

순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 기능 향상에 미치는 효과

신은경, 송병호¹

안양참서울재활병원 물리치료실, ¹단국대학교 특수교육대학원

The Effect of Task-Oriented Circuit Program on Motor Function Improvement of Children with Cerebral palsy

En-Kyoung, Shin PT, MS, Byung-Ho, Song, PT, Ph.D¹

Dept. of Physical Therapy, Rehabilitation Center, Cham Seoul Hospital

¹Graduated school of Special Education, Dankook University

Purpose The purpose of this study was to determine effect of task oriented circuit program on improving of GMFM and speed velocity and balance in children with cerebral palsy. **Methods** Ten children with diplegic cerebral palsy was participated this study. five children was nine years old and five children was thirteen years old. In order to compare effects of task oriented circuit program, evaluated score of GMFM, value of speed gait measured maximum speed that children have try to walk 14m using by walker, and balance using by GPS(Global Posutral system). Data was analyzed using by paired t-test between pre and post value of GMFM and speed gait, balance. To compare between young group and old group, carried out independent t-test. **Results** There was significantly difference between pre and post value of GMFM, speed gait, speed of perturbation. The value of GMFM, speed gait and balance show difference between young group and old group. **Conclusion** Task oriented circuit program can enhance improving value of GMFM, speed gait, balance in children with cerebral palsy.

Key words task oriented circuit program, cerebral palsy, GMFM, speed gait, balance

책임 저자 송병호, songbh@dankook.ac.kr

논문 접수일 2012년 8월 30일

수정 접수일 2012년 9월 30일

게재 승인일 2012년 10월 15일

1. 서론

1. 연구의 필요성

뇌성마비는 태아 혹은 영아의 뇌에 발생하는 비진행성 손상에 의한 운동 및 자세의 장애를 초래하는 질환군으로, 이로 인하여 활동상 제한이 초래되며, 감각, 인지, 의사소통, 지각, 행동의 장애 및 경련 등이 흔히 동반된다(Bax et al., 2005). 선진국의 뇌성마비 유병률은 1,000명 중 1~2.5명(Krigger, 2006; Colver et al., 2000)이 발생하고, 개발도상국에서는 신생아가사 및 저체중아 출생률이 선진국에 비하여 상대적으로 높아 뇌성마비 유병률이 선진국에 비해 상대적으로 높을 것으로 추정되고 있다(대한소아재활의학회, 2006). 우리나라에서는 조미애 등(1997)의 연구에서 뇌성마비 유병률이 신생아 1,000명당 2.7명, 특히 조산, 저체중아 출산, 황달 등의 위험 요인이 있을 경우에는 신생아 1,000명당 47.1명이 나타난다고 보고하였다. 조산과 저체중으로 인한 뇌성마비로의 진행은 경직형 사지마비나 무정위형보다 경직형 양하지마비의 발생률을 증가시킨다고 하였다(박창일, 2004).

뇌성마비의 특징적인 양상은 뇌의 병변으로 인하여 자세 긴장이 나타나고, 정상 수준의 상호 신경 지배 대신 신경 지배의 비정상적인 편위가 나타남으로써 정상적인 자세 조절을 할 수 없게 된다. 이 중 과긴장은 경직성 또는 간헐성 경축 양상으로 나타나는데, 올바른 자세를 유지하거나 균형을 잡기 어려움 등과 같은 뇌성마비의 증상들은 주로 경직으로 인한 경우가 많다. 이는 경직으로 인해 근육이 충분한 기능을 하지 않게 되므로 근 약화와 근 위축증이 오고, 이로 인해 근력 약화와 근육의 불균형이 나타난다(Bobath, 1980). 대부분의 뇌성마비 아동은 경직과 같은 비정상적인 근 긴장도, 근력 약화, 운동 실조, 협응 장애 등의 문제로 독립적인 보행과 일상생활 수행에 어려움이 있다(Maruishi, 2001; Styer-Acevedo, 1999).

지난 50년 동안 뇌성마비 아동을 치료하는 물리치료의 임상적 접근은 다양한 신경 생리학적 치료 방법을 발달시킨 임상학자에 의해 주로 영향을 받아왔다. 이런 신경 생리학적 이론과 치료 방법에는 비정상적인 운동패턴을 억제시키고, 통합적이고 자발적인 기능 활동을 촉진시키는 Bobath의 신경발달촉진법, Vojta의 정상자세반사를 이용한 치료법, Kabat, Knott,

and Voss의 고유수용성 신경근(관절과 자세 감각자극)촉진법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation-PNF), Ayres의 감각통합치료(Sensory integration-SI), Rood의 운동 반응을 유발하는 감각자극법 등이 있다(Barbara et al., 2001). 이들의 평가와 치료 방법들은 주로 눈에 보이지 않는 비정상적인 근육 긴장도, 비정상적 반사, 비정상적 운동 양식 등 운동학적인 문제점 등에 치료의 초점을 맞추고, 기능적인 움직임들은 소홀히 하는 경향이 있었다(Damiano et al., 1995). 그러나 최근 연구들은 근육 활동이나 동작 패턴보다는 기능적 동작 행동에 초점을 맞추고 있기 때문에 운동 조절의 시스템 모델에 기초한 현재의 접근 방법을 '과제 중심적인' 접근법이라고 부른다(Horak, 1991; Shumway-Cook & Woollacott, 1995, 2001). 이러한 과제 중심적 접근에서는 아동을 학습의 능동적인 참여자로 간주하며 특정 과제에서 달성할 목표에 의해 동기 부여가 되는 것이라고 하였다(강순희 등, 2007).

최근 연구는 뇌성마비 아동의 기능 장애의 주요한 현상으로 근력 약화에 주목하고 있으며(Bache, 2003), Damiano 등(1998)은 뇌성마비 아동의 근력 강화 치료가 근력의 증가뿐만 아니라 운동 기능 또한 향상된다고 보고하였다(MacPhail & Kramer, 1995; Damiano & Abel, 1998; Dodd et al., 2002). 또한 Blundell 등(2003)은 뇌성마비 아동을 대상으로 특정한 하지의 근력 운동과 기능적 움직임의 집중적인 과제 수행이 근력 증가에 효과적이었으며, 근력 증가로 인한 기능적 움직임의 범위가 넓어졌다고 하였다. 기능적 움직임의 향상은 근력 강화와 함께 강제 유도 운동치료(Constraint induced therapy)와 순환식 과제 지향 운동 프로그램 등을 통하여 강조되고 있으며, 강제적으로 환측 사용을 유도하는 강제 유도 운동 치료는 많은 선행 연구에서 피질의 재조직화를 보고하였고(Coote et al., 2001), 순환식 과제 지향 운동 프로그램을 통하여 과제 지향(Task-oriented) 및 목적 지향(Goal oriented) 훈련의 다양한 치료 효과성이 보고되었다(Coote et al., 2001; 김재욱 등, 2003; 조규형, 2004; 박현식, 2005). 또한 Dene 등(1997)이 보고한 과제 지향 훈련 후 팔 뻗기 및 환측 하지 근육의 활동이 과제 지향 훈련을 하지 않은 대조군보다 더 많은 치료 효과를 보고하였다.

순환식 과제 지향 운동 프로그램은 운동 학습 이론을 바탕으로 고안된 치료의 한 형태로, 1980년대 Carr와 Shepherd에 의해 뇌졸중 환자를 대상으로 처음 제안되었다. 이 프로그램은 운동 학습에 기초하여 다양한 감각 자극과 기능적 활동을 환자에게 효과적으로 제시하고, 실제 일상생활의 활동 능력 향상에 도움을 줄 수 있는 과제들로 구성되어 보다 효과적인 치료법을 제시하였으며, 치료사가 일대일 치료의 신념에서 탈피하고, 환자의 치료 시간의 증가와 훈련 양의 증가를 위하여, 그룹 치료로 치료사의 감독하에 실시되는 중재 프로그램이며, 환

자는 준비된 과제를 돌아가며 수행하고, 치료사는 보다 쉽게 치료 업무를 수행할 수 있다고 하였다(Janet, 2003). 조규형(2004)의 연구에서는 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 기존 운동 치료 프로그램보다 뇌졸중 환자의 기능 능력 증진에 더 많은 영향을 주었다고 보고하였으며, 김재욱 등(2003)은 과제 지향적 기능 훈련이 뇌졸중 환자의 동적 자세 균형 증진에 효과적이었다고 보고하였다. 또한 박현식(2005)은 집단 순환식 과제 지향 훈련이 뇌졸중 환자의 일상생활 동작의 증진과 더불어 삶의 질이 향상되었다고 보고하였다.

출생 초기부터 증상이 나타나기 시작하는 뇌성마비 장애는 그 장애가 일생동안 지속되는 만성적인 질환으로 가족과 사회에 커다란 부담을 주게 된다. 뇌성마비로 인한 영구 장애의 지속적인 치료를 위해 부모의 꾸준한 노력이 요구되고 아울러 사회적인 협조를 필요로 하지만 현재 뇌성마비 아동을 치료하는 기관이나 전문 치료사가 많지 않아 부모의 욕구를 충족시키고 아동의 상태를 호전시키기 위한 치료가 부족한 실정이다. 또한 장기간 동안 정기적 치료에 의해 가족의 경제적 부담 등 다양한 문제를 호소하고 있다. 이와 같이 뇌성마비 아동의 가족들은 아동의 출생 후에 진단과 치료, 의료비 및 장기간의 치료와 장애 정도에 의한 미래의 불확실성으로 심리적, 경제적 고통을 받게 된다(이은하·이상현, 2000). 또한 치료 기관의 부족과 치료 인력의 부족으로 뇌성마비 아동들은 많은 치료 시간을 제공받을 수 없으며, 나이에 제한을 두어 장기 치료를 중단하기 때문에 한 기관에서 지속적인 치료를 받지 못하는 실정이다. 한 예로 저렴한 치료비와 다양한 프로그램을 운영하고 있는 장애인 복지관에서 치료를 받기 위해서 평균 대기기간은 서울 13.6개월, 부산 10개월, 대구 15개월, 대전 24개월, 경기 57개월, 충북 18개월로 나타났다(홍정선, 2004). 이처럼 부족한 치료 기관, 전문 인력과 치료 시간 부족으로 뇌성마비 아동의 그룹 물리치료의 가능성에 대한 연구가 필요하다. 또한 운동 학습은 연령이 증가함에 따라 운동 수행 능력과 정보 처리 능력이 향상되며, 동일한 제한적 시간 안에서 높은 연령이 낮은 연령보다 더 많은 정보를 처리할 수 있고, 같은 정보를 더 짧은 시간 내 처리할 수 있다고 하였다(Thomas, 1980). 그러므로 나이의 제한으로 치료를 받지 못하는 뇌성마비 아동의 치료 기회 제공의 필요성에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 연구는 운동 학습을 통한 순환식 과제 수행 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 기능 향상에 미치는 영향과 운동 프로그램 실시 후 연령에 따른 운동 기능 향상의 차이를 알아보고, 다양한 재활 치료의 방향을 모색하고자 한다.

이 연구를 위한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 대동작 기능에 영향을 미치는가?

둘째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의

보행 속도에 영향을 미치는가?

셋째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 균형에 영향을 미치는가?

넷째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년 그룹과 고학년 그룹 사이에서 대동작 기능, 보행 속도, 균형 향상의 차이가 있는가?

2. 용어 정의

1) 순환식 과제 지향 운동 프로그램

1980년 Carr와 Shepherd에 의해 처음 뇌졸중 환자에게 적용하였으며, 운동 학습에 기초하여 다양한 감각 자극과 기능적 활동을 환자에게 효과적으로 제시하고, 실제 일상생활의 활동 능력 향상에 도움을 줄 수 있는 과제들로 구성되어 보다 효율적인 치료 방법을 제시하였다. 이 연구에서는 아동의 정상 발달을 토대로 앉기가 가능한 양하지 뇌성마비 아동에게 무릎서기, 무릎기기, 앉았다 일어서기, 옆으로 걷기, 계단 오르내리기를 통한 근력강화를 순환식 과제 지향 프로그램으로 적합하게 개발하여 적용한 것을 의미한다.

2) 운동 기능

근육적 측면으로 볼 때, 근육을 사용하여 움직임 수행하는 것으로 달리기, 뛰어오르기, 던지기, 잡기 등을 의미한다. 기능적 측면의 움직임으로는 자세와 평형을 유지하거나 움직임을 뜻하는 기기, 앉기, 무릎서기, 서기, 걷기와 뛰기와 같은 동작 활동을 의미한다(Gallahue et al., 2002). 이 연구에서는 아동의 운동 기능을 평가하기 위해 대동작 기능과 보행 속도, 균형을 측정하였다. 대동작 기능(Gross Motor Function Measures, GMFM)은 아동이 보여줄 수 있는 운동 기능(motor function)이 어느 정도인지 알아볼 수 있지만 움직임의 질적인 면만을 평가할 수 있으므로(Damiano & Abel, 1996), 대동작 기능 평가와 상호 보완적인 역할을 하는 시공간적 보행 변수인 보행 속도를 측정하였고, 경직성 양하지 뇌성마비에서 기립 균형과 보행 능력은 밀접한 관계가 있으므로(Liao et al., 1997) 균형 평가를 실시하였다.

III. 연구방법

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구는 강북장애인종합복지관에서 의료진단을 받고 물리치료 대기 중인 경직성 양하지 뇌성마비 아동 중 초등학교 저학년 5명, 고학년 5명으로 부모가 본 연구에 동의한 아동을 대상으로 선정하였다. 대상의 선정 기준 다음과 같다.

- 1) 의학적으로 뇌성마비(경직성 양하지마비)로 진단받은 아동
- 2) 적절한 의사소통이 가능하고, 과제 수행에 대한 이해가 가능한(Modified Child Mini-Mental State Examination 점수 25점 이상) 아동
- 3) 독립적인 앉기는 가능하나, 독립적인 보행이 불가능한 아동
- 4) 워커를 지지하고 서기가 가능한 아동
- 5) 프로그램 중 기능에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하지 않는 아동

대상자의 인구학적 특징으로는 초등학교 저학년 그룹은 남자 3명(60%), 여자 2명(40%)이었으며, 뇌성마비의 원인은 조산이 3명(60%), 산소 부족이 2명(40%)이었다. 평균 나이는 9세, 체중은 19 kg, 신장은 120 cm였다. 초등학교 고학년 그룹은 남자 1명(20%), 여자 4명(80%)이었으며, 원인은 조산이 2명(40%), 산소부족 1명(20%), 후산이 2명(40%)이었다. 평균 나이는 12세, 체중은 34 kg, 신장은 138 cm였다(표 1).

2. 연구 설계

본 연구에서는 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 기능 향상에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 실험 설계는 다음과 같다.

2007년 1월 2일부터 2월 28일까지(2개월), 주 2회, 총 8주(15회) 동안 강북장애인종합복지관에서 실시하였으며, 하나의 과제를 각각 10분씩, 5가지의 과제를 수행하여, 이동 시간

표 1. 대상 아동의 인구학적 특징

| 일반적인 특성 | 초등학교 저학년 그룹(n=5) | 초등학교 고학년 그룹(n=5) | |
|---------|------------------|------------------|---------|
| 성별(명) | 남 | 3(60%) | 1(20%) |
| | 여 | 2(40%) | 4(80%) |
| | 합 | 5(100%) | 5(100%) |
| 원인 | 조산 | 3(60%) | 2(40%) |
| | 산소부족 | 2(40%) | 1(20%) |
| | 후산 | 0 | 2(40%) |
| 나이(세) | 9.0±1.00 | 12.4±0.89 | |
| 체중(kg) | 19.02±2.93 | 34.34±8.95 | |
| 신장(cm) | 120.10±4.28 | 138.6±7.33 | |

을 포함하여 50분간의 운동 프로그램으로 구성하였다. 그리고 치료사는 외재적 피드백을 최소화함으로써 아동의 운동 학습을 촉진하였다. 프로그램 진행 시 1명의 치료사와 2명의 보조자가 참가하였으며, 사전에 프로그램에 대한 충분한 교육을 실시하였다.

1) 순환식 과제 지향 운동 프로그램

순환식 과제 지향 운동 프로그램은 아동의 정상 발달을 토대로 근력 강화, 외재적 피드백의 감소, 중재 시간의 감소, 운동 발달의 촉진과 자가 치료 교육을 목적으로 구성되었으며, 순환식 과제 지향 운동 프로그램의 세부 과제는 다음과 같다.

(1) 벽(보조도구) 잡고 무릎서기

네발기에서 무릎서기 또는 반 무릎 서기 동작을 경험하도록 하였으며, 자세를 유지하고 벽에 있는 그림에 색칠을 하도록 하였다. 또 바닥에 크레파스를 놓아두고 색을 바꾸기 위한 움직임에서 네발기와 무릎서기 자세의 연결 동작을 학습하도록 하였다.

- 무릎 굴곡과 고관절 신전, 대퇴사두근과 고관절 굴곡근 신장, 고관절의 신전위에 체간의 신전, 고관절 신전근과 고관절 외전근의 활성화(Lois Bly, 1999).

(2) 바퀴의자(보조도구) 밀고 무릎기

무릎기기를 경험하고, 하지의 체중 이동을 익히도록 유도하였으며, 고리를 옮겨 놓도록 하여, 아동에게 이중과제를 요구하였다.

- 체중 이동과 균형 발달, 하지의 분리, 고관절, 무릎의 신전과 굴곡 경험(Lois Bly, 1999).

(3) 매트(보조도구) 잡고 앉았다 일어서기

무릎서기에서 반 무릎서기, 서기 동작을 경험하도록 유도하였으며, 바닥에 퍼즐 조각을 놓고 매트 위에 퍼즐 판을 놓아두어 앉았다 일어서기의 연결 동작 학습과 함께 퍼즐을 맞추도록 하였다.

- 고관절, 슬관절 굴곡과 대둔근·대퇴사두근의 원심성(eccentric) 조절, 전경골근·복근의 활성화(Lois Bly, 1999).

(4) 매트(보조도구) 잡고 옆으로 걷기

보행을 위한 준비 과제로서 실시하였고, 외측으로의 체중 이동을 경험하도록 하였다. 매트 한쪽에서 다른 쪽으로 공을 옮기도록 하여, 아동에게 이중 과제를 요구하였다.

- 서 있는 쪽 다리에서 고관절 외전근의 원심성(eccentric)활성과 고관절 내전근의 구심성(concentric) 활성화, 대둔근의 활성화, 체중이 제거된 쪽 다리에서 고관절 외전근의 구심성

표 2. 벽(보조도구) 잡고 무릎서기

| 단계 | 내용 |
|----|---------------------------------------|
| 1 | 벽 잡고 무릎서기, 벽에 있는 그림 색칠하기(2가지 이하 색깔) |
| 2 | 벽 잡고 무릎서기, 벽에 있는 그림 색칠하기(3가지 이상 색깔) |
| 3 | 벽 잡고 반 무릎서기, 벽에 있는 그림 색칠하기(2가지 이하 색깔) |
| 4 | 벽 잡고 반 무릎서기, 벽에 있는 그림 색칠하기(3가지 이상 색깔) |

표 3. 바퀴의자(보조도구) 밀고 무릎기

| 단계 | 내용 |
|----|------------------------------|
| 1 | 바퀴의자 위에 상체를 지지하고 무릎기, 고리 옮기기 |
| 2 | 바퀴의자를 두 손으로 지지하고 무릎기, 고리 옮기기 |
| 3 | 바퀴의자를 한 손으로 지지하고 무릎기, 고리 옮기기 |
| 4 | 바퀴의자를 지지하지 않고 무릎기, 고리 옮기기 |

표 4. 매트(보조도구) 잡고 앉았다 일어서기

| 단계 | 내용 |
|----|----------------------------------|
| 1 | 매트 잡고 두 발을 함께 밀어 일어서기, 퍼즐조각 맞추기 |
| 2 | 매트 잡고 쪼그려 앉은 자세에서 일어서기, 퍼즐조각 맞추기 |
| 3 | 매트 잡고 한 발을 세워 일어서기, 퍼즐조각 맞추기 |
| 4 | 바닥 짚고 일어서기, 퍼즐조각 맞추기 |

표 5. 매트(보조도구) 잡고 옆으로 걷기

| 단계 | 내용 |
|----|----------------------------|
| 1 | 매트를 두 손으로 잡고 옆으로 걷기, 공 옮기기 |
| 2 | 매트를 두 손으로 잡고 앞으로 걷기, 공 옮기기 |
| 3 | 매트를 한 손으로 잡고 옆으로 걷기, 공 옮기기 |
| 4 | 매트를 한 손으로 잡고 앞으로 걷기, 공 옮기기 |

표 6. 계단바(보조도구) 잡고 계단 오르내리기

| 단계 | 내용 |
|----|--|
| 1 | 계단바를 두 손으로 잡고 계단 오르내리기, 시간 측정 |
| 2 | 계단바를 한 손으로 잡고 계단 오르내리기, 시간 측정 |
| 3 | 계단바를 한 손으로 잡고 빈 컵을 들고 계단 오르내리기, 시간 측정 |
| 4 | 계단바를 한 손으로 잡고 물이 든 컵을 들고 계단 오르내리기, 시간 측정 |

(concentric) 활성, 외측 체중 이동(Lois Bly, 1999).

(5) 계단바(보조도구) 잡고 계단 오르내리기

고관절, 슬관절의 굴곡과 신전을 통하여 하지 근력을 강화하고, 신체의 체중 이동을 경험하도록 하였다. 계단을 오르내리는 시간을 측정하여 움직임을 촉진하였다.

- 신체 외측으로의 체중 이동, 서 있는 쪽 다리의 외측 체중 지지 동안 다양한 고관절의 조절, 대둔근과 중둔근의 활성, 움직이는 쪽 다리는 고관절·슬관절 굴곡, 신전 활성(Lois Bly, 1999).

3. 측정 및 도구

1) 대동작 기능 평가

운동 기능을 측정하기 위해 Russell(1993)이 개발한 대동작 기능 평가(GMFM)를 사용하였다. 대동작 기능 평가(Gross Motor Function Measures, GMFM)는 치료 결과 또는 시간 경과에 따른 운동 수준(motor status) 변화를 측정하고, 운동 수준을 기록하기 위해 발달된 도구로서, 아동의 운동 기능(motor function)이 어느 정도인지를 알아보기 위한 것으로 타당도와 신뢰도가 높다고 알려져 있다(Damiano & Abel, 1996).

GMFM의 신뢰도와 타당도에 관해서는 여러 연구에서 보고 되었으며(Russel et al., 1989; Trahan & Malouin, 2002), Palisano 등(2000)은 뇌성마비 아동에게 GMFM을 적용한 결과 타당도가 .91이라고 하였고, Nordmark 등(1997)은 검사-재검사 신뢰도는 .88, 검사자내 신뢰도는 .68, 검사자간 신뢰도는 .77로 뇌성마비 아동의 대동작 운동 능력을 평가하는 데 유용하다고 하였다. 또한 뇌성마비 아동에게 생긴 임상적으로 중요한 변화를 감지해내는 반응도도 높은 것으로 보고되었다(Russel et al., 1989; Rosenbaum et al., 1990).

대동작은 5개 영역, A(눕기와 뒤집기), B(앉기), C(네발기기와 무릎서기), D(서기), E(걷기, 달리기, 도약)로 나누어지며, 영역 A는 17항목, B는 20항목, C는 14항목, D는 13항목, E는 24항목으로 구성되어 있고, 각각의 문항은 0, 1, 2, 3점의 평점을 가지는 답지로 구성되어 있다. 0점은 시도하지 않는 경우이며, 1점은 시도는 하나 문항을 10% 미만 수행할 경우이며, 2점은 부분적으로 문항을 10~90% 미만으로 수행할 경우이며, 3점은 완전히 수행하는 경우이다. '각 영역에서 얻어진 점수/그 영역에서 얻을 수 있는 최대 점수×100'으로 구한 값이 각 항목의 점수가 되며, 각 항목의 점수를 더해서 5로 나눈 것이 GMFM의 총점이 된다.

연구 대상에게 순환식 과제 지향 운동 프로그램을 적용하기 전에 대동작 기능 평가를 실시하였고, 운동 프로그램 종료 후 대동작 기능 평가로 다시 검사하였다.

2) 보행 속도(Gait Speed)

뇌성마비 아동에서 보행은 운동 장애의 정도와 분포에 영향을 받으며, 다른 소동작 및 대동작 기능과 연관되어 있다(Damiano & Abel, 1996). Damiano와 Abel(1996)은 32명의 경직성 뇌성마비 아동을 대상으로 대동작 기능 평가 도구(Gross Motor Function Measure, GMFM)와 삼차원 운동 분석을 통한 보행 변수(gait parameter)와의 상관성을 알아본 연구에서 보행 속도가 GMFM점수와 밀접한 관계가 있으며, 운동 형상학적, 운동 역학적 변수보다 시공간적 변수에서 더 높은 상관관계가 있다고 하였다. 보행 평가는 뇌성마비 아동에서 일반적인 운동 정도를 대표하며, 보행 분석과 GMFM은 뇌성마비 아동의 기능을 평가하는 데 있어 상호 보완적인 역할을 한다고 하였다(Damiano & Abel, 1996).

보행 속도는 주어진 시간에 일정한 방향으로 몸 전체가 이동한 거리를 의미하고 초당 보행한 거리(m/s)로 표시하였다.

표 7. GMFM점수의 전후 비교

(n=10)

| 검사 영역 | 운동 전 | 운동 후 | t |
|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 눕기와 뒤집기 | 96.33±3.18 | 98.96±1.95 | -3.125* |
| 앉기 | 88.96±9.14 | 97.39±4.09 | -4.74** |
| 네발기기와 무릎서기 | 72.32±12.00 | 82.74±6.23 | -3.725** |
| 서기 | 23.40±14.73 | 43.35±18.18 | -5.440*** |
| 걸기, 달리기, 도약 | 11.98±5.59 | 17.88±6.03 | -6.722*** |
| GMFM 점수 | 58.59±7.38 | 68.06±6.43 | -8.549*** |

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

이경옥(2000)의 연구에 의하면 5세 유아의 보행 속도는 1.2 m/s, 성인의 보행 속도는 1.26 m/s라고 하였다. 보행 분석 시 일반적으로 처음 2~3걸음 후에 보행 형태가 안정되므로, 보통 8 m 이상 걷도록 하여 검사하는 방법을 추천하였다(김봉옥, 1994).

이에 본 연구는 순환식 과제 지향 운동 프로그램을 적용하기 전에 총 14 m를 최고 속도로 워커를 이용하여 걷게 하고 처음 2 m와 마지막 2 m를 제외한 10 m의 보행 속도를 측정하였다. 운동 종료 후 같은 방법으로 보행 속도를 측정하였다.

3) 균형 평가

균형은 지지 기저면에 대하여 무게 중심을 조절하고, 유지하는 능력인 자세 안정성(postural stability)을 지속적으로 유지해 나가는 과정으로서, 선 자세에서의 안정성 유지, 체중부하 조절, 보행 능력 등의 동작 수행에 중요한 영향을 미친다(Cohen et al., 1993). Liao 등(1997)은 경직성 양하지 뇌성마비 아동의 기립 균형과 보행 능력은 밀접한 관계가 있다고 하였으며, 신화경과 정보인(2001)은 경직성 양하지 뇌성마비 아동에게 하지의 기능적 근력 강화 운동이 기립 균형 향상에 효과적이었다고 보고하였다.

이에 본 연구는 CHINESPORT사의 자세 균형 평가 기기(Global Postural System, GPS)를 이용하여 운동 프로그램 전과 후에 동요 속도와 동요 범위를 측정하였으며, 워커를 잡고 균형판(Footboard) 위에 선 자세에서 분당 3,000포인트의 신호를 디지털화하여 컴퓨터로 전송하여 체중심의 이동을 관찰하였다. 동요 속도는 높을수록 중심을 유지하려는 능력이 좋은 것이고, 중심으로 돌아오는 데 움직임이 많았다면 시간이 길어지고, 주파수는 작아진다. 동요 범위는 중심에서 움직임의 범위

를 측정한 것으로 균형 능력이 향상되면 동요 범위는 감소한다.

4. 분석 방법

순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 기능 향상에 미치는 영향을 알아보기 위해 SPSS Ver. 12.0을 사용하였다. 그룹 내에서의 운동 프로그램 참여 전과 후의 차이를 분석하기 위하여 paired simple t-test를 실시하였고, 백분율을 이용하여 두 그룹 간(저학년 그룹과 고학년 그룹)의 운동 프로그램 참여 후 향상 정도의 차이를 비교하였다. 통계적 검정을 위한 유의 수준 α 는 0.05 이하로 하였다.

IV. 결과

1. 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 기능 향상에 미치는 영향

1) 대동작 기능(GMFM)

순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 전과 후의 대동작 기능(GMFM) 향상에 미친 영향을 비교한 결과는 다음과 같다(표 7). GMFM점수는 운동 전 58.59±7.38에서 운동 후 68.06±6.43으로 증가하여 통계적으로 유의하였다($p = .000$).

2) 보행 속도(Gait Speed)

순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 전과 후의 보행 속도 향상에 미친 영향을 비교한 결과는 다음과 같다(표 8). 보행 속도는 운동 전 0.11±0.86에서 운동 후 0.22±0.16으로 증가하여 통계적으로 유의하였다($p = .015$).

표 8. 보행 속도의 전·후 비교

(n=10)

| 평가 항목 | 운동 전 | 운동 후 | t |
|------------|-----------|-----------|---------|
| 보행 속도(m/s) | 0.11±0.86 | 0.22±0.16 | -3.002* |

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

표 9. 균형 평가(GPS)의 전후 비교

(n=10)

| 균형 평가 | 운동 전 | 운동 후 | t |
|-------------|---------------|---------------|--------|
| 동요 속도(Hz) | 0.15±0.04 | 0.21±0.14 | -1.260 |
| 동요 범위(unit) | 752.50±170.98 | 629.30±120.68 | 3.009* |

* p<.05, **p<.01, ***p<.001

3) 균형(Global Postural System, GPS)

순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 전과 운동 후의 균형(GPS) 향상에 미친 영향을 비교한 결과는 다음과 같다(표 9). 동요 속도는 0.15±0.04에서 0.21±0.14로 증가하였지만 통계적으로 유의하지 않았고(p=.239), 동요 범위는 운동 전 752.50±170.98에서 운동 후 629.30±120.68로 감소하여 통계적으로 유의하였다(p=.015).

2. 순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년과 고학년 그룹 사이의 운동 기능 향상의 차이 비교

1) 대동작 기능(GMFM)

순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년과 고학년 그룹 사이의 대동작 기능(GMFM)점수 차이를 비교한 결과는 다음과 같다(표 10, 그림 1, 2). GMFM점수는 저학년 그룹이 18.07%, 고학년 그룹은 14.13% 증가되어, 저학년 그룹이 3.94% 더 많은 증가를 보였다. GMFM의 세부 평가 항목에서는 두 그룹 모두 서기(저학년 108.14%, 고학년 61.80%)에서 가장 많은 증가를 보였고, 네발기기와 무릎서기, 서기, 걷기·달리기·도약에서는 저학년 그룹이, 눕기와 뒤집기, 앉기에서는 고학년 그룹이 더 많은 증가를 보였다.

표 10. GMFM점수의 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

| 검사 영역 | 프로그램 실시 후 증가율[%] | |
|------------|------------------|-------------|
| | 저학년 그룹(n=5) | 고학년 그룹(n=5) |
| 눕기와 뒤집기 | 2.51 | 2.96 |
| 앉기 | 7.66 | 11.46 |
| 네발기기와 무릎서기 | 15.33 | 13.44 |
| 서기 | 108.14 | 61.80 |
| 걷기·달리기·도약 | 57.48 | 37.93 |
| GMFM 점수 | 18.07 | 14.13 |

2) 보행 속도(Gait Speed)

순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년과 고학년 그룹 사이의 보행 속도 차이를 비교한 결과는 다음과 같다(표 11, 그림 3). 보행 속도는 저학년 그룹이 76.74%, 고학년 그룹이 113.56% 증가되어, 고학년 그룹에서 37.09% 더 많은 증가를 보였다.

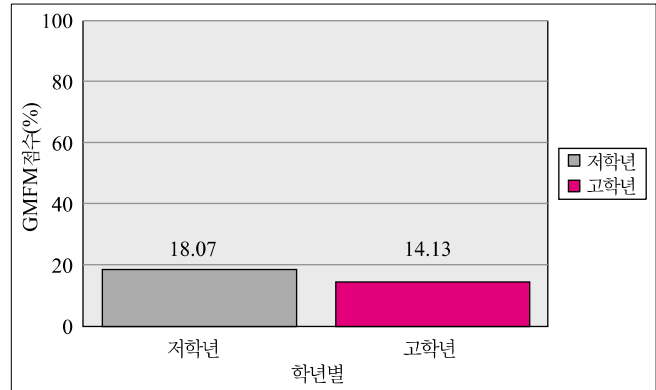


그림 1. GMFM점수의 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

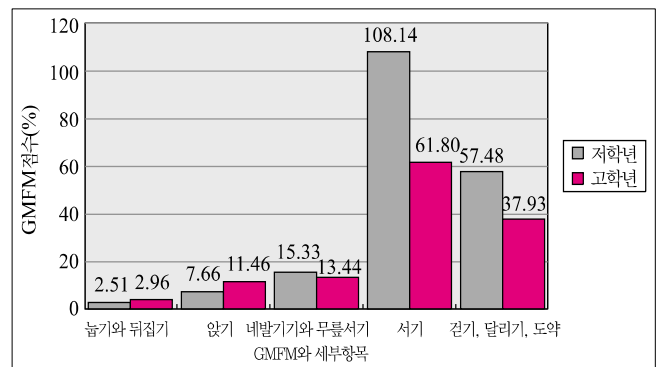


그림 2. GMFM의 세부 평가 항목에 대한 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

표 11. 보행 속도의 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

| 검사 영역 | 프로그램 실시 후 증가율[%] | |
|------------|------------------|-------------|
| | 저학년 그룹(n=5) | 고학년 그룹(n=5) |
| 보행 속도(m/s) | 76.47 | 113.56 |

3) 균형(Global Postural System)

순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년과 고학년 그룹 사이의 균형 향상의 차이를 비교한 결과는 다음과 같다(표 12, 그림 4). 동요 속도는 저학년 그룹이 14.49%, 고학년 그룹이 53.01% 증가하여, 고학년 그룹이 38.52% 더 많은 증가를 보였다. 그리고 동요 범위는 저학년 그룹이 12.77%, 고학년 그룹이 19.14% 감소하여, 고학년 그룹이 6.37% 더 감소하였다.

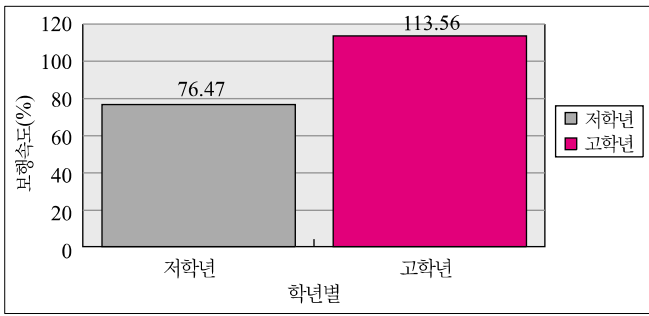


그림 3. 보행 속도의 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

표 12. 균형 평가(GPS)의 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

| 검사 영역 | 프로그램 실시 후 차이(%) | |
|-------------|-----------------|-------------|
| | 저학년 그룹(n=5) | 고학년 그룹(n=5) |
| 동요 속도(Hz) | 14.49 | 53.01 |
| 동요 범위(unit) | -12.77 | -19.14 |

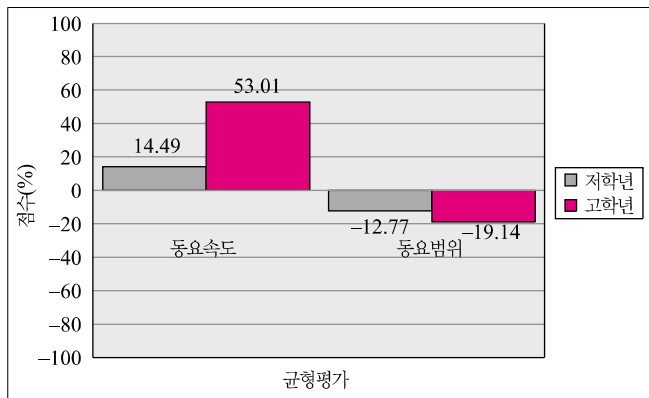


그림 4. 균형 평가(GPS)의 저학년과 고학년 그룹 사이의 차이 비교

IV. 논의 및 결론

이 연구는 운동 학습을 통한 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 운동 기능 평가인 대동작 기능, 보행 속도 및 균형에 어떠한 영향을 미치는지 알아봄으로써 뇌성마비 아동의 그룹 물리치료 적용 가능성을 살펴보고, 운동 학습이 연령에 따른 차이를 나타내는지를 알아봄으로써 나이의 제한으로 치료를 받지 못하는 뇌성마비 아동의 치료 기회 제공의 필요성을 살펴보았다. 연구 대상은 경직성 양하지 마비로 진단받은 뇌성마비 아동 중 초등학교 저학년 아동 다섯 명, 고학년 아동 다섯 명이었으며, 순환식 과제 지향 운동 프로그램이 뇌성마비 아동의 대동작 기능, 보행 속도, 균형 향상에 영향을 미치는지, 순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년 그룹과 고학년 그룹 사이에서 대동작 기능, 보행 속도, 균형 향상의 차

이가 있는지를 비교, 분석하였고, 그 결과들은 다음과 같다.

첫째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램 전후에 대동작 기능(GMFM)은 운동 전 58.59±7.38에서 운동 후 68.06±6.43으로 증가하여 통계적으로 유의하였다($p=.000$).

둘째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램 전후에 보행 속도(Speed Gait)는 운동 전 0.11±0.86에서 운동 후 0.22±0.16으로 증가하여 통계적으로 유의하였다($p=.015$).

셋째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램 전후의 균형평가(GPS)에서는 동요 속도는 유의한 차이가 없었으나($p=.239$), 동요범위는 운동 전 752.50±170.98에서 운동 후 629.30±120.68로 감소하여 통계적으로 유의하였다($p=.015$).

넷째, 순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 초등학교 저학년과 고학년 그룹 사이에서 대동작 기능, 보행속도, 균형 향상 정도의 차이는 대동작 기능 평가(GMFM) 점수는 저학년 그룹은 18.07%, 고학년 그룹은 14.13% 증가되어, 저학년 그룹이 3.94% 더 많은 증가를 보였다. GMFM의 세부 평가 항목에서는 두 그룹 모두 서기(저학년 108.14%, 고학년 61.80%)에서 가장 많은 증가를 보였으며, 네발기기와 무릎서기, 서기, 걷기·달리기·도약에서는 저학년 그룹이, 늑기와 뒤집기, 앉기에서는 고학년 그룹이 더 많은 증가를 보였다. 보행 속도는 프로그램 후 저학년 그룹은 76.47%, 고학년 그룹은 113.56% 증가되어, 고학년 그룹에서 37.09% 더 많은 증가를 보였다. 그리고 균형 향상 정도의 차이는 동요 속도가 저학년 그룹은 14.49%, 고학년 그룹은 53.01% 증가되어, 고학년 그룹이 38.52% 더 많은 증가를 보였다. 동요 범위는 저학년 그룹이 12.77%, 고학년 그룹이 19.14% 감소하여, 고학년 그룹이 6.37% 더 많은 감소를 보였다.

이와 같은 연구 결과로 볼 때 근력 강화를 이용하여 운동 기능을 향상시키는 목적으로 프로그램을 구성하여 뇌성마비(경직성 양하지마비) 아동에게 적용한 순환식 과제 지향 운동 프로그램은 대동작 기능, 보행 속도와 균형 향상에 효과가 있었다. 이는 개별 물리치료를 통한 뇌성마비 아동의 근력 강화 운동이 경직형 뇌성마비 아동의 대동작 기능, 보행 변수인 보행 속도와 분당 걸음수가 유의하게 향상되었다는 연구(고명숙 등, 2005) 결과와 유사하다. 또 Macphail 등(1995)의 연구에서 뇌성마비 아동에게 주 3회 8주 동안의 슬관절 굴곡과 신전 훈련이 슬관절 굴곡 신전시의 근력을 현저하게 향상시키고, 기능적 능력과 보행 속도를 향상시킨다는 결과와도 유사하다. Damiano와 Abel(1998) 역시 하지 근력 강화 치료 후에 대동작 기능, 에너지 소모율과 보행 속도의 향상을 보고하였고, 신화경과 정보인(2001)은 경직성 양하지 뇌성마비 아동에게 하지의 기능적 근력 강화 운동을 시행하였을 때, 뇌성마비 아동의 정적·동적 기립 균형 향상에 효과적이었다고 보고하였다. 이것으로 순환식 과제 지향 운동 프로그램을 통한 그룹 물

리치료를 뇌성마비 아동에게 적용하였을 때, 개별 물리치료를 실시 할 때와 동일한 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

Thomas(1980)는 운동 학습에 있어서 연령이 증가함에 따라 체력 요인, 학습 경험의 정도, 정보 처리 능력, 주의 집중 능력, 동화(assimilation)와 조절(adaptation)능력 등이 다를 수 있기 때문에 정보 처리 이론의 입장에서는 연령이 증가함에 따라 숙련된 운동 수행을 위한 주의 선택, 지각, 기억, 의사 결정 능력의 발달 하에 운동 수행의 차이가 발생한다고 주장하였다. 평균 연령 13세인 초등학교 6학년 그룹과 평균 연령 23세인 대학생 그룹에서 결과 지식 제시 형태와 상관없이 연령에 따라 운동 학습의 수행 차이를 나타낸다는 연구(이혜영, 1995)를 토대로 순환식 과제 지향 운동 프로그램 실시 후 평균 연령 9세인 초등학교 저학년 그룹과 평균 연령 12세인 고학년 그룹에서 운동 기능 향상의 차이를 비교하였다. 연구 결과 대동작 기능 평가에서는 초등학교 저학년 그룹과 고학년 그룹에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 보행 속도는 고학년 그룹이 37.09% 더 향상되었으며, 균형 평가의 동요 속도 역시 고학년 그룹이 38.52% 더 증가되었고, 동요 범위는 6.37% 더 감소하였다.

이 연구를 통해 순환식 과제 지향 운동 프로그램인 그룹 물리치료가 개별 물리치료와 유사한 운동 기능 향상을 가져온다는 것을 알 수 있었으며, 연령이 증가함에 따라 운동 수행 능력이 향상된다는 것을 알 수 있었다. 이는 뇌성마비 아동들을 신속히 치료할 수 있는 의료 기관이 주로 3차 병원인 대학 병원과 장애인 복지관으로 제한되어 있어 공공 치료 기관이 부족하고, 뇌성마비 아동을 치료할 수 있는 전문 인력의 부족으로 인하여 치료를 받기 위해 장기간의 치료 대기를 해야 하거나(신귀연, 2001), 각 기관에서는 일정 기간 입원치료 후 거의 강제적으로 퇴원시키고, 외래치료의 경우도 연령 및 치료 기간의 제한을 두어 중지시켜(홍정선, 2004) 지속적인 물리치료가 필요함에도 불구하고 치료를 받지 못하는 뇌성마비 아동들에게 있어 치료의 기회를 제공할 수 있을 것으로 사료되며, 그룹 물리치료를 통해 부족한 치료 기관과 인력 부족으로 발생하는 치료 시간의 부족도 해소할 수 있을 것으로 사료된다. 이에 순환식 과제 지향 운동 프로그램을 통해 뇌성마비 아동의 다양한 재활 치료가 이루어져야 할 것이다.

이 연구는 위와 같은 연구 결과를 도출하였음에도 불구하고 참여한 대상자의 수가 적기 때문에 일반화하여 해석하는 것에는 한계가 있으며, 뇌성마비 아동 중 경직성 양하지마비 아동만을 대상으로 연구하였으므로 무정위성 뇌성마비 아동이나 편마비 등의 다양한 유형의 뇌성마비 아동에서도 유사한 결과를 나타내는지에 대한 연구가 필요하다. 또한 연령에 따른 운동 학습의 효과를 비교하기 위하여 다양한 연령을 대상으로 프로그램을 적용하여 운동 기능 향상의 차이를 나타내는지에 대

한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강순희 등(2007). 소아물리치료. 영문출판사.
2. 김태호·권오윤 등(2006). Pediatric Physical Therapy. 탐매 디오피아.
3. 대한소아재활의학회(2006). 소아재활의학. 군자출판사.
4. 박창일(2004). 뇌성마비의 재활. 은평천사원 기념세미나.
5. 유병규 등(2006). 발달장애 아동을 위한 운동치료(제2판). 영문출판사.
6. 윤승호·김봉옥(1994). 임상보행분석. 세진기획.
7. 정보인·정민예·안덕현(2000). 뇌성마비 영유아 바로 키우기. 교육과학사.
8. 박현식(2005). 집단순환식 과제지향훈련이 뇌졸중 환자의 기능적 독립성과 삶의 질에 미치는 영향. 단국대학교 특수교육대학원 석사학위 논문.
9. 신귀연(2001). 장애아동 부모의 의료재활 서비스에 관한 만족도 조사. 대전대학교 경영행정대학원 사회복지학과 석사학위 논문.
10. 이정림(2001). 뇌성마비아동에서 대동작기능평가(GMFM)와 보행의 시공간적 변수와의 관계. 연세대학교 보건대학원 석사학위 논문.
11. 이혜영(1995). 연령에 따른 결과지식 제시형태가 운동학습에 미치는 영향. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
12. 조규행(2004). 순환식 과제지향 프로그램이 뇌졸중 환자의 기능 증진에 미치는 효과. 삼육대학교 대학원 석사학위 논문.
13. 홍정선(2004). 뇌성마비 아동의 의료이용형태에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
14. 고명숙·유은영·정민예(2005). 뇌성마비 아동의 근력강화 운동이 보행과 일상생활동작에 미치는 영향. 한국스포츠리서치, 16(5), 137-144.
15. 김봉옥(1994). 임상보행분석의 방법. 대한재활의학회지, 18(2), 191-202.
16. 김재욱·김수민·박래준(2003). 과제 지향적 기능 훈련이 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 15(4), 923-936.
17. 박창일 외 5명(1997). 뇌성마비의 조기진단을 위한 이학적 평가 항목의 개발. 대한재활의학회지, 21(4), 679-688.
18. 신화경·정보인(2001). 기능적 근력강화 운동이 뇌성마비 아동의 기립균형에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 8(3), 97-105.
19. 이경옥(2000). 유아발달에 따른 보행인자 분석. 한국체육학회지, 39(2), 527-536.
20. 이은하·이상현(2000). 뇌성마비아 부모의 욕구조사. 대한재활

- 의학회지, 24(6), 1070-1078.
21. 전현선 · 이필상(2006). 뇌성마비의 자세 조절 특성 고찰. 한국신체부자유아교육학회지, 47(1), 1-23.
 22. 조미애 외 4명(1997). 위험인자를 지닌 신생아에서의 뇌성마비 발생빈도. 대한재활학회지, 21, 1068-1075.
 23. 한태륜 외 5명(1998). 미숙아에서 뇌성마비의 위험인자. 대한재활학회지, 22(6), 1190-1197.
 24. Bobath, K.(1980). *A neurological basis for the treatment of cerebral palsy*(2nd ed.). In Willian, & Heinemann. (Eds.), Medical Books Lippincott, 37-66.
 25. Bennett, C. F.(1987). The effectiveness of early intervention for infants at increased risk. In Guralnick, M. R., & Bennett, F. C. (Eds.), *The effectiveness of early intervention for at-risk and handicapped children*. Orlando: Academic Press. 79-112.
 26. Bradley, N. S.(1991). Motor control. In Campbell, S. K.(Eds.), *Developmental aspect of motor control in skill acquisition: Pediatric neurological physical therapy*. Churchill Livingstone, Inc. 39-47.
 27. Barbara, H., Connlooy, Patricia, C., & Montgomery. (2001). Therapeutic exercise in developmental disabilities (2nd ed.). In Patricia, C. & Montgomery. (Eds.). *Organizing treatment sessions and establishing behavioral objectives* 35-51.
 28. Carr, J. H., & Shepherd, R. B.(1990). A motor learning model for rehabilitation of the movement-disabled. In Ada, L. & Canning, C.(Eds.). *Key issues in neurological physiotherapy*. Oxford: Butterworth heinemann
 29. Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C.(2002). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*(5th ed.). New York: Mcgraw-hill Co, Inc.
 30. Horak, F. B.(1991). Assuptions underlying motor control for neurologic rehabilitation. In M. J. Lister(Eds). *Contemporary management of motor control problems: Proceeding of the IISTEP conference*. American Physical Therapy Association. 11-28.
 31. Janet, H., Carr. Robert, B., & Shepherd.(2003). *Stroke rehabilitation*. Butterworth Heinemann, 3, 5, 10, 233.
 32. Leonard, C. T.(1998). *The neuroscience of human movement*. Mosby-Year Book, 203-230.
 33. Lois Bly, M. A.(1999). *Baby treatment based on NDT principles*. Therapy Skill Builders, 97-115, 117-138, 223-244.
 34. Sommer, M.(1971). Improvement of motor skills and adaption of the citulatory system in wheelchair bound children with cerebral palsy. In U, Simiri. Natanya, & Wingate.(Eds.), *Insport as a means of rehabilitations*.
 35. Schmidt, R. A.(1988). Motor control and learning: A behavioural emphasis(2nd ed.). *Human Kinetics*.
 36. Schmidt, R. A. & Lee, T. D.(1999). *Motor control and learning*. Human kinetics, 313, 353.
 37. Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H.(1995). *Motor control: Theory and application*. Williams & Wilkins.
 38. Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H.(2001). *Motor control: Theory and practical applications*(2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
 39. Styer-Acevedo, J.(1999). Physical therapy for the child with cerebral palsy. In Tecklin, J.(Eds.), *Pediatric physical therapy*(3rd ed). Lippincott Williams & Wilkins, 107-162.
 40. Abel, M. F., & Damiano, D. L.(1996). Strategies for increasing walking speed in diplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*, 16(6), 753-758.
 41. Andersson, C., Grooten, W., Hellsten, M., Kaping, K., & Mattsson, E.(2003). Adults with cerebral palsy: Walking ability after progressive strength training. *Dev Med Child Neurol*, 45(4), 220-228.
 42. Bernard, D., Ethel, B., Ana, B., Stewart, G. B., & Guy, C.(2001). District multi-joint control strategies in spastic diplegia associated with prematurity of angelman syndrome. *Clin Neurophysiol*, 112, 1618-1625.
 43. Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Levitor, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., & Damiano, D.(2005). Executive committee for the definition of cerebral palsy. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 47, 571-576.
 44. Blundell, S. W., Shepherd, R. B., Dean, C. M., Adams, R. D., & Cahill, B. M.(2003). Functional strength training in cerebral palsy: A pilot study of a group circuit training class for children aged 4-8year. *Clin Rehabil*, 17(1), 48-57.
 45. Bache, C. E., Selber, P., & Graham, H.K.(2003). The management of spastic diplegia. *Current Orthopaedics*, 17, 88-104.
 46. Coote, S.(2001). Strokes EK physiotherapy for upper extremity dysfunction following stroke. *Phys Ther Rev*, 6, 69.
 47. Cohen, H., Blatchly, C. A., Gomblish, L. L., et al.(1993). A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther*, 73, 345-346
 48. Colver, A. F., Gibson, M., Hey, E. N., Jarvis, S. N., Mackie, P. C., & Richmond, S.(2000). Increasing rates

- of cerebral palsy across the severity spectrum in northeast England 1964-1993. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 83, F7-F12.
49. Damiano, D. L., & Abel, M. F.(1996). Relation of gait analysis to gross motor function in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 38(5), 389-396.
 50. Damiano, D. L., & Abel, M. F.(1998). Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 79(2), 119-125.
 51. Damiano, D. L., Kelly, L. E., & Vaughn, C. L.(1995). Effects of quadriceps femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. *Physical Therapy*, 75(8), 658-667.
 52. Drouin, L. M., Malouin, F., Richards, C. L., & Marcoux, S. (1996). Correlation between the gross motor function measure in children with neurological impairments. *Dev Med Child Neurol*, 38, 1007-1019.
 53. Dean, C. M., & Shepherd, R. B.(1997). Task-related training improves performance of seating reaching tasks after stroke: A randomised controlled trial. *Stroke*, 28, 722-728.
 54. Dodd, K. J., & Taylor, N. F.(2002). Systematic review of the effectiveness of strength training programs for people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil*, 83, 1157-1164.
 55. Dodd, K. J., Taylor, N. F., & Graham, H. K.(2003). A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 45(10), 652-657.
 56. Krigger, K. W.(2006). Cerebral palsy: an overview. *Am Fam Physician*, 73, 91-100.
 57. Knox, V., & Evans, A. L.(2002). Evaluation of the functional effects of a course of Bobath therapy in children with cerebral palsy: A preliminary study. *Dev Med Child Neurol*, 44(7), 447-460.
 58. Karni, A. Meyer, G., Jezard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G.(1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*. 377(6545), 155-158.
 59. Karni, A., Meyer, G., Rey-Hipolito, C., Jezard, P., Adams, M. M., Turner R., & Ungerleider L. G.(1998). The acquisition of skilled motor performance : Fast and slow experience - driven changes in primary motor cortex. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.*, 95(3), 861-868.
 60. Lundberg, A.(1979). Oxygen consumption in relation to work load in students with cerebral palsy. *Journal of Applied Physiology*, 40, 873-875.
 61. Leonard, C. R.(1994). Motor behavior and neural changes following perinatal and adult-onset brain damage: Implications for treapeutic intervention. *Phys Ther*, 74, 753-767.
 62. Liao, H. F., Jeng, S. F., Lai, J. S., et al.(1997). The relation between standing balance walking function in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 9(2), 106-112.
 63. Mutch, L., Alberman, E., Hagberg, B., et al.(1992). Cerebral palsy epidemiology: Where are we now and where are we going? *Dev Med Child Neurol*, 34, 547-551.
 64. MacPhail, H. E., & Kramer, J. F.(1995). Effect of isokinetic strength-training on functional ability and walking efficiency in adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 37(9), 763-775.
 65. Maruishi, M., Mano, Y., Sasaki, T., Shinmyo, N., Sato, H., & Ogawa, T.(2001). Cerebral palsy in adults : Independent effects of muscle strength and muscle tone. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(5), 637-641.
 66. Nordmark, E., Hagglund, G., & Jarnlo, G. B.(1997). Reliability of the gross motor function measure in cerebral palsy. *Scandinavia Journal Rehabilitation Medicine*, 29 (1), 25-28.
 67. Palisano, R. J., Hanna, S. E., Rosenbaum, P. L., Russell, D. J., Walter, S. D., Wood, E. P., Raina, P. S., & Galuppi, B. E.(2000). Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 80 (10), 974-985.
 68. Petersen, S. E., Mier, H., Fiez, J. A., & Raichle, M. E.(1998). The effects of practice on the functional anatomy of task performance. *Proc Natl Acad Sci USA*, 95(3), 853-860.
 69. Plautz, E. J., Milliken, G. W., & Nudo, R. J.(2000). Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys : Role of use versus learning. *Neurobiol Learn Mem*. 74 (1), 27-55.
 70. Rodda, J., & Graham, H. K.(2001). Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia : A basis for a management algorithm. *Eur J Neurol*, 5, 98-108.
 71. Rossini, P. M., & Pauri, F.(2000). Neuromagnetic integrated methods tracking human brain mechanism of sensorimotor areas 'plastic' reorganisation. *Brain Res Brain Res Rev*, 33 (2-3), 131-154.

72. Russell, D. J., Rosenbaum, P. L., Cadman, D. T., Gowland, C., Hardy, S., & Jarvis, S.(1989). The gross motor function measure: A means to evaluate the effects of physical therapy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 31, 341-352.
73. Rosenbaum, P. L., Russel, D. J., Cadman, D. T., Gowland, C., Jarvis, S., & Hardy, S.(1990). Issues in measuring change in motor function in children with cerebral palsy: A special communication. *Physical Therapy*, 70 (7), 125-131.
74. Shea, C. H., Wulf, G., & Whiracre, C.(1999). Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training. *J Motor Behav*, 3(31), 119-125.
75. Schweizer, R., Braun, C., Fromm, C., Wilms, A., & Birbaumer, N.(2001). The distribution of mislocalizations across fingers demonstrates training - induced neuroplastic changes in somatosensory cortex. *Exp Brain Res*, 139(4). 435-442.
76. Stephanie, C., DeLuca, Karen, Echols., Sharon landesman, Ramey., & Edward, Taub.(2003). Pediatric constraint - induced movement therapy for young child with cerebral palsy: Two episodes of care. *Physical Therapy*, 83(11), 1003-1013.
77. Thomas, J. R.(1980). Acquisition of Motor Skills: Information Processing Differences Between Children and Adults. *Reserch Quarterly for Exercise and Sport*, 51 (1), 158-173.
78. Trahan, J., & Malouin, F.(2002). Intermittent intensive physiotherapy in children with cerebral palsy: A pilot study. *Dev Med Child Neurol*, 44(4), 233-239.
79. Ungerleider, L. G., Doyon, J., & Karni, A.(2002). Imaging brain plasticity during motor skill learning. *Neurobiol Learn Mem*, 78(3), 553-564.
80. Wu, C., Trombly, C. A., Lin, K. et al.(2000). A kinematic study of contextual effects on reaching performance in persons with and without stroke: influences of object availability. *Arch Phys Med Rehabil*, 81, 95-101.

