pr;1991.

Haugh AB, Pandyan AD, Johnson GR. A systemic review of the Tardieu Scale for the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil.* 2006;28(15):899-907.

Karen J. Dodd, Nicholas F Taylor, H Kerr Graham. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child neurol.* 2003;45:652-657.

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

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

McBurney H, Taylor NF, Dodd KJ. A qualitative analysis of the benefits of strength training for young people with cerebral palsy. *Dev Med Child neurol.* 2003;45:658-663.

Petersen S, Wessel J, Bannall K. Influence of concentric resistance training on concentric and eccentric strength. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71:101-105.

Swaiman KF, Stephen Ashwal, Donna M Ferriero: Pediatric neurology: principles and practice. 2nd ed. 1993;471-488.

Wiley ME, Damiano DL. Lower extremity strength profiles in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1998;40:100-107.

Williams EN, Carroll SG, Reddihough DS et al. Investigation of the timed 'up & go' test in children. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(8):518-524.