경직형 뇌성마비아의 장악력에 파지기능 훈련이 미치는 영향(4례 증례보고)

The Journal Korean Society of Physical Therapy

■김정자[1], 오명화[2], 김은정[3]
■[1]군장대학 작업치료과, [2]동신대학교 보건복지대학 작업치료학과, [3]동신대학교 보건복지대학 물리치료학과

The effect on Grip Strength of Grasping Reflex Skill Training of 4 Case Children with Spastic Cerebral Palsied

Jeong-Ja Kim, OT, PhD[1]; Myung-Hwa Oh, OT, PhD[2]; Eun-Jung Kim, PT, PhD[3]

[1]*Department of occupational therapy, Kunjang college,* [2]*Department of occupational therapy, College of health & welfare, Dongshin University;* [3]*Department of physical therapy, College of health & welfare, Dongshin university*

Purpose: The purpose of this study is to find the effect of grip strength of the grasping reflex skill training of 4 case children with spastic cerebral palsy. Smedley hand dynamometer(JAMAR, USA) was used for measuring grip strength.

Methods: Smedley hand dynamometer(JAMAR, USA) was used for measuring grip strength. Cases were chosen mild, moderate and severe spastic cerebral palsy with sitting balance and perception. To achieve that purpose, this training program was carried out 5 times a week for 4 weeks with 4 children. The performance of grasping reflex skill training and grip strength was evaluated each other.

Results: Both hands were investigated with grasping reflex skill test and grip strength in two week intervals. In the dominant or nondominant hand, the more improvement of grasping reflex skill test is high, the more that of grip strength is high.

Conclusion: The result were as follows that. The grasping reflex skill training was effective in grip strength.

Key Words: spastic cerebral palsy, grasping reflex skill training, grip strength.

논문접수일: 2007년 10월 21일
수정접수일: 2008년 1월 17일
게재승인일: 2008년 3월 15일
교신저자: 김은정, mature-pt@hanmail.net

Ⅰ. 서론

뇌성마비(cerebral palsy)란 뇌중추신경계의 비진행성 기능손상에 의한 운동능력의 장애가 특징이며(Saeed, 2003), 뇌가 성장 발달되는 동안에 생긴 것으로 자세 및 운동장애가 주 증상이나 감각장애 및 인지능력의 장애가 동반된다. 이런 감각 및 인지능력의 저하와 중추신경계의 이상으로 정신지체, 시각장애, 청각장애, 언어장애, 경련 등의 동반 장애가 초래된다.(오상근, 1995). 장애의 정도는 뇌손상의 크기와 부위에 따라 매우 다양하며 일반적으로 몸의 침범 부위에 따라 편마비(hemiplegia), 양마비(diplegia), 사지마비(tetraplegia), 운동 장애의 형태 따라 경직형(spastic type), 무정위형(athetoid type), 실조형(ataxic type), 심각한 정도에 따라 경도(mild), 중도(moderate), 중증(severe)으로 분류된다(Brogren 등, 1998).

본 연구의 대상인 경직형 뇌성마비아의 전형적인 양상은 어깨의 내회전(internal rotation), 내전(adduction), 주관절과 손목의 굴곡(elbow and wrist flexion), 손가락 굴곡(finger flexion), 엄지손가락이 손바닥 안으로 들어가는 변형(thumb-in-palm deformity)이 생기는데(Saeed, 2003) 이는 상위 운동 신경 손상 시에 주로 나타나며(이종해, 2000), 상지의 기능적 동작을 하기 위해 과다한 노력을 하거나, 흥분하거나 또는 공포나 불안감을 느끼게 되면 더욱 경직(spasticity)과 불수

의적 움직임의 증가를 초래하여 조화로운 활동에 어려움을 준다(정민예 등, 1996). 특히, 원위부 근육의 약화가 있는 아이들은 잡는 강도가 떨어지고 손가락의 통제력이 부족하여 파지기능 능력이 저하된다(Roby-Brami 등, 2003). 파지(把持)기능이란 상지동작의 기초단계로 일상생활에 필요한 물건을 집을 수 있는 능력과 주변의 물체를 옮겨놓을 수 있는 능력을 말한다(이종해, 2000). 주요 활동으로는 주먹 쥐고 펴기, 잡고 놓기, 집어내고 담기, 구겼다 펴기, 움직이는 물체잡기 등이 있으며(김정자, 2001) 상완의 움직임과 손과 손가락의 미세한 조절 및 복잡한 상호과정이 요구되는 활동이다(Steenbergen 등, 2000). 이는 일상생활뿐만 아니라 마시기, 먹기, 쓰기, 타이핑 등과 같은 활동을 수행하는 기본이 된다(Castro 등, 2004). 그러나 경직형 뇌성마비아들은 상지의 힘이 약화되고 주변 환경으로부터 감각적인 정보를 받아들이지 못하며, 협응 능력이 부족하여 장악력이 떨어진다(Pillet과 Didierjean-Pillet, 2001).

이종해(2000)는 파지기능 훈련에 관한 선행논문에서 뇌성마비아에게 훈련 프로그램을 적용하여 손 기능이 향상되었다고 보고하였으나, 손 기능의 기본이 되는 장악력에 중점을 둔 연구는 많이 보고되지 않고 있다. 또한 연구 결과 평가 방법에 있어서 프로그램의 결과를 점수화시키는 방법과 근력측정기계 중 하나의 방법만을 사용하였다. 뿐만 아니라, 대부분의 장악력을 측정하는 논문은 정상인을 대상으로 하였지만 뇌성마비아를 대상으로 한 연구는 드문 실정이다.

따라서 본 연구는 경직형 뇌성마비 아동들에게 파지 기능훈련의 중요성을 재인식하게 하고, 경직형 뇌성마비 아동의 파지기능 훈련이 파지기능과 장악력에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구의 기간은 2007년 9월 01일부터 2007년 9월 30일까지 4주 동안 주 5회(월, 화, 수, 목, 금) 훈련을 실시하였다. 본 연구의 대상은 광주광역시 00 재활원에서 생활 중인 인지(cognition)와 체간균형(trunk balance)이 가능한 경직형 뇌성마비 어린이 4명을 선정하였다(표 1).

2. 연구방법

본 연구는 연구대상에게 파지기능 훈련 프로그램을 적용하기 전에 프로그램 각 항목에 대한 이해와 교육을 시킨 후, 연구자와 연구대상자 1대 1로 조용한 환경에서 주 5회 45분씩 프로그램에 의한 훈련을 실시하였다.

훈련 전, 훈련 후 파지기능 훈련 평가지를 사용하여 성취기준에 따라 평점을 매기고 장악력 측정기(Smedley Hand Dynamometer, JAMAR, USA)를 통하여 연구대상의 장악력을 측정하였다. 측정자는 측정 기구를 쥐고 있는 연구대상자의 손의 움직임을 방지하기 위하여 가볍게 악력계를 받쳐주고 '최대로 힘을 가하라'는 지시와 "세게", "더 세게"의 구두지시를 하였다. 신뢰도를 높이기 위해 한 연구대상자에게 3회 반복 측정하여 그 평균값을 측정하여 그 평균값을 취하였다.

Table 1. General characteristics of subjects

	사례1	사례2	사례3	사례4
성명	백 O O	조O O	오O O	김O O
성별	여	남	남	여
나이	12	16	15	16
분류	중증경직성 우측편마비	중증 경직성 사지마비	경도경직성 좌측편마비	중도 경직성 우측편마비
우세손	왼손	왼손	오른손	왼손
의사소통	구음장애 인지양호 의사소통장애	구음장애 인지양호 의사소통장애	발음양호 인지양호 의사소통가능	발음 부정확 인지양호 의사소통가능
손기능	스스로 식사가능 보조하여 옷입기와 위생관리 가능	보조하여 식사가능 보조하여 옷입기와 위생관리 가능	스스로 식사가능 스스로 옷입기와 위생관리 가능	스스로 식사가능 스스로 옷입기와 위생관리 가능

3. 측정 방법

1) 훈련 도구

본 연구에서 사용하는 파지기능 훈련 프로그램은 상지동작 훈련 프로그램(이종해, 2000)중에서 파지기능을 발췌하여 재구성하였다. 그 구성 내용은 표 2와 같다.

Table 2. Grasping reflex skill training program

주제	활동사항	활동내용
주먹 쥐고 펴기	손가락대고 떼기	두 손의 손가락을 지시에 따라 하나씩 마주 대기
	손가락 굴곡과 신전	주먹을 쥐듯이 손가락들을 구부리기
		손가락들을 똑바로 펴서 서로 떨어지게 하기
움직이는 물체 잡기	움직이는 물체 잡기	움직이는 물체에 팔과 손을 뻗어 물체잡기
		속도를 달리하여 움직이는 물체잡기
구겼다 펴기	철사 구부렸다 펴기	두 손의 엄지손가락과 집게손가락을 중심으로 철사를 잡은 손에 힘을 주어 구부리고, 몸 앞으로 당겨 철사를 폄
		엄지손가락과 집게손가락에 힘을 주어 철사를 폄
집어내고 담기	물체 옮겨 담기	그릇안의 물체를 집어 들어서 다른 그릇으로 옮기기

2) 평가 도구

파지기능 훈련 평가지를 통하여 주먹 쥐고 펴기, 잡고 놓기, 들고 옮기기, 집어내고 담기, 구겼다 펴기, 움직이는 물체잡기 등 7개 하위영역에 대한 파지기능을 분석적으로 평가하였고 (표3),

평가 기준은 신계자(1999)의 방법을 인용하였다(표 4). 그리고 장악력 측정기(SHD)를 통해 장악력을 측정하였다.

Table 3. Evaluation form grasping reflex skill training program

성 명: 성별: 남/여 생년월일: 년 월 일 검사자:							
검사요소	번호	검사문항	평점				
			2	4	6	8	10
주먹쥐고 펴기	1	엄지손가락과 손가락 맞추기					
	2	주먹쥐고 바르게 펴기					
잡고 놓기	3	적목을 잡고 놓기					
	4	미끄러운 물체잡고 놓기					
양손으로 잡기	5	양손으로 물체를 잡기					
들고 옮기기	6	양손으로 물체를 옮기기					
집어내고 담기	7	물체를 그릇에 담기					
	8	물체를 그릇에서 집어내기					
구겼다 펴기	9	종이를 구겼다 바르게 펴기					
움직이는 물체담기	10	천천히 움직이는 물체를 잡기					
성취율		사 전					
		사 후					

Table 4. Score according to achievement

평가 기준	배점
지시된 내용을 스스로 처리한다	10
감독이나 지도자가 필요하다	8
보조자가 필요하다	6
보조자가 직접 거들어 주어서 처리 한다	4
검사가 불가능하다	2

4. 자료 처리

본 연구에서 수공 능력중 파지 기능의 향상정도를 알아보기 위하여 파지 기초 기능의 항목을 검사하여, 평가 기준에 따라 10점, 8점, 6점, 4점, 2점으로 하여 항목 당 10점 만점으로 전체 영역 100점으로 개인별, 문항별 전·후로 비교 분석 하였다.

III. 연구 결과

파지기능 훈련 프로그램을 적용하여 사전, 사후에 검사한 결과와 장악력을 훈련 전·후로 검사한 결과는 다음과 같다.

1. 사례 1의 파지기능 훈련에 대한 성취정도와 장악력의 변화

프로그램 적용 후 검사 시 우세손은 86%에서 96%로, 10%의 향상력을 보였으며(Figure 1A), 비우세손은 66%에서 80%로 14%의 향상을 보였다(Figure 1B). 장악력은 프로그램 적용 후 측정 시 우세손은 9.67 lb에서 14.67 lb로 5 lb, 비우세손은 0 lb에서 4주 후 6.33 lb으로 6.33 lb의 변화를 보였다(Figure 1C).

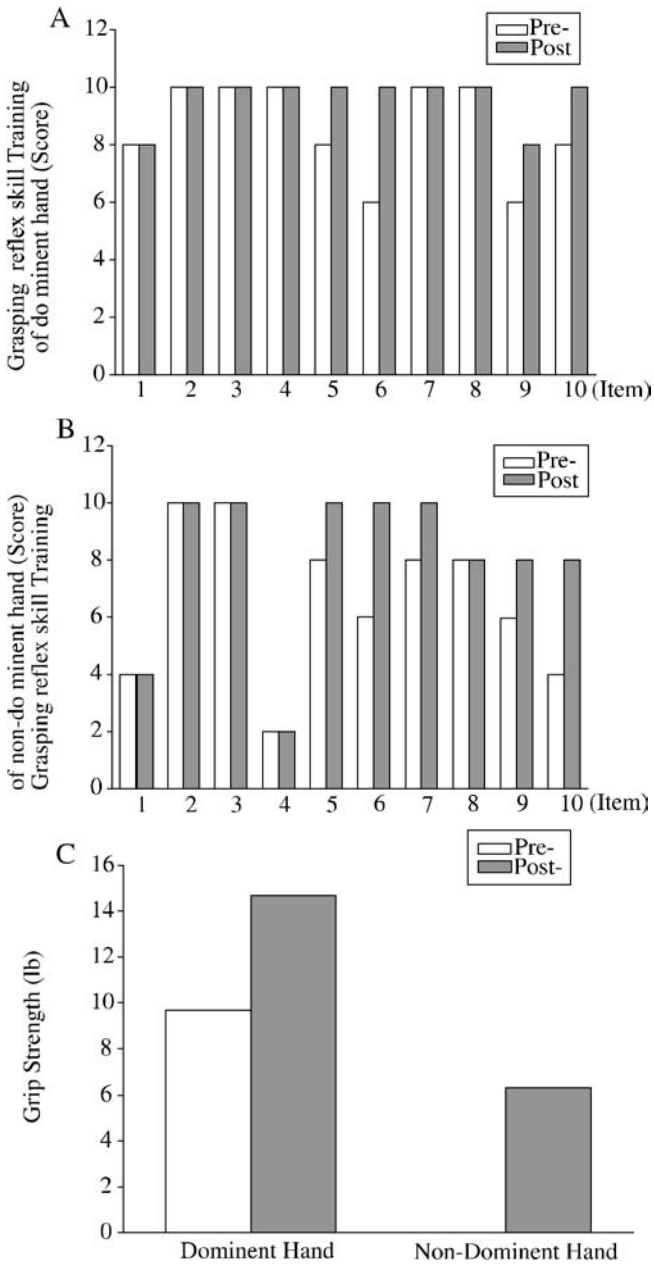

Figure 1. Effect of Grasping Reflex Skill and Grip Strength in Case 1. (A) Dominent hand (B) Non-dominent hand (C) Grip Strength

2. 사례 2의 파지기능 훈련에 대한 성취정도와 장악력의 변화

프로그램 적용 후 검사 시 우세손은 78%에서 96%로, 18%의 향상을 보였으며(Figure 2A), 비우세손은 44%에서 58%로 14%의 향상을 보였다(Figure 2B). 장악력은 프로그램 적용 후

측정 시 우세손은 9.33 lb에서 19.67 lb로 10.34 lb의 변화를 보였으나, 비우세손은 0 lb에서 4주 후 0 lb로 변화를 보이지 않았다(Figure 2C).

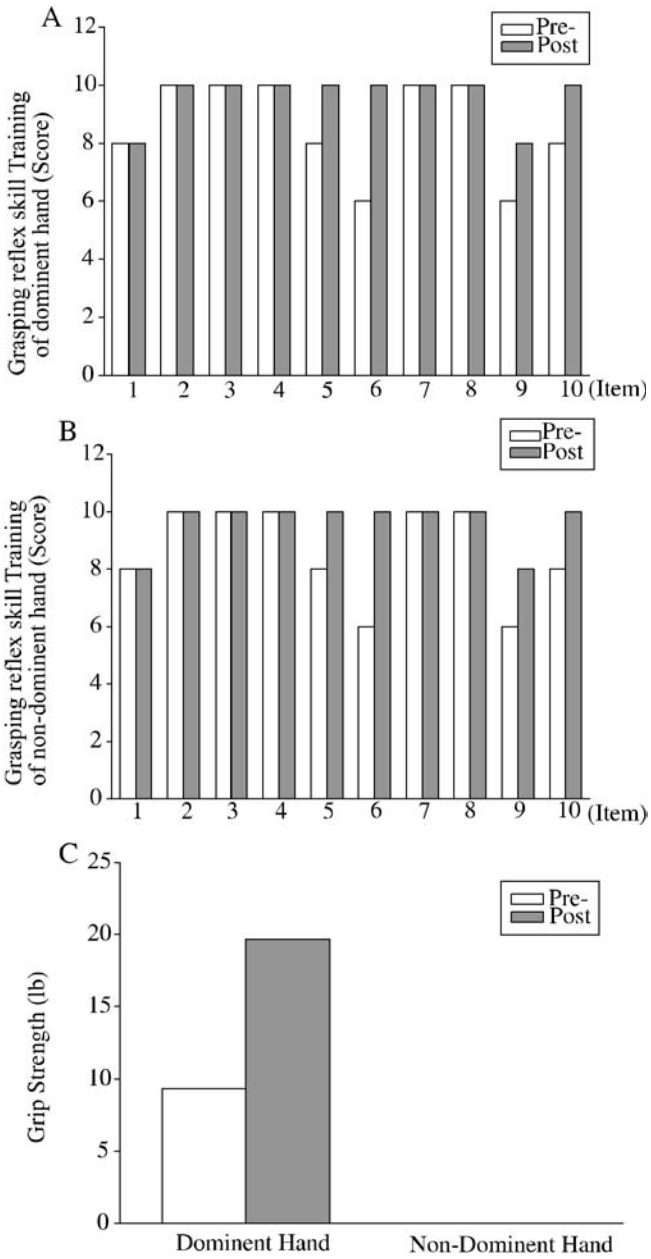

Figure 2. Effect of Grasping Reflex Skill and Grip Strength in Case 2. (A) Dominent hand (B) Non-dominent hand (C) Grip Strength

3. 사례3의 파지기능 훈련에 대한 서위정도와 장악력의 변화

프로그램 적용 후 검사 시 우세손은 84%에서 94%로, 10%의 향상을 보였으며(Figure 3A), 비우세손은 34%에서 58%로 24%의 향상을 보였다(Figure 3B). 장악력은 프로그램 적용 후 측정 시 우세손은 19.33 lb에서 20 lb로 0.67 lb의 변화를 보였으나, 비우세손은 0 lb에서 4주 후 4.33 lb으로 4.33의 변화를 보였다(Figure 3C).

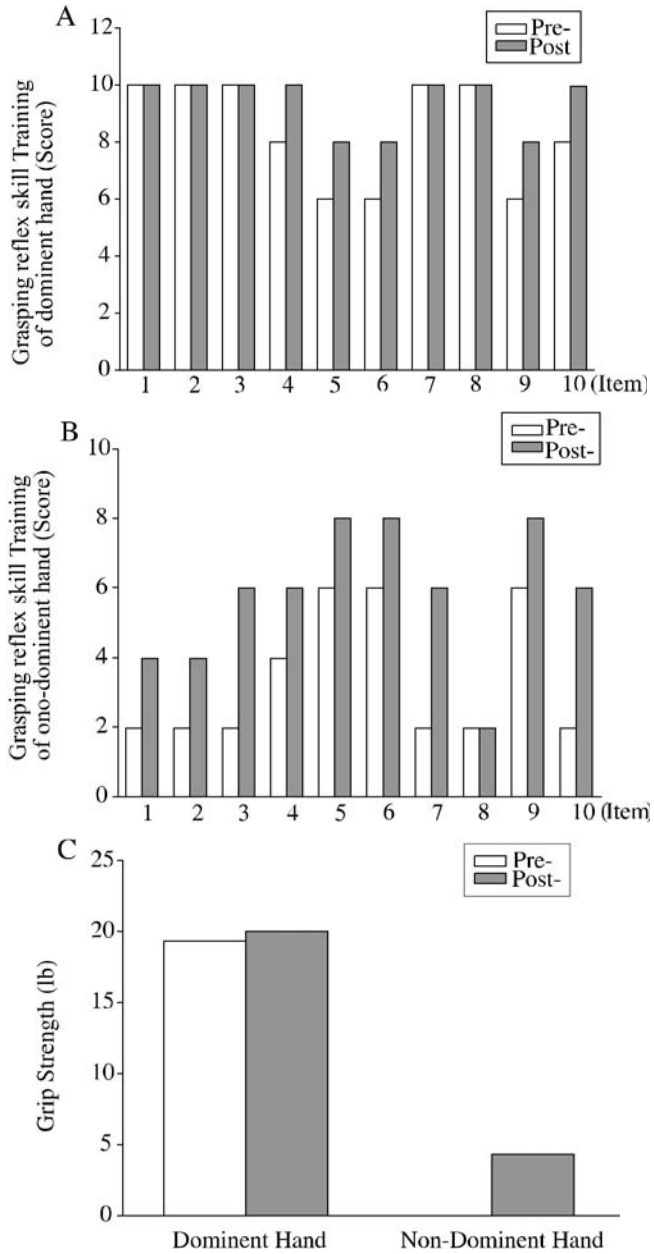

Figure 3. Effect of Grasping Reflex Skill and Grip Strength in Case 3. (A) Dominent hand (B) Non-dominent hand (C) Grip Strength

4. 사례4의 파지기능 훈련에 대한 성취정도와 장악력의 변화

프로그램 적용 후 검사 시 우세손은 66%에서 100%로 34%의 향상을 보였으며(Figure 4A), 비우세손은 46%에서 4주 간의 프로그램 적용 후 검사 시 72%로 26%의 향상을 보였다(Figure 4B). 장악력은 프로그램 적용 후 측정 시 우세손은 19.33 lb에서 23.67lb로 우세손은 4.34 lb의 향상을 보인 반

면, 비우세손은 7 lb에서 4주 후 23.67 lb로 14.67 lb의 변화를 보였다(Figure 4C).

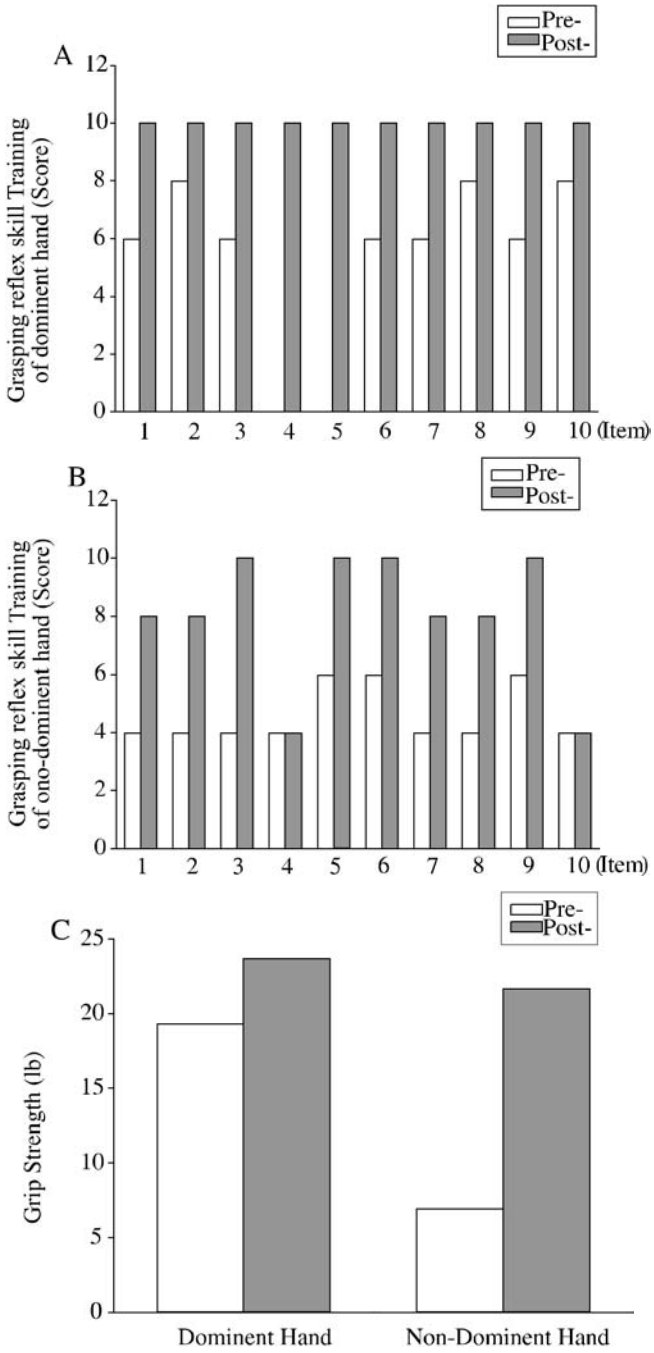

Figure 4. Effect of Grasping Reflex Skill and Grip Strength in Case 4. (A) Dominent hand (B) Non-dominent hand (C) Grip Strength

IV. 고찰

인간의 손은 동작과 의사표시, 그리고 개개인의 생각을 표현해주는 중요한 수단이며, 물체나 도구를 가지고 조작하여 일상생활을 독립적으로 수행할 수 있도록 하게 해준다(Pillet과 Didierjean-Pillet, 2001, Trombly, 1989). 일상생활동작의 수행 및 작업능력을 위해 가장 중요한 신체의 일부로서 손의 힘은 방향과 강도를 조절해 약하게 건드릴 수 있고 강하게 잡을 수 있으며, 물건의 크기와 무게가 달라도 잡을 수 있는 동시에 작업 수행의 속도도 변화시킬 수 있다. 정상적인 손 기능은 물건을 잡아 원하는 위치에 옮겨놓고 또 그것을 내려놓은 것에 대한 기능이 원활해야 한다(김태숙 등, 1995). 그러나 손기능에 장애가 있는 사람은 손에 쥐는 힘과 운동력, 감각 등의 손상으로 정확한 사물의 사용에 어려움이 있으며, 반응속도가 느리다(Ager 등, 1984, Pratt와 Allen, 1989). 경직형 뇌성마비아의 임상양상은 근 긴장도가 증가하여 팔의 움직임이 결여되며(Buckon 등, 1996), 손목이 구부러지고 엄지 손가락을 안으로 하여 한쪽 손이 주먹을 꽉 쥐고 있으므로 손 기능의 장애를 가진다(이종해, 2000). 이들의 열악한 기능을 개선하기 위해서는 장애상태와 장애 정도에 맞는 소근육 운동기능 훈련 프로그램을 다양하게 구성하고 이를 적용할 수 있는 상지 동작 훈련이 이루어져야 한다(신계자, 1999).

본 연구는 상지 동작의 기초단계인 파지기능의 중요성을 인식하여 파지기능 훈련 프로그램이 뇌성마비 아동의 장애상태와 운동능력에 따라 장악력에 미치는 영향을 알아보기 위해 4명의 경직형 뇌성마비 아동을 대상으로 파지기능 훈련 프로그램의 적용에 따른 변화와 장악력 측정기(SHD)를 통해 장악력의 향상 정도를 비교 분석하였다. 사례 1은 중증 경직형 우측 편마비 뇌성마비아로 구음장애가 있고 의사소통에 장애가 있으며 휠체어로 이동이 가능하였다. 비우세손은 손목 및 손가락이 변형을 보이고 있었으며, 비우세손에 대한 인지 결여로 원활한 사용이 이루어지지 않았다. 사시로 인해 물체를 잡을 때 눈과의 협응에 어려움이 있어 훈련도중 자세조절에 특히 주의 하였다. 훈련이 끝난 후, 비우세손에 대한 인지도가 향상되었고 비우세손의 파지기능 성취율의 변화가 크게 나타났고 장악력의 변화도 크게 나타났다. 사례 2는 중증 경직형 사지마비로 경직이 심하고 뻗치는 하지에 비해 상지는 근력이 약하지만 자신의 의지대로 움직임이 가능하고 오른손보다는 왼손을 주로 사용하였다. 체간 균형을 위해 보조기구인 흉부 스트랩이 장착된 휠체어와 보드를 착용해 몸의 안정성과 바른 자세를 유지시켰다. 인지는 가능하지만 구음장애로 인해 말을 할 수가 없어 고개의 움직임과 얼굴표정으로 의사전달을 해야 하기 때문에 의사소통하는데 약간의 어려움이 있었다. 우세손의 경우 손가락 맞추기 항목에서 약지까지는 가능하였지만 새끼 손가락은 원위부가 아닌 근위부까지만 도달하였다. 비우세손인 오른손은 Boutonniere 변형으로 엄지 손가락과 손가락 맞추기, 미끄러운 물체 잡고 놓기 항목에서 사후에도 전혀 변화가 없었으며, 주먹 쥐고 바르게 펴기 항목은 보조가가 쥐는 모양을 직접 만들어 주어야만 가능

하였다. 비우세손은 다른 아동들에 비해 파지기능의 향상정도가 낮았고 손의 변형과 근력이 약하여 장악력은 변화가 없었다고 생각된다. 우세손은 사례 1에 비해 파지기능의 향상정도는 같지만 장악력 측정 시 연구자가 구두지시를 반복할수록 흥분되어 손의 경련성이 증가되는 것과 장악력을 측정하는데 연관성이 있다고 사료된다. 사례 3은 경도 경직형 편마비 뇌성마비아로 인지 및 발음, 의사소통이 다른 사례아동들에 비해 월등히 우수하였으며, 정상인 우측에 비해 좌측의 근력 및 경직정도가 심한 전형적인 죄측 편마비 아동으로, 비우세손은 주관절을 과도하게 굴곡된 패턴을 보여 파지기능훈련 시 주관절의 신전 운동을 함께 실시하였다. 이에 반해, 우세손은 일상생활을 하는데 필요한 20 lb이상의 장악력을 가지고 있어 대부분의 일상생활 동작을 우세손으로 수행하였다. 훈련 시 비우세손에 할당을 많이 하였으나 훈련기간이 짧았던 관계로 전체적인 향상을 보였지만, 일상생활에 도움이 될 정도의 기능향상은 아니었다. 파지기능의 수행능력의 성취정도의 향상은 그에 따른 장악력의 향상에도 영향을 미쳤다. 사례 1과 비교하여 파지기능의 성취정도는 유사했으나 장악력에서 더 높은 향상정도를 보였다. 사례4는 중도 경직형 우측 편마비 뇌성마비아로 인지와 의사소통은 가능하지만 발음이 부정확하였으며 지팡이를 이용한 느린 보행이 가능하였다. 체간은 안정된 편이였으나 비우세측의 손목과 손의 움직임에서 경직이 심하여 잘 사용하려하지 않았으며, 사용을 할 경우에도 우세손에 힘이 과도하게 들어가는 양상을 보였다. 그리고 다른 사례들에 비해 인지가 뛰어났으며 손의 장애 또한 경미한 편이었다. 또한, 밝은 성격으로 실험기간 동안 능동적으로 훈련에 참여하였다. 이상의 내용은 경직형 뇌성마비아 4명을 대상으로 파지기능훈련 프로그램을 적용한 이종해(2000)의 결과와 파지 기초 기능이 향상되었다는 내용에서 일치함을 알 수 있었다. 또한 뇌성마비아동의 손 기능 훈련 프로그램은 뇌성마비아의 상지 기능을 향상하는 효과가 있다고 하였다(정재권 등, 1996).

본 연구의 결과, 프로그램 훈련 후 파지기능과 장악력이 우세손과 비우세선에서 향상되었음을 알 수 있었고, 파지기능의 성취율 변화도가 클수록 장악력의 변화도 크게 나타났음을 알 수 있었다. 아동들의 비우세손인 경우, 훈련 전과 비교하여 훈련 후 장악력의 유의한 변화는 없었지만 프로그램의 각 항목들을 보다 더 능숙하게 수행하였음이 관찰되었다. 앞으로의 연구에서는 아동들의 손의 크기에 적합한 다양한 크기의 장악력 측정기의 개발이 필요하고, 이는 정확한 grip strength를 결정하는데 중요한 요소라 생각된다. 또한, 본 연구에서는 4명의 아동들을 대상으로 하였으므로 모든 경직형 뇌성마비 아동에게 적용하는데는 한계점이 있었지만, 파지기능 훈련 프로그램의 수행이 임상의 치료사에게 장애 아동의 치료에 기초가 되는 자료가 될 것이다.

V. 결론

본 연구는 파지기능 훈련 프로그램이 뇌성마비아의 장악력에 미치는 영향에 대해 알아보고자 실시하였다. 연구의 목적을 달성하기 위해 경직형 뇌성마비아 4명에게 훈련 프로그램을 4주간 적용하여 프로그램의 사전과 사후의 성취율을 비교하였고, 장악력 측정기(SHD)로 프로그램 훈련 전, 2주 후, 4주 후 측정하여 그 결과를 비교하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다. 파지기능 훈련 프로그램은 뇌성마비 아동의 파지기능에 대한 성취율을 향상시켰으며, 우세손과 비우세손의 장악력을 증가하였다. 파지기능의 성취율의 변화가 클수록 장악력의 변화도 크게 나타났다. 이상의 결과 파지기능 훈련 프로그램이 본 연구대상자들의 파지 기능과 장악력의 향상에 영향을 미쳤다.

참고문헌

김정자. 상지동작 프로그램이 뇌성마비아의 지각-운동 및 쓰기능력에 미치는 효과. 대구대학교 특수교육대학원, 석사학위논문, 2001.

김태숙, 박영한, 박윤기. 검사자세와 주관절 굴곡 정도가 파악력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 1995;7(1):43-49.

신계자. 상지동작 훈련이 뇌성마비 아동의 지각-운동기능향상에 미치는 효과. 대구대학교 교육대학원, 석사학위 논문, 1999.

오상근. 뇌성마비 아동의 임상특성과 관리. 충남대학교 보건대학원, 석사학위 논문, 1995.

이종해. 파지기능 훈련이 뇌성마비아의 신진대사와 수공능력에 미치는 효과. 대구대학교 특수교육대학원 석사논문. 2000.

정민예, 구애련, 권혁철. 자세변화에 대한 뇌성마비아동(경직성 양마비)의 손기능 차이 비교와 제변수와의 상관관계의 연구. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(3):44-58.

정재권, 정진아, 정해동. 뇌성마비아 놀이지도의 이론과 실제. 국립특수교육원. 1996; 221-224.

Ager CL, Olivett BL, Johnson CL. Grasp and pinch strength in children 5 to 12 years old. Am J Occup Ther. 1984;38(2):107-113.

Brogren E, Hadders-Algra M, Forssberg H. Postural control in sitting children with cerebral palsy. Neurosci Biobehav Rev. 1998;22(4):591-596.

Buckon CE, Sienko Thomas S, Aiona MD, et al. Assessment of upper-extremity function in children with spastic diplegia before and after selective dorsal rhizotomy. Dev Med Child Neurol. 1996;38(11):967-975.

Castro L, Yolton K, Haberman B, et al. Bias in reported neurodevelopmental outcomes among extremely low

birth weight survivors. Pediatrics. 2004;114(2):404-410.

Ferrari de castro MC & Cliquet A Jr. Artificial grasping system for the paralyzed hand. Artif Organs. 2000; 24(3):185-188.

Pillet J & Didierjean-Pillet A. Aesthetic hand prosthesis: gadget or therapy? Presentation of a new classification. J Hand Surg. 2001;26(6):523-528.

Pratt PN & Allen AS. Occupational therapy of children. 2nd ed. St. Louis. Mosby. 1989;570-575.

Roby-Brami A, Jacobs S, Bennis N, et al. Hand orientation for grasping and arm joint rotation patterns in healthy subjects and hemiparetic stroke patients. Brain Res. 2003;969:217-229.

Saeed WR. Cerebral palsy of the upper extremity: the surgical perspective. Curr Orthopadics. 2003;17(2): 105-116.

Steenbergen B, Thiel EV, Hulstijn W, et al. The coordination of reaching and grasping in spastic hemiparesis. Hum. Movement Sci, 2000;19:75-105.

Trombly CA. Occupational therapy for physical dysfunction. 3rd, Baltimore, Williams & Wilkins, 1989;512-530.